Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2665334 A1 2008/05/02

(21) 2 665 334

(12) DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) A1

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2006/10/27
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2008/05/02
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2009/03/30
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2006/002421
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2008/049978

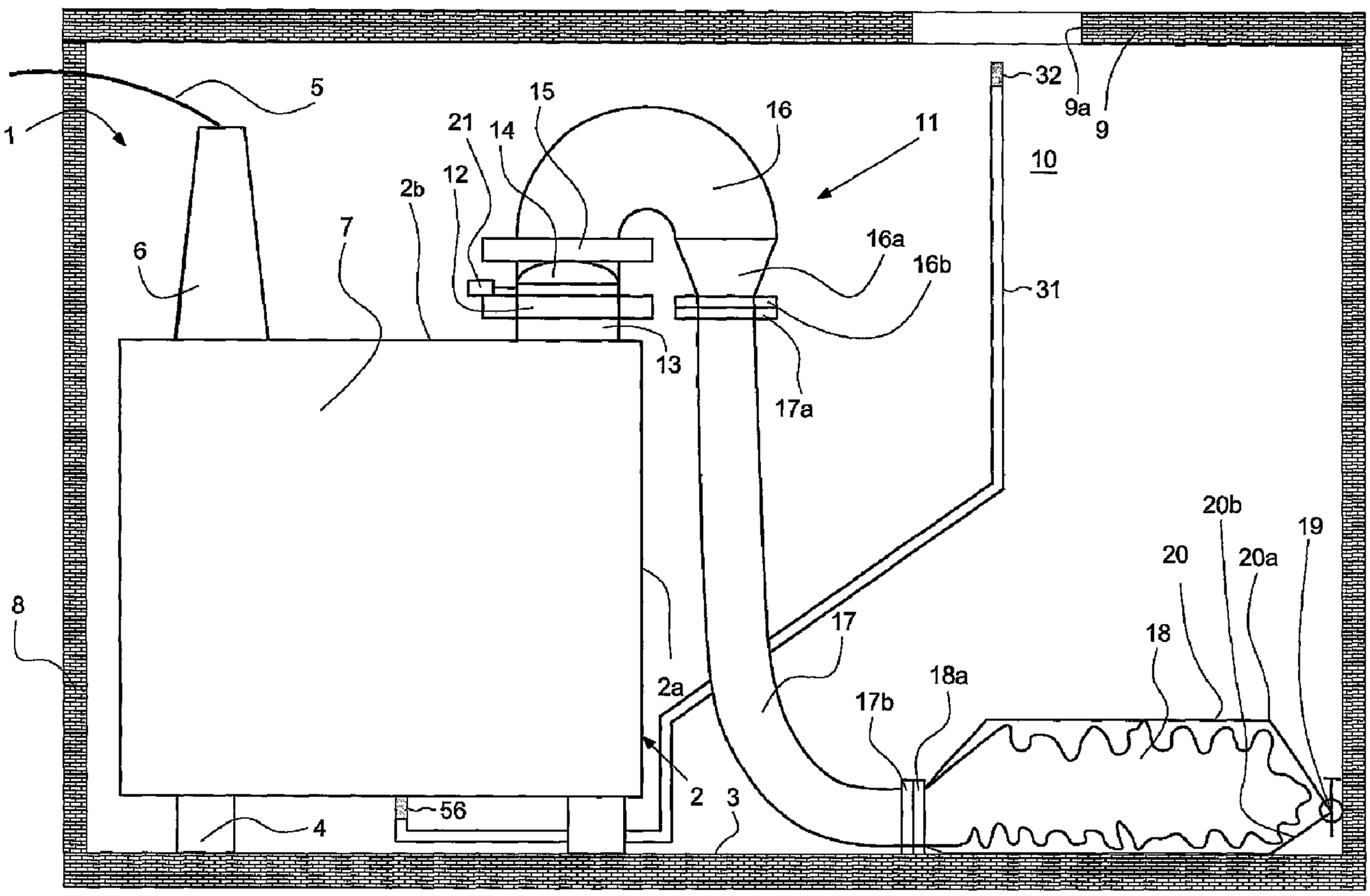
(51) Cl.Int./Int.Cl. *H01F 27/14* (2006.01),
H01F 27/40 (2006.01)

(71) Demandeur/Applicant:
PHILIPPE MAGNIER LLC, US

(72) Inventeur/Inventor:
MAGNIER, PHILIPPE, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : DISPOSITIF DE PREVENTION CONTRE L'EXPLOSION D'UN TRANSFORMATEUR ELECTRIQUE
(54) Title: DEVICE FOR PREVENTION AGAINST THE EXPLOSION OF AN ELECTRIC TRANSFORMER MEMBER



(57) Abrégé/Abstract:
Dispositif de prévention contre l'explosion d'un élément de transformateur électrique (1) pourvu d'une cuve (2) contenant un fluide de refroidissement combustible, comprenant un élément de relâchement de pression (14) pour réaliser une décompression de la cuve (2) et un sac (18) disposé en aval et configuré pour passer d'un état plat à un état gonflé à partir de la rupture de l'élément de relâchement de pression (14) et assurant un confinement de fluide.

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

PCT

(43) Date de la publication internationale
2 mai 2008 (02.05.2008)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2008/049978 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01F 27/14 (2006.01) *H01F 27/40* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/002421

(22) Date de dépôt international :
27 octobre 2006 (27.10.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(71) Déposant et
(72) Inventeur : **MAGNIER, Philippe** [FR/FR]; 186 Avenue du Général de Gaulle, F-78260 Achères (FR).

(74) Mandataires : **BEZAULT, Jean.** etc.; Cabinet NETTER, 36, avenue Hoche, F-75008 Paris (FR).

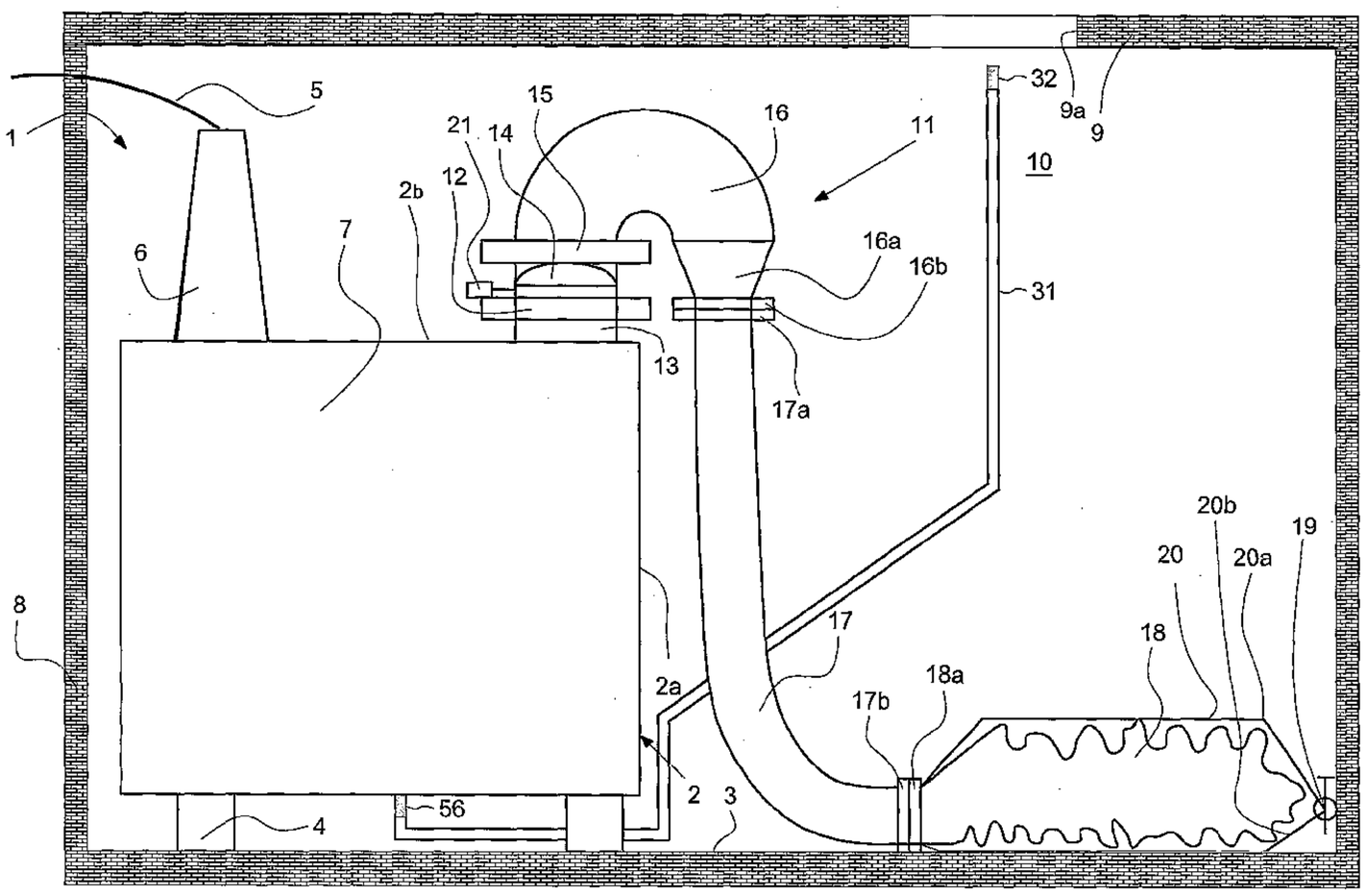
(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :
— *avec rapport de recherche internationale*

(54) **Title:** DEVICE FOR PREVENTION AGAINST THE EXPLOSION OF AN ELECTRIC TRANSFORMER MEMBER

(54) **Titre :** DISPOSITIF DE PREVENTION CONTRE L'EXPLOSION D'UN ELEMENT DE TRANSFORMATEUR ELECTRIQUE



(57) **Abstract:** The invention relates to a device for prevention against the explosion of a member in an electric transformer (1) comprising a vessel (2) containing a combustible cooling fluid, comprising a pressure relief member (14) for depressurising the vessel (2), and a bag (8) provided downstream and capable of expanding from a flat state to an inflated state upon the failure of the pressure relief member (14) for confining the fluid.

[Suite sur la page suivante]

WO 2008/049978 A1

WO 2008/049978 A1

(57) Abrégé : Dispositif de prévention contre l'explosion d'un élément de transformateur électrique (1) pourvu d'une cuve (2) contenant un fluide de refroidissement combustible, comprenant un élément de relâchement de pression (14) pour réaliser une décompression de la cuve (2) et un sac (18) disposé en aval et configuré pour passer d'un état plat à un état gonflé à partir de la rupture de l'élément de relâchement de pression (14) et assurant un confinement de fluide.

DISPOSITIF DE PREVENTION CONTRE L'EXPLOSION D'UN TRANSFORMATEUR ELECTRIQUE

La présente invention concerne le domaine de la prévention contre l'explosion d'élément de transformateur électrique refroidi par un volume de fluide, notamment de fluide combustible.

Les transformateurs électriques subissent des pertes, tant dans les enroulements que dans la partie fer, qui nécessitent la dissipation de la chaleur produite. Ainsi, les transformateurs de grande puissance sont généralement refroidis par un fluide tel que de l'huile. Les huiles utilisées sont diélectriques et sont susceptibles de prendre feu au-delà d'une température de l'ordre de 140°C. Les transformateurs étant des éléments très onéreux, leur protection nécessite une attention particulière.

Un défaut d'isolement engendre, dans un premier temps, un arc électrique important qui provoque une action des systèmes de protection électriques qui déclenchent la cellule d'alimentation du transformateur (disjoncteur). L'arc électrique provoque, également, une diffusion conséquente d'énergie qui engendre un dégagement de gaz par décomposition de l'huile diélectrique, notamment d'hydrogène et d'acétylène.

Suite au dégagement de gaz, la pression à l'intérieur de la cuve du transformateur augmente très rapidement, d'où une déflagration souvent très violente. De la déflagration résulte une importante déchirure des liaisons mécaniques de la cuve (boulon, soudure) du transformateur qui met les gaz en contact avec l'oxygène de l'air ambiant. L'acétylène étant auto-inflammable en présence d'oxygène, un incendie démarre immédiatement et propage le feu aux autres équipements du site qui sont susceptibles de contenir également de grandes quantités de produits combustibles.

Les explosions sont dues à des ruptures d'isolement dues aux courts-circuits provoqués par des surcharges, les surtensions, une détérioration progressive de l'isolation, un niveau d'huile insuffisant,

l'apparition d'eau ou de moisissure ou une panne d'un composant isolant.

On connaît, dans l'art antérieur, des systèmes d'extinction d'incendie pour transformateurs électriques qui sont actionnés par des détecteurs d'incendie ou de feu. Ces systèmes se mettent en œuvre lorsque l'huile du transformateur est déjà en flammes. On se contentait donc de limiter l'incendie à l'équipement concerné pour ne pas propager le feu aux installations voisines.

Pour ralentir la décomposition du fluide diélectrique due à un arc électrique, on peut utiliser des huiles silicones à la place des huiles minérales conventionnelles. Toutefois, l'explosion de la cuve du transformateur due à l'augmentation de la pression interne n'est retardée que d'une durée extrêmement faible, de l'ordre de quelques millisecondes. L'explosion de la cuve n'est pas évitée.

On connaît par le document WO-A 97/12 379 un procédé de prévention contre l'explosion et l'incendie dans un transformateur électrique muni d'une cuve remplie de fluide de refroidissement combustible, par détection d'une rupture de l'isolement électrique du transformateur par un capteur de pression, dépressurisation du fluide de refroidissement contenu dans la cuve, au moyen d'une vanne, et refroidissement des parties chaudes du fluide de refroidissement par injection d'un gaz inerte sous pression dans le bas de la cuve afin de brasser ledit fluide et d'empêcher l'oxygène de pénétrer dans la cuve du transformateur. Ce procédé donne satisfaction et permet d'éviter l'explosion de la cuve du transformateur.

Le document WO-A 00/57 438 décrit un élément de rupture à ouverture rapide pour un dispositif de prévention contre l'explosion d'un transformateur électrique.

La demande de brevet français, non publiée, déposée sous le n° 05 06 661 décrit un dispositif de prévention permettant une décompression extrêmement rapide et le recueil du fluide passé par l'élément de relâchement de pression dans un réservoir hermétique. Ce réservoir peut être muni d'une conduite de sortie qui peut être dirigée vers une pompe à gaz et un réservoir auxiliaire.

La demanderesse s'est aperçue que ce type de dispositif de prévention présentait des inconvénients pour des transformateurs disposés dans des lieux confinés, ou encore pour des transformateurs de faible puissance pour lesquels le coût du dispositif de prévention doit être réduit.

L'invention a notamment pour but de remédier à ces inconvénients.

L'invention propose un dispositif de prévention adapté à un espace disponible réduit et permettant un retrait aisé du fluide passé par l'élément de relâchement de pression.

Le dispositif de prévention contre l'explosion d'un élément de transformateur électrique, ledit élément étant pourvu d'une cuve contenant un fluide de refroidissement combustible, comprend un élément de relâchement de pression disposé sur une sortie de la cuve pour réaliser une décompression de la cuve, et un sac disposé en aval de l'élément de relâchement de pression et configuré pour passer d'un état plat à un état gonflé à partir de la rupture de l'élément de relâchement de pression. Le sac assure un confinement de fluide passé par ledit élément de relâchement de pression. La forme du sac peut être adaptée et/ou peut s'adapter à un espace disponible réduit et/ou de forme complexe. La masse du sac peut être faible, de telle sorte que ledit sac soit manipulable par un ou deux opérateurs, à l'état plat ou à l'état gonflé essentiellement par des gaz.

Le dispositif de prévention est bien adapté à des transformateurs disposés dans des galeries minières dans lesquelles une évacuation du fluide passé par l'élément de relâchement de pression par une conduite jusqu'à l'air libre s'avère très difficile en raison de l'encombrement des galeries, de la longueur de conduite exigée, des pertes de charge dans la conduite et des risques de détérioration de la conduite. Après rupture de l'élément de relâchement de pression, le sac peut être isolé dudit élément de relâchement de pression et fermé, puis emmené à la main ou sur un engin jusqu'à l'extérieur de la galerie où le fluide peut ensuite subir un traitement adéquat.

Ces avantages se présentent également dans le cas d'un transformateur disposé dans une galerie souterraine ou en béton d'usine hydroélectrique, souvent au pied d'un barrage, ou encore d'un transformateur installé dans un tunnel, par exemple un tunnel routier ou ferroviaire, pour lequel la présence d'une conduite supplémentaire susceptible d'accueillir des gaz et/ou des liquides combustibles n'est pas souhaitée. Ceci s'applique en particulier pour les transformateurs d'alimentation d'un réseau électrique de traction.

Le dispositif de prévention s'applique avantageusement à des éléments de transformateur disposés dans la substructure d'un immeuble, par exemple une tour à grande hauteur dans laquelle l'espace disponible est faible en raison de son coût, et la présence d'une conduite supplémentaire susceptible de contenir des produits inflammables n'est pas souhaitée.

Le dispositif de prévention peut être installé sur un élément de transformateur enterré. De tels transformateurs sont en général installés dans une cellule de transformation, par exemple un réduit en béton ménagé dans un espace public tel qu'une rue, et recouvert par une dalle scellée au ciment. Dans ce cas, l'espace disponible est particulièrement faible en raison de la compacité du réduit en béton et de la nécessité de laisser une place suffisante pour qu'un opérateur puisse accéder aux installations pour des opérations de maintenance ou de remplacement. Le sac occupe à l'état initial un volume extrêmement faible. Le sac après rupture de l'élément de relâchement de pression, occupe un volume élevé mais peut être retiré du réduit en béton après enlèvement de la dalle. Des poignées ou des anneaux de manutention peuvent être prévus. Un opérateur peut alors bénéficier d'un espace pour l'accès. Ainsi, le faible espace disponible entre le réduit en béton et le transformateur sert, en usage normal, à l'accès d'un opérateur, et en cas de déclenchement, au recueil du fluide passé par l'élément de relâchement de pression, à l'intérieur du sac.

Le dispositif de prévention peut également être installé sur un élément de transformateur supporté par un pylône. L'explosion de tels types de transformateurs peut s'avérer extrêmement dangereuse pour le

voisinage, en particulier en zone urbaine. L'installation d'un dispositif de prévention est très souhaitable. Toutefois, pour des raisons esthétiques et de résistance mécanique du pylône, le dispositif de prévention doit occuper un faible volume en état normal de fonctionnement du transformateur et présenter une masse réduite. A l'état initial, le sac peut occuper un volume de l'ordre de quelques litres à dizaines de litres et à l'état gonflé, après déclenchement, un volume de l'ordre de quelques centaines de litres à quelques m^3. En outre, le gonflement du sac est alors visible de l'extérieur et constitue un moyen d'avertissement d'un dysfonctionnement du transformateur. Un tel avertissement est intéressant pour un transformateur ne faisant pas l'objet d'une surveillance locale ou à distance, ce qui est le cas des transformateurs de petite puissance.

Dans un mode de réalisation, le sac est étanche au gaz.

Dans un mode de réalisation, le sac est rigide en extension. Le sac peut comprendre une couche d'étanchéité et une couche résistante à l'extension, par exemple à base de fibres, notamment de fibres aramides.

Dans un autre mode de réalisation, le sac est souple en extension.

Dans un mode de réalisation, le sac présente à l'état gonflé une forme générale parallélépipédique. Le sac peut également présenter à l'état gonflé une forme à bords arrondis ou encore une forme générale conique.

Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend une conduite coudée montée en aval de l'élément de relâchement de pression. La conduite coudée peut présenter un angle compris entre 45° et 180°, limites comprises, préférablement supérieur ou égal à 90°. La conduite coudée peut être reliée à une ouverture prévue dans une paroi supérieure de la cuve, par exemple un couvercle, et permet au sac au cours du gonflage de s'étendre vers le bas sans subir de pliure excessive risquant de rendre le gonflage plus difficile, compte tenu du fait qu'une quantité significative de liquide peut être recueilli dans le sac, liquide dont la masse tend à faire choir le fond du sac. La

conduite coudée permet également de limiter les efforts mécaniques s'exerçant sur la liaison entre le sac et l'élément de relâchement de pression.

Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend une conduite flexible montée en amont du sac. La conduite flexible permet une adaptation de la position du sac à différents types de transformateurs et d'environnement du transformateur. La conduite flexible peut être montée entre la conduite coudée et le sac. La conduite flexible peut présenter une forme annelée pour réduire le risque d'écrasement. La conduite flexible peut être réalisée dans un matériau synthétique, par exemple à base de polyéthylène, de polypropylène, etc.

Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend une conduite coudée montée en aval de la conduite flexible. Une vanne peut être montée entre ladite conduite coudée et le sac, de façon solidaire du sac. Ainsi, la vanne peut être fermée, après gonflement du sac et avant la séparation du sac d'avec les autres éléments du dispositif. Un raccord rapide peut être disposé en amont du sac, de façon solidaire du sac.

Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend un canal d'introduction de gaz inertes disposé en aval de l'élément de relâchement de pression. Après le gonflement et avant l'enlèvement du sac, on peut ainsi réaliser une chasse avec des gaz inertes permettant de réduire fortement la proportion de gaz combustibles dans une partie supérieure de l'élément du transformateur, dans l'élément de relâchement de pression et d'éventuels éléments intermédiaires.

Dans un mode de réalisation, le sac comprend un orifice obturable de sortie. Ledit orifice est obturé à l'état initial du sac et à l'état gonflé et peut être ouvert en vue d'une vidange du sac, après sa séparation d'avec les autres éléments du dispositif. Le sac peut ainsi être vidé, par exemple dans un réceptacle prévu à cet effet.

Le dispositif peut comprendre un réservoir disposé entre l'élément de relâchement de pression et le sac. Le réservoir peut être

de faible volume. Le réservoir peut être muni d'un moyen de chasse par gaz inertes.

Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend une chambre de décompression disposée en aval de l'élément de relâchement de pression. La chambre de décompression permet de réduire la pression subie par les éléments situés en aval, d'où la possibilité de mettre en œuvre des éléments de plus faible masse.

Dans un mode de réalisation, la sortie de la cuve est disposée sur une paroi inférieure de la cuve, le sac étant disposé sous la cuve.

Dans un mode de réalisation, la sortie de la cuve est disposée sur une paroi supérieure de la cuve, le sac étant disposé au dessus de la cuve.

Dans un mode de réalisation, le sac est disposé à côté de la cuve à l'état gonflé.

Dans un mode de réalisation, le sac est disposé à côté de la cuve à l'état initial.

Dans un mode de réalisation, le sac est au moins en partie suspendu à un support. Le support peut comprendre une potence fixée à une paroi verticale ou un anneau fixé à un plafond. Un tel sac offre une très faible résistance au gonflage.

Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend une protection anti-crevaison disposée au moins sous le sac. La protection anti-crevaison peut également être latérale.

Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend une valise pourvue d'au moins deux coquilles. La valise forme une enveloppe de protection et de transport pour le sac à l'état plat et un support pour le sac à l'état gonflé. Les coquilles sont configurées pour se séparer lors du passage de l'état plat à l'état gonflé. La coquille supérieure peut former une protection anti-crevaison lors d'un éventuel contact entre le sac et un plafond ou un obstacle disposé en hauteur. La coquille inférieure peut former une protection anti-crevaison par rapport au sol. La valise peut être munie d'un détecteur de séparation des coquilles. Le détecteur peut être relié à un élément de transmission d'alerte. La

valise peut être munie d'un verrou électrique de maintien des coquilles.

Le procédé de prévention contre l'explosion d'un élément de transformateur électrique, ledit élément étant pourvu d'une cuve contenant un fluide de refroidissement combustible, comprend les étapes suivantes.

Une décompression de la cuve est réalisée par un élément de relâchement de pression disposé sur une sortie de la cuve. Le gonflage d'un sac disposé en aval de l'élément de relâchement de pression est réalisé, le sac passant d'un état plat à un état gonflé et assurant un confinement de fluide passé par l'élément de relâchement de pression.

Selon un autre aspect de l'invention, un dispositif de prévention contre l'explosion d'un élément de transformateur électrique, ledit élément étant pourvu d'une cuve contenant un fluide de refroidissement combustible, comprend un élément de relâchement de pression disposé sur une sortie de la cuve pour réaliser une décompression de la cuve et un conteneur muni de deux coquilles et d'un sac disposé, à l'état initial dans les coquilles. Le sac qui est disposé en aval de l'élément de relâchement de pression est prévu pour passer d'un état initial à un état gonflé à partir de la rupture de l'élément de relâchement de pression, provoquant ainsi la séparation des coquilles et assurant un confinement du fluide passé par l'élément de relâchement de pression.

Avantageusement, l'élément de relâchement de pression est configuré pour se rompre au-delà d'un seuil de pression différentiel entre une partie amont et une partie aval.

Dans un mode de réalisation, l'élément de transformateur électrique est un corps de transformateur électrique.

Dans un autre mode de réalisation, l'élément de transformateur électrique est une traversée.

Dans un autre mode de réalisation, l'élément de transformateur électrique est un changeur de prise en charge.

Dans un mode de réalisation, l'élément de relâchement de pression comprend un disque rigide perforé et une membrane

d'étanchéité. L'élément de relâchement de pression peut également comprendre un disque fendu. Les disques peuvent être bombés dans le sens de l'écoulement du fluide. Le disque fendu peut comprendre une pluralité de pétales séparés les uns des autres par des fentes sensiblement radiales. Les pétales se raccordent à une partie annulaire du disque et sont susceptibles de s'appuyer les uns sur les autres par l'intermédiaire de pattes d'accrochage pour résister à une pression extérieure à la cuve du transformateur supérieure à la pression intérieure. Le disque rigide perforé peut être pourvu d'une pluralité de trous traversants disposés près du centre du disque et à partir duquel s'étendent des fentes radiales.

La membrane d'étanchéité peut consister en une mince couche à base de polytétrafluoroéthylène. Le disque fendu peut comprendre une pluralité de portions capables de s'appuyer les unes sur les autres lors d'une poussée dans une direction axiale.

Dans un mode de réalisation, l'élément de relâchement de pression comprend en outre un disque de protection de la membrane d'étanchéité, le disque comprenant une feuille mince prédécoupée. Le disque de protection peut être réalisé à partir d'une feuille de polytétrafluoroéthylène d'épaisseur supérieure à la membrane d'étanchéité. La prédécoupe peut être en forme de portion de cercle. Le disque rigide perforé peut comprendre une pluralité de fentes radiales, distinctes les unes des autres.

Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend une pluralité d'éléments de relâchement de pression prévus pour être reliés à une pluralité d'éléments de transformateur. Un seul sac peut ainsi servir à la prévention contre l'explosion d'une pluralité d'éléments de transformateur, par exemple une cuve du corps du transformateur, les traversées et les changeurs de prise en charge du même transformateur ou d'une pluralité de transformateurs.

Le dispositif peut comprendre un moyen de détection de rupture, intégré à l'élément de relâchement de pression, d'où une détection de la pression de la cuve par rapport à un plafond prédéterminé de relâchement de pression. Le moyen de détection de

rupture peut comprendre un fil électrique apte à se rompre en même temps que l'élément de relâchement de pression. Le fil électrique peut être collé sur l'élément de relâchement de pression, de préférence du côté opposé au fluide. Le fil électrique peut être recouvert d'un film de protection.

Le dispositif de prévention est adapté pour la cuve principale d'un transformateur, pour la cuve du ou des changeurs de prise en charge et pour la cuve des traversées électriques, cette dernière cuve étant aussi appelée « boîte à huile ». Les traversées électriques ont pour rôle d'isoler la cuve principale d'un transformateur des lignes haute et basse tension auxquelles sont reliés des enroulements du transformateur par l'intermédiaire de conducteurs de sortie. Un conducteur de sortie peut être entouré par une boîte à huile contenant une certaine quantité de fluide d'isolement. Les traversées et/ou boîtes à huile sont en général indépendantes fluidiquement de la cuve du transformateur.

Le dispositif de prévention peut être muni d'un moyen de détection du déclenchement de la cellule d'alimentation du transformateur et d'un boîtier de commande qui reçoit les signaux émis par les moyens capteurs du transformateur et qui est capable d'émettre des signaux de commande.

Grâce à l'invention, on bénéficie d'un dispositif de prévention de l'explosion d'une cuve d'un élément de transformateur de masse et d'encombrement faibles tout en étant adaptés aussi bien à des transformateurs de petite puissance, par exemple sur pylônes, qu'à des transformateurs de moyenne puissance, par exemple pour l'alimentation électrique de trains ou encore à des transformateurs de très grande puissance.

La présente invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée de quelques modes de réalisation pris à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés, sur lesquels :

- les figures 1 à 5, 7 et 8, sont des vues schématiques de transformateurs équipés de dispositifs de

prévention contre l'incendie selon différents modes de réalisation ;

- la figure 6 montre le dispositif de prévention de la figure 5 en cours de déploiement ;
- la figure 9 est une vue en coupe transversale d'un élément de rupture ;
- la figure 10 est une vue partielle agrandie de la figure 9 ;
- la figure 11 est une vue de dessus correspondant à la figure 9 ; et
- la figure 12 est une vue de dessous correspondant à la figure 9.

Comme on peut le voir sur la figure 1, le transformateur 1 comprend une cuve 2 reposant sur le sol 3 au moyen de pieds 4 et est alimenté en énergie électrique par des lignes électriques 5 entourées par des traversées 6. La cuve 2 comprend un corps 2a et un couvercle 2b.

La cuve 2 est remplie de fluide de refroidissement 7, par exemple de l'huile diélectrique. Comme illustré dans la demande de brevet français n° 05 06 661, afin de garantir un niveau constant de fluide de refroidissement 7 dans la cuve 2, le transformateur 1 peut être muni d'un réservoir d'appoint en communication avec la cuve par une conduite. La cuve peut être munie d'un clapet automatique qui obture la conduite dès qu'il détecte un mouvement rapide du fluide. Ainsi, lors d'une dépressurisation de la cuve 2, la pression dans la conduite chute brusquement, ce qui provoque un début d'écoulement de fluide qui est rapidement arrêté par l'obturation du clapet automatique. On évite ainsi que le fluide 7 contenu dans le réservoir d'appoint vienne se vidanger.

Le transformateur 1 est disposé dans un réduit en béton 8 comprenant le sol 3 également en béton et des parois verticales formant ainsi un espace 10 fermé par une dalle 9, par exemple en béton, dans laquelle est ménagée un trou d'homme 9a. Le

transformateur 2 est ainsi disposé dans un espace délimité dans lequel est également installé le dispositif de prévention 11.

Le dispositif de prévention 11 comprend une vanne 12 de type manuel ou motorisé reliée à un trou ménagé dans le couvercle 2b de la cuve 2 du transformateur par une courte portion de conduite 13, un élément de relâchement de pression 14, illustré plus en détail sur les figures 9 à 12, une vanne 15 disposée en aval de l'élément de relâchement de pression 14, une conduite 16 rigide, par exemple réalisée en acier et formant un coude sur un angle sensiblement égal à 180° et se terminant du côté aval par une portion tronconique 16a convergeante et une bride 16b. La vanne 12 peut, en variante, être remplacée par une bride. La vanne 15 peut, en variante, être remplacée par une bride. La conduite coudée 16 forme une chambre de décompression offrant une perte de charge extrêmement faible aux fluides traversants et permettant ainsi de réduire très fortement et très rapidement la pression régnant dans la cuve 2 dès la rupture de l'élément de relâchement de pression 14. Le dispositif de prévention 11 comprend également une conduite flexible 17 montée en aval de la conduite coudée 16 avec une bride 17a reliée à la bride 16b et une bride aval 17b, et un sac gonflable 18 muni d'un orifice relié à la conduite souple 17 avec liaison par une bride 18a fixée à la bride 17b.

La conduite flexible 17 peut être annelée afin de réduire le risque d'écrasement et par conséquent d'obturation de ladite conduite 17. La conduite flexible 17 est avantageusement réalisée en matériau synthétique, par exemple à base de polyéthylène ou de polypropylène, éventuellement renforcé d'une charge.

Le sac gonflable 18 est représenté sur la figure 1 à l'état initial non gonflé. Le sac gonflable 18 à l'état initial peut contenir une faible quantité d'air ou de gaz inerte et est plié de telle sorte à pouvoir subir un gonflage extrêmement rapide sans risque notable de déchirure ou de blocage. Le sac gonflable 18 peut comprendre un matériau synthétique, le cas échéant multicouches avec une couche intérieure étanche aux gaz, par exemple à l'acétylène et à l'hydrogène, et au moins une couche extérieure résistante mécaniquement. On peut prévoir une

première couche extérieure résistante en traction et déterminant ainsi la forme du sac 18 à l'état gonflé et une deuxième couche extérieure résistante à la perforation afin de réduire le risque qu'un objet rencontré par le sac au cours du gonflage ne provoque une perforation.

Le sac gonflable 18 peut être muni d'une vanne de vidange 19 pouvant être raccordée de façon amovible à un réservoir en vue du dégonflage et de la vidange du sac gonflable 18. Le sac 18 forme un moyen de confinement de fluide, léger, économique, souple mécaniquement, adaptable à des situations variées, compact à l'état initial et polyvalent. En aval de la vanne 19 peut être prévu un tuyau de vidange 19a, cf figure 2.

De façon optionnelle, illustrée sur la figure 1, le dispositif de prévention 11 comprend une valise 20 pourvue d'une coquille supérieure 20a et d'une coquille inférieure 20b disposées l'une sur l'autre dans la position initiale illustrée sur la figure 1 et susceptibles de se séparer lors du gonflage du sac gonflable 18 qui s'y trouve enfermé en position initiale. La valise 20 offre une manipulation aisée du sac 18 tout en évitant d'éventuels déformations et en réduisant le risque de perforation ou de pincement accidentels. Bien entendu, la valise 20 peut être munie de poignées, de roues, d'anneaux ou de crochets de transport pour faciliter son déplacement et son positionnement sur le sol 3 à côté du transformateur 2. La coquille inférieure 20b assure une protection par rapport au sol, notamment contre la perforation, par exemple par des fers à béton dépassant du sol 3 ou encore contre élément acéré susceptible d'être présent sur ledit sol 3. La coquille inférieure 20b assure également une protection du sac gonflable 18 en cas de présence accidentelle d'eau ou d'un liquide sur le sol 3. La coquille supérieure 20a qui peut être identique à la coquille inférieure 20b ou, alternativement, de construction plus légère, peut être fixée à une partie supérieure du sac pour rester en contact avec le sac lors du gonflage et offrir ainsi une protection contre tout élément rencontré au cours du gonflage du sac, par exemple un frottement voire un raclement contre l'une des parois latérales du réduit 8.

Le dispositif de prévention reste en état normal de fonctionnement du transformateur comme illustré sur la figure 1 avec le sac 18 à l'état initial. Les vannes 13 et 15 sont ouvertes. L'élément de relâchement de pression 14 est intact et fermé. Lors de la survenue d'une pression excédant la pression-seuil de rupture de l'élément de relâchement de pression 14, à l'intérieur de la cuve 2 du transformateur 1, l'élément de relâchement de pression 14 se rompt, offrant ainsi une ouverture au passage du fluide contenu dans la cuve 2. Ledit fluide se répand dans la conduite coudée 16, assurant ainsi une première dépressurisation de la cuve 2, puis dans la conduite flexible 17 et dans le sac gonflable 18. Le sac gonflable 18 se remplit progressivement de fluide pour occuper un volume final à l'état gonflé considérablement plus important, la hauteur du sac gonflable 18 à l'état gonflé pouvant être proche de la hauteur totale de l'espace 10. Le sac gonflable 18 offre ainsi un volume d'expansion considérable à la cuve 2 du transformateur 1. Ce volume peut être de l'ordre 1 à 2 m^3 pour un transformateur de puissance allant de 0,1 à 20 MVA, de 2 à 4 m^3 de 10 à 100 MVA et de 4 à 9 m^3 de 50 à 1000 MVA.

Lors du gonflage, le fluide entrant dans le sac gonflable 18 comprend une proportion de liquide et de gaz qui dépend du défaut du transformateur ayant provoqué la génération de gaz et qui n'est par conséquent pas prédictible. Lorsque la génération de gaz dans la cuve 2 du transformateur 1 cesse, le sac gonflable 18 se retrouve dans un état plus ou moins gonflé. Il est alors recommandé de laisser le transformateur 1 dans un état de repos pendant quelques minutes ou quelques heures permettant ainsi un abaissement et une homogénéisation des températures. Le dispositif de prévention 11 est ensuite séparé du transformateur 2, par exemple par fermeture des vannes 12 et 15 et séparation de leur liaison.

On peut également prévoir une obturation au niveau des brides 17b et 18a, la bride 18a pouvant être munie d'une vanne. Dans ce cas, il est souhaitable d'obturer au préalable la vanne 13 puis de réaliser une chasse avec un gaz neutre, par exemple de l'azote, à partir de l'aval de la vanne 13, par exemple par un tube d'injection 21 qui peut

être relié à une bouteille d'azote, et/ou par la vanne 56 dans le bas de la cuve 2, la vanne 56 étant reliée à une conduite 31 munie d'un raccord rapide 32 en vue d'une connection à une source de gaz inerte. On chasse ainsi d'éventuels gaz combustibles de la conduite coudée 16 et de la conduite flexible 17 et on peut ensuite obturer le sac 18 au niveau de la bride d'entrée 18a. Le sac 18 à l'état gonflé peut alors être emmené à distance du transformateur et à l'air libre et ce de façon rapide et aisée. Une fois à l'air libre, il est possible de provoquer un relâchement des gaz présents dans le sac et qui ne risquent plus d'intoxiquer les opérateurs et de récupérer la phase liquide en vue d'un recyclage ou d'une destruction dans une installation appropriée. Alternativement, il est également possible de détruire ou de recycler les gaz présents dans le sac gonflable 18.

Le mode de réalisation illustré sur la figure 2 se rapproche de celui illustré sur la figure 1 à ceci près que la conduite coudée 16 est dépourvue de convergent. Le sac 18 est fixé sur l'orifice aval de la conduite coudée 16 et est prévu pour se déployer vers le bas lors du gonflage. En traits fins, ont été illustrés trois positions successives de gonflage du sac 18 référencées respectivement 181, 182 et 183. Le sac gonflable 18 dans son état final 183 repose sur le sol 3. En cas de présence de liquide dans le sac 18, la masse du liquide repose sur le sol 3 et non sur la liaison, par exemple une bride, entre le sac 18 et la conduite coudée 16. On évite ainsi que des efforts mécaniques importants ne s'exercent sur la conduite coudée 16, d'où un allégement des pièces mécaniques par lesquelles un tel effort se serait transmis.

Bien entendu, la forme du sac dans les états successifs 181, 182 et 183 est donnée ici à titre d'exemple. En cas de défaut de faible puissance, le volume de fluide présent dans le sac gonflable peut être relativement faible et le gonflage peut s'arrêter dans l'état intermédiaire 181. A volume de fluide égal, une forte proportion de liquide dans le fluide aura tendance à faire tomber le fond du sac vers le sol. Un défaut de forte puissance mais se produisant dans une partie supérieure de la cuve du transformateur aura tendance à générer un fort volume de fluide à faible proportion de liquide d'où un fort

gonflement du sac 18 avec une forme qui pourra s'avérer bien différente de l'état 183.

Le mode de réalisation illustré sur la figure 3 se rapproche de celui illustré sur la figure 2 à ceci près que la conduite coudée 16 présente un angle de l'ordre de 90°. Le sac 18 est relié à l'orifice de sortie de la conduite coudée 16, ledit orifice de sortie présente un axe sensiblement horizontal ou légèrement incliné vers le bas. Lors du gonflage, le sac gonflable 18, commence à s'allonger selon l'axe de l'orifice de sortie puis, à se déformer vers le bas sous l'effet de la masse du liquide présente dans ledit sac.

Le mode de réalisation illustré sur la figure 4 se rapproche de celui illustré sur la figure 1 à ceci près que l'extrémité inférieure de la conduite flexible 17 est reliée à l'orifice d'entrée d'une conduite 22. La conduite 22 peut être rigide, par exemple réalisée en acier, et coudée de sorte que son orifice de sortie soit dirigé vers le haut. La conduite 22 peut reposer sur le sol 3 par l'intermédiaire d'un support 23. Le sac 18 est monté sur l'orifice de sortie de la conduite 22. Des brides 24 et 25 solidaires respectivement de la conduite 22 et du sol 18 peuvent être prévues à cet effet. Une vanne 26 peut également être disposée entre les brides 24 et 25. L'extrémité du sac opposée à la bride 25 est accrochée en hauteur, par un support 27, par exemple une potence scellée dans la paroi verticale du réduit 8. Cette variante s'avère intéressante dans le cas où le couvercle 9 doit être enlevé pour accéder au transformateur 1. Dans le cas où l'accès peut s'effectuer latéralement, le support 27 peut être scellé dans le couvercle 9. Le sac 18 peut être muni d'une pièce d'accrochage 28, par exemple un anneau sur le support 27. Le sac 18 est représenté sur la figure 3 dans un état gonflé. A l'état initial, le sac 18 est allongé entre son extrémité d'entrée formée par la bride 25 et la pièce d'accrochage 28. Le gonflage du sac 18 est alors particulièrement aisé et provoque une perte de charge encore plus faible que dans les modes de réalisation précédents. En outre, le sac 18 est bien maintenu par ses deux extrémités et la forme qu'il prend au gonflage est mieux maîtrisée. Ce mode de réalisation s'avère particulièrement intéressant dans le cas où

le sac doit être disposé à proximité d'équipements fragiles ne devant pas être gênés par le gonflage du sac 18.

Le mode de réalisation illustré sur la figure 5, se rapproche de celui illustré sur la figure 2, à ceci près que le dispositif de prévention est dépourvu de conduite coudée. En aval de la bride 15 est disposée une courte portion de conduite droite 29. Autour de la conduite droite 29 est monté un panier 30 permettant de supporter le sac 18. Le panier 30 présente un fond annulaire disposé autour de la conduite 29 légèrement en aval et au dessus du canal 21 d'injection de gaz inerte. Le panier 30 présente une extrémité supérieure s'étendant au-delà de la conduite 29 et légèrement courbée pour diriger l'expansion du sac 18 lors du gonflage, hors de la paroi supérieure 2b du transformateur 2 et à l'opposé des traversées 6.

Le sac gonflable 18 est représenté sur la figure 5 à l'état replié et comprend une extrémité fixée sur l'extrémité libre de la conduite 29 et l'extrémité opposée installée dans la conduite 29 à proximité de la bride 15. Le sac gonflable 18, à l'état initial, présente de nombreux replis disposés dans l'espace existant entre la conduite 29 et le panier 30. Lors du gonflage, après la rupture de l'élément de relâchement de pression 14, l'extrémité du sac 18 est chassée de l'intérieur de la conduite 29, puis poussée en dehors du panier 30, ce qui provoque le dépliage progressif des plis du sac 18 installés dans l'espace annulaire du panier 30 à l'extérieur de la conduite 29. En raison de l'inclinaison de l'extrémité supérieure du panier 30, le déploiement du sac 18 au gonflage est orienté en dehors de la surface supérieure du transformateur de telle sorte que le sac gonflable 18, puisse reposer sur le sol, à l'état gonflé, à côté du transformateur 1.

En outre, la cuve 2 du transformateur 1 est munie d'une conduite 31 d'injection d'un gaz inerte débouchant dans le bas de la cuve 2 et munie à son extrémité opposée d'un raccord rapide en vue d'une connexion avec une bouteille de gaz inerte 33, par exemple de l'azote, également pourvu d'un raccord rapide 34 complémentaire.

Le mode de réalisation illustré sur la figure 6 se rapproche du précédent à ceci près que le sac 18 est fixé à la conduite 29 à

proximité immédiate du fond du panier 30 et non à l'extrémité libre de la conduite 29 comme précédemment. Le sac gonflable 18 est représenté au cours du gonflage. L'on observe que le volume principal du sac 18 est déjà en dehors de la verticale du transformateur 1.

Le mode de réalisation illustré sur la figure 7 se rapproche de celui illustré sur les figures 5 et 6, à ceci près que le transformateur 1 repose sur un support 35, par exemple un pylône 36 fixé dans le sol et une potence 37 en porte-à-faux par rapport au pylône 36. Le transformateur 1 se trouve donc disposé en hauteur par rapport au sol, en général à une hauteur comprise entre 3 et 10 mètres. L'élément de relâchement de pression 14 est installé dans un trou ménagé dans le fond 2c de la cuve 2 du transformateur 1 selon un axe dirigé vers le bas. La pression de rupture de l'élément de relâchement de pression 14 est calibrée pour tenir compte de la pression exercée par le fluide présent dans la cuve. Le sac gonflable 18 est disposé en aval à très faible distance de l'élément de relâchement de pression 14 et est prévu pour un gonflage avec développement vers le bas.

Ce mode de réalisation présente l'avantage d'un coût de mise en œuvre extrêmement faible et d'un gonflement du sac gonflable 18 visible de l'extérieur, d'où un contrôle visuel particulièrement simple. Le sac gonflable 18 assure une double fonction de recueil du fluide présent dans la cuve 2 en cas de pression excessive, due à un défaut électrique en général, et de signalisation d'un tel défaut. La résistance mécanique des parois du sac 18 est également prévue plus élevée que dans les autres modes de réalisation dans la mesure où le sac 18 se remplira en grande partie de liquide quand il devra supporter la masse par sa fixation à la cuve 2.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 8, le transformateur 2 est équipé en outre de détecteurs d'incendie 40 à titre de sécurité supplémentaire et d'une vanne de relâchement de pression 41 assurant également une décompression supplémentaire, notamment pour des défauts de faible puissance et en cas de dilatation. L'élément de relâchement de pression 14 est disposé sur une conduite 12 d'axe

sensiblement horizontal et monté sur une paroi verticale du transformateur à proximité de son extrémité supérieure.

Une chambre de décompression 42 est montée en aval du disque de rupture 14 à une très faible distance et présente un fort diamètre intérieur pour offrir une perte de charge particulièrement faible et permettre une diminution rapide de la pression dans la cuve 2 du transformateur 1. La chambre de dépressurisation 42 présente un diamètre supérieur à celui de l'élément de relâchement de pression 14. Un réservoir de recueil 43 de grand volume, par exemple compris entre 1 et 16 m^3, est relié à l'aval de la chambre de dépressurisation 42 par une conduite 44 de diamètre inférieur à celui de la chambre de dépressurisation 42. Le réservoir 43 est de type rigide, par exemple en tôle, et peut être muni d'une vanne de relâchement de pression 45, analogue à la vanne de relâchement de pression 41.

Comme dans le mode de réalisation illustré sur la figure 5, la cuve 2 du transformateur 1 est reliée à une bouteille de gaz inerte 33 par une conduite fixe 31 munie d'une vanne 32, de type manuel ou motorisé. La vanne 32 peut être manuelle, la demanderesse s'étant aperçue que l'injection d'azote peut être effectuée longtemps après le déclenchement de l'élément de pression 14 dans le but d'effectuer une chasse des gaz, tels que l'hydrogène ou l'acétylène autoinflammables en présence de l'oxygène de l'air. L'ouverture de la vanne 32 pour une chasse aux gaz inertes dans la cuve 2 du transformateur 1 peut être effectuée plusieurs heures voire plusieurs jours, après le déclenchement de l'élément de rupture 14. Un autre avantage réside dans le fait que la température du transformateur et des fluides est alors retombée sensiblement à la température ambiante, d'où une réduction des risques d'inflammation en cas de contact accidentel avec l'air ambiant et une réduction des risques de brûlure pour les opérateurs. Le dispositif de prévention 11 comprend une autre bouteille de gaz inerte 46 reliée par une conduite 47 au réservoir 43 pour permettre une chasse des gaz combustibles présents dans le réservoir 43.

En aval du réservoir 43 est prévue une conduite 48 munie d'une vanne 49, manuelle ou motorisée, d'un manomètre 50 et débouchant par l'intermédiaire de connecteurs rapides 51 dans un sac gonflable 18 du même type que celui illustré sur la figure 1.

Lors du déclenchement de l'élément de relâchement de pression 14, suite à un défaut électrique dans le transformateur 1, la pression dans la cuve 2 diminue. Un jet de gaz et/ou de liquide traverse l'élément de relâchement de pression 14 et se répand dans la chambre de dépressurisation 42, puis s'écoule dans la conduite 44 vers le réservoir de recueil 43. En état normal de fonctionnement, la vanne 52 est ouverte.

Après le déclenchement de l'élément de relâchement de pression 14, on effectue une chasse par injection de gaz inerte dans le bas de la cuve 2 du transformateur 1. Les gaz résultant de la décomposition de l'huile diélectrique et stagnant dans la cuve 2 sont alors évacués vers le réservoir de recueil 43. On peut effectuer une chasse par les gaz inertes tout en ouvrant la vanne 49. Les gaz combustibles présents dans le réservoir de recueil 43 sont alors chassés par la conduite 48 et récupérés dans le sac gonflable 18 qui passe alors d'un état initial non gonflé à un état final gonflé. Dès qu'une pression maximale prédéterminée a été atteinte, visible sur le manomètre 50, on peut interrompre la chasse aux gaz et fermer la vanne 49. Un opérateur peut alors séparer le connecteur rapide 51, par exemple de type auto-obturant, et emporter à distance le sac gonflable 18 à l'état gonflé. La conduite 48 étant reliée à une extrémité supérieure du réservoir de recueil 43, le fluide passant par la conduite 48 est essentiellement composé de gaz. La masse du sac gonflable 18 à l'état gonflé est donc proche de celle du même sac 18 à l'état initial. Un ou deux opérateurs peuvent donc aisément déplacer le sac 18 à l'état gonflé, et par exemple l'emmener à l'air libre pour le purger de ses gaz et lui donner à nouveau son état initial pour, si nécessaire, recommencer l'opération de purge et purger complètement le réservoir de recueil 43.

On peut ainsi purger des gaz potentiellement dangereux, un transformateur et un réservoir de recueil disposés dans des lieux peu accessibles, notamment souterrains, au moyen d'un sac gonflable 18 de faible masse pouvant être transporté manuellement par un ou deux opérateurs ou encore à la brouette ou par tout moyen de manutention léger, peu encombrant et de faible coût. D'éventuels liquides présents dans le réservoir de recueil 43 peuvent être purgés par transfert vers un réservoir mobile par une vanne de fond non représentée.

Les détecteurs de feu 40 peuvent également provoquer l'injection d'azote en cas d'incendie.

Bien entendu, le dispositif de prévention est également adapté pour la mise en sécurité d'une traversée 6 contenant de l'huile diélectrique, par exemple au moyen de la conduite 53 en traits fins sur la figure 2, munie également d'un élément de relâchement de pression 14 et débouchant dans la conduite coudée 16. Un changeur de prise en charge 54 faisant partie du transformateur 1, peut également être muni d'un dispositif de prévention par une conduite 55, en traits fins sur la figure 2, également équipé d'un élément de relâchement de pression.

Comme on peut le voir sur les figures 9 à 12, l'élément de rupture 14 est de forme circulaire bombée convexe et est prévu pour être monté sur un orifice de sortie, non représenté, d'une cuve 2 maintenue serrée entre deux brides 63, 64 en forme de disques. L'élément de relâchement 14 comprend une partie de retenue 65 sous la forme d'un voile métallique de faible épaisseur, par exemple en acier inoxydable, en aluminium, ou en alliage d'aluminium. L'épaisseur de la partie de retenue 65 peut être comprise entre 0,05 et 0,25 mm.

La partie de retenue 65 est pourvue de stries radiales 66 la divisant en plusieurs portions. Les stries radiales 66 sont formées en creux dans l'épaisseur de la partie de retenue 65 de façon qu'une rupture se fasse par déchirement de la partie de retenue 65 en son centre et ce sans fragmentation pour éviter que des fragments de l'élément de relâchement 14 ne soient arrachés et déplacés par le fluide

traversant l'élément de relâchement 14 et risquent de détériorer une conduite située à l'aval.

La partie de retenue 65 est pourvue de trous traversants 67 de très faible diamètre répartis un par strie 66 à proximité du centre. Autrement dit, plusieurs trous 67 sont disposés en hexagone. Les trous 67 forment des amorces de déchirure de résistance faible et garantissent que la déchirure commence au centre de la partie de retenue 65. La formation d'au moins un trou 67 par strie 66 assure que les stries 66 se sépareront simultanément en offrant la section de passage la plus forte possible. En variante, on pourrait envisager un nombre de stries 66 différent de six, et/ou plusieurs trous 67 par strie 66. Le revêtement d'étanchéité 80 est capable d'obturer les trous 67.

La pression d'éclatement de l'élément de relâchement 14 est déterminée, notamment, par le diamètre et la position des trous 67, la profondeur des stries 66, l'épaisseur et la composition du matériau formant la partie de retenue 65. De préférence, les stries 66 sont formées sur toute l'épaisseur de la partie de retenue 65. Le reste de la partie de retenue 65 peut présenter une épaisseur constante.

Deux stries 66 adjacentes forment un triangle 69 qui lors de la rupture va se séparer des triangles voisins par déchirure de la matière entre les trous 67 et se déformer vers l'aval par pliage. Les triangles 69 se plient sans déchirure pour éviter l'arrachement des dits triangles 69 susceptibles de détériorer une conduite aval ou de gêner l'écoulement dans la conduite aval augmentant ainsi la perte de charge et ralentissant la dépressurisation côté amont. Le nombre de stries 66 dépend également du diamètre de l'élément de retenue 14.

La bride 64 disposée à l'aval de la bride 63 est percée d'un trou radial dans lequel est disposé un tube de protection 71. Le détecteur de rupture comporte un fil électrique 72 fixé sur la partie de retenue 65 du côté aval et disposé en boucle. Le fil électrique 72 se prolonge dans le tube de protection 71 jusqu'à un boîtier de connexion 73. Le fil électrique 72 s'étend sur la quasi totalité du diamètre de l'élément de retenue 14, avec une portion de fil 72a disposée d'un côté d'une strie 66 parallèlement à ladite strie 66 et l'autre portion de fil 72b disposée

radialement de l'autre côté de la même strie 66 parallèlement à ladite strie 66. La distance entre les deux portions de fil 72a, 72b est faible. Cette distance peut être inférieure à la distance maximale séparant deux trous 67 de telle sorte que le fil 72 passe entre les trous 67.

Le fil électrique 72 est recouvert par un film de protection qui sert à la fois à éviter sa corrosion et à le coller sur la face aval de la partie de retenue 65. La composition de ce film sera aussi choisie pour éviter de modifier la pression de rupture de l'élément de rupture 14. Le film pourra être réalisé en polyamide fragilisée. L'éclatement de l'élément de rupture entraîne nécessairement la coupure du fil électrique 72. Cette coupure peut être détectée de façon extrêmement simple et fiable par interruption de la circulation d'un courant passant par le fil 72 ou encore par écart de tension entre les deux extrémités du fil 72.

L'élément de rupture 14 comprend également une partie de renforcement 74 disposée entre les brides 63 et 64 sous la forme d'un voile métallique, par exemple en acier inoxydable, en aluminium, ou en alliage d'aluminium. L'épaisseur de la partie de renforcement 74 peut être comprise entre 0,2 et 1 mm.

La partie de renforcement 74 comprend une pluralité de pétales, par exemple cinq, séparées par des stries radiales 75 formées sur toute leur épaisseur. Les pétales se raccordent à un bord extérieur annulaire, une strie 76 en arc de cercle étant formée sur toute l'épaisseur de chaque pétale sauf à proximité des pétales voisins, conférant ainsi aux pétales une capacité à se déformer axialement. L'un des pétales est relié à un polygone central 77, par exemple par soudure. Le polygone 77 ferme le centre des pétales et vient s'appuyer sur des crochets 78 fixés sur les autres pétales et décalés axialement par rapport aux pétales de façon que le polygone 77 soit disposé axialement entre les pétales et les crochets 78 correspondants. Le polygone 77 peut venir en contact avec le fond des crochets 78 pour s'y appuyer axialement. La partie de renforcement 74 offre une bonne résistance axiale dans un sens et une très faible résistance axiale dans l'autre sens, le sens de l'éclatement de l'élément de rupture 14. La

partie de renforcement 74 est particulièrement utile lorsque la pression dans la cuve 2 du transformateur 1 est inférieure à celle de la chambre de dépressurisation 16 ce qui peut se produire si un vide partiel est fait dans la cuve 2 pour le remplissage du transformateur 1.

Entre la partie de retenue 65 et la partie de renforcement 74, peuvent être disposés une partie d'étanchéité 79 comprenant un film mince 80 de matériau synthétique étanche par exemple à base de polytétrafluoroéthylène entouré sur chaque face par un film épais 81 de matériau synthétique prédécoupé évitant une perforation du film mince 80 par la partie de retenue 65 et la partie de renforcement 74. Chaque film épais 81 peut comprendre un matériau synthétique par exemple à base de polytétrafluoroéthylène d'épaisseur de l'ordre de 0,1 à 0,3 mm. La prédécoupe des films épais 81 peut être effectuée selon un arc de cercle d'environ 330°. Le film mince 80 peut présenter une épaisseur de l'ordre de 0,005 à 0,1 mm.

L'élément de rupture 14 offre une bonne résistance à la pression dans un sens, une résistance calibrée à la pression dans l'autre sens, une excellente étanchéité et une faible inertie à l'éclatement.

Pour améliorer l'étanchéité, l'élément de rupture 14 peut comprendre une rondelle 82 disposée entre la bride 63 et la partie de retenue 65 et une rondelle 83 disposée entre la bride 64 et la partie de renforcement 74. Les rondelles 82 et 83 peuvent être réalisées à base de polytétrafluoroéthylène.

En outre, un moyen de refroidissement des fluides dans le dispositif de prévention peut être prévu. Le moyen de refroidissement peut comprendre des ailettes sur la conduite 17 et /ou le réservoir 18, un groupe de climatisation du réservoir 18, et/ou une réserve de gaz liquéfié, par exemple de l'azote, dont la détente est susceptible de refroidir le réservoir 18.

Le système de protection est particulièrement bien adapté à des transformateurs disposés dans des lieux confinés, mine souterraine, tunnel, sous-sol de construction, sous-sol de rue ou de route, etc. Le système de protection présente un encombrement extrêmement faible à l'état normal de fonctionnement et, après un déclenchement, peut être

remis aisément en état de fonctionnement par enlèvement du sac gonflable dont le transport est facile.

Une unité de commande reliée aux capteurs de l'élément de relâchement de pression peut également être reliée à des capteurs accessoires, tels que détecteur d'incendie, capteurs de vapeur (Buchholz) et aux capteurs de déclenchement de la cellule d'alimentation pour déclencher une extinction d'incendie en cas de défaillance du système de prévention d'explosion.

Grâce à l'invention, on bénéficie d'une prévention contre l'explosion d'un élément de transformateur, notamment cuve, traversée, changeur de prise en charge, etc., qui peut être monté sur un transformateur existant en nécessitant peu de modifications, qui détecte les ruptures d'isolation de façon extrêmement rapide et agit quasi simultanément pour limiter les conséquences qui peuvent en résulter, et en particulier dans des lieux confinés. On évite ainsi les explosions des capacités d'huile et les incendies ravageurs qui peuvent en résulter. Les dégâts liés aux courts-circuits sont notablement réduits et la pollution peut être quasi totalement évitée. Une explosion de transformateur pouvant s'avérer catastrophique lorsqu'elle a lieu dans un lieu confiné, la présence d'un système de prévention conçu pour des lieux confinés s'avère extrêmement bénéfique.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de prévention contre l'explosion d'un élément de transformateur électrique (1) pourvu d'une cuve (2) contenant un fluide de refroidissement combustible, caractérisé par le fait qu'il comprend un élément de relâchement de pression (14) disposé sur une sortie de la cuve (2) pour réaliser une décompression de la cuve et un sac (18) disposé en aval de l'élément de relâchement de pression (14) et configuré pour passer d'un état plat à un état gonflé à partir de la rupture de l'élément de relâchement de pression et assurant un confinement de fluide passé par l'élément de relâchement de pression.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le sac (18) est étanche aux gaz.

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une conduite (16) coudée montée en aval de l'élément de relâchement de pression (14).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un conduite flexible (17) montée en amont du sac

5. Dispositif selon la revendication 4, comprenant une conduite coudée (22) montée en aval de la conduite flexible (17).

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un raccord (51) rapide disposé en amont du sac, de façon solidaire du sac.

7. Dispositif selon la revendication 6, comprenant un canal (21) d'introduction de gaz inerte en aval de l'élément de relâchement de pression.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le sac (18) comprend un orifice obturable de sortie (19).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un réservoir (43) disposé entre l'élément de relâchement de pression (14) et le sac (18).

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une chambre de décompression (42) disposée en aval de l'élément de relâchement de pression (14).

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la sortie de la cuve est disposée sur une paroi inférieure (2c) de la cuve (2), le sac (18) étant disposé sous la cuve (2).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la sortie de la cuve est disposée sur une paroi supérieure (2b) de la cuve (2), le sac (18) étant disposé au dessus de la cuve (2).

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le sac (18) est au moins en partie suspendu à un support (27).

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une protection anti-crevaison (20b) disposée au moins sous le sac.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une valise (20) pourvue d'au moins deux coquilles, formant une enveloppe de transport et de protection pour le sac à l'état plat et un support pour le sac à l'état gonflé, lesdites coquilles étant configurées pour se séparer lors du passage de l'état plat à l'état gonflé.

16. Procédé de prévention contre l'explosion d'un élément de transformateur électrique (1) pourvu d'une cuve (2) contenant un fluide de refroidissement combustible, dans lequel une décompression de la cuve est réalisée par un élément de relâchement de pression (14) disposé sur une sortie de la cuve, et le gonflage d'un sac (18) disposé en aval de l'élément de relâchement de pression (14) est réalisé, le sac (18) passant d'un état plat à un état gonflé et assurant un confinement de fluide passé par l'élément de relâchement de pression (14).

Fig.1

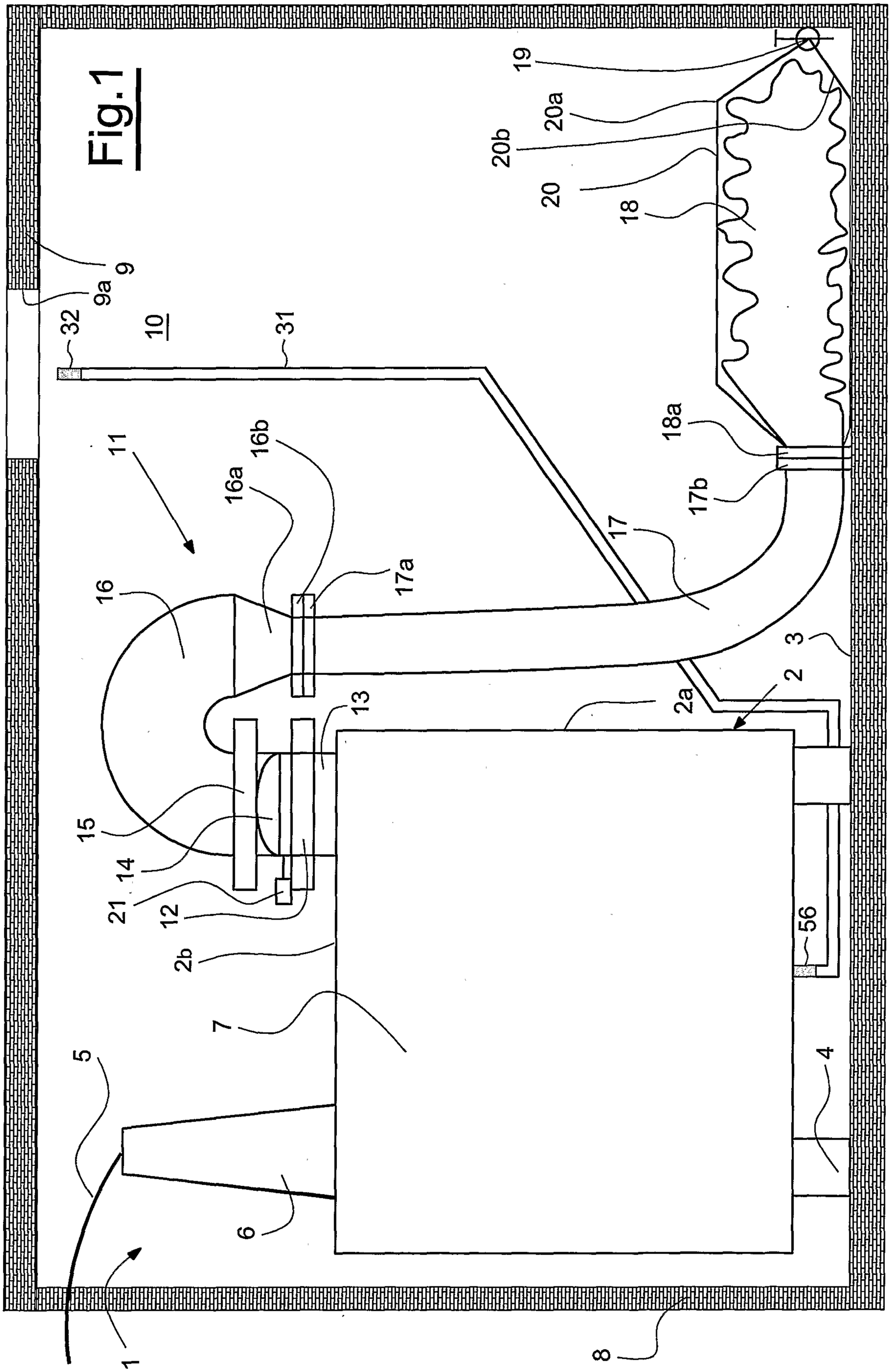

19
20a
20b
20
18
18a
17b
17
16b
16a
11
16
17a
9
9a
32
10
31
3
2
2a
13
15
14
21
12
2b
7
5
6
1
8
56
4

Fig.2

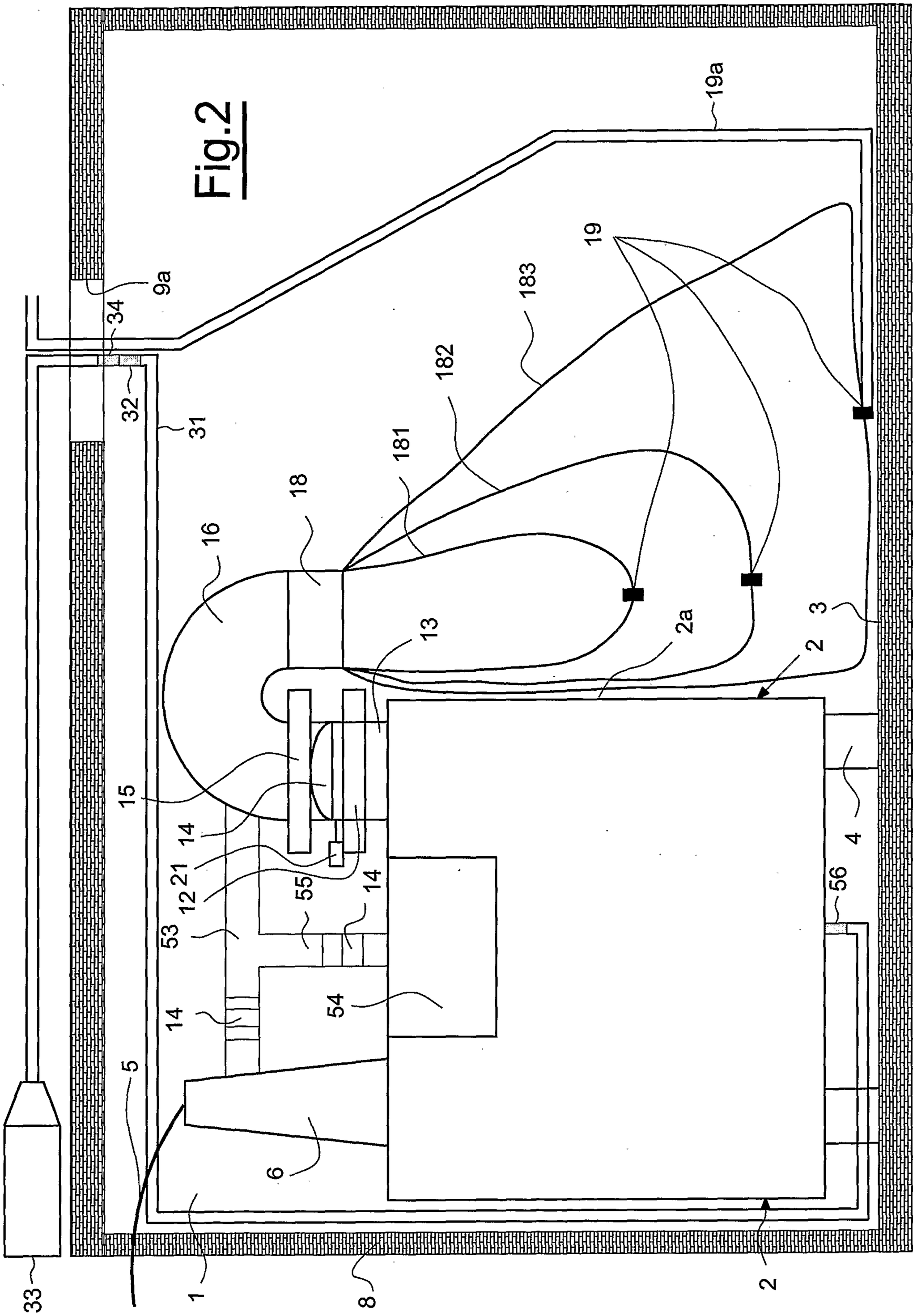
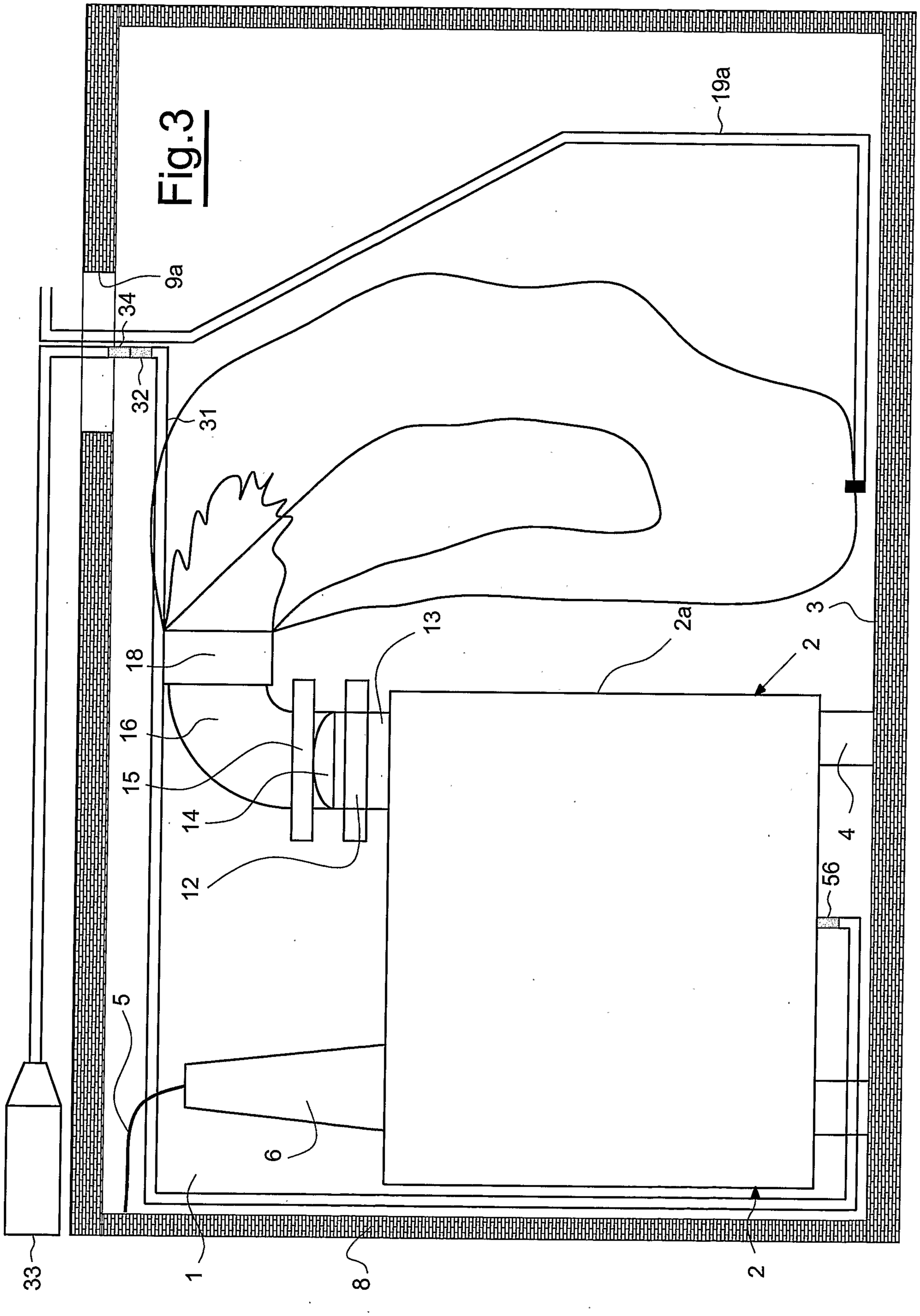

19a
9a
34
32
31
16
18
181
182
183
19
13
2a
3
2
15
14
21
12
55
14
53
54
14
4
56
5
6
33
1
8
2

Fig.3



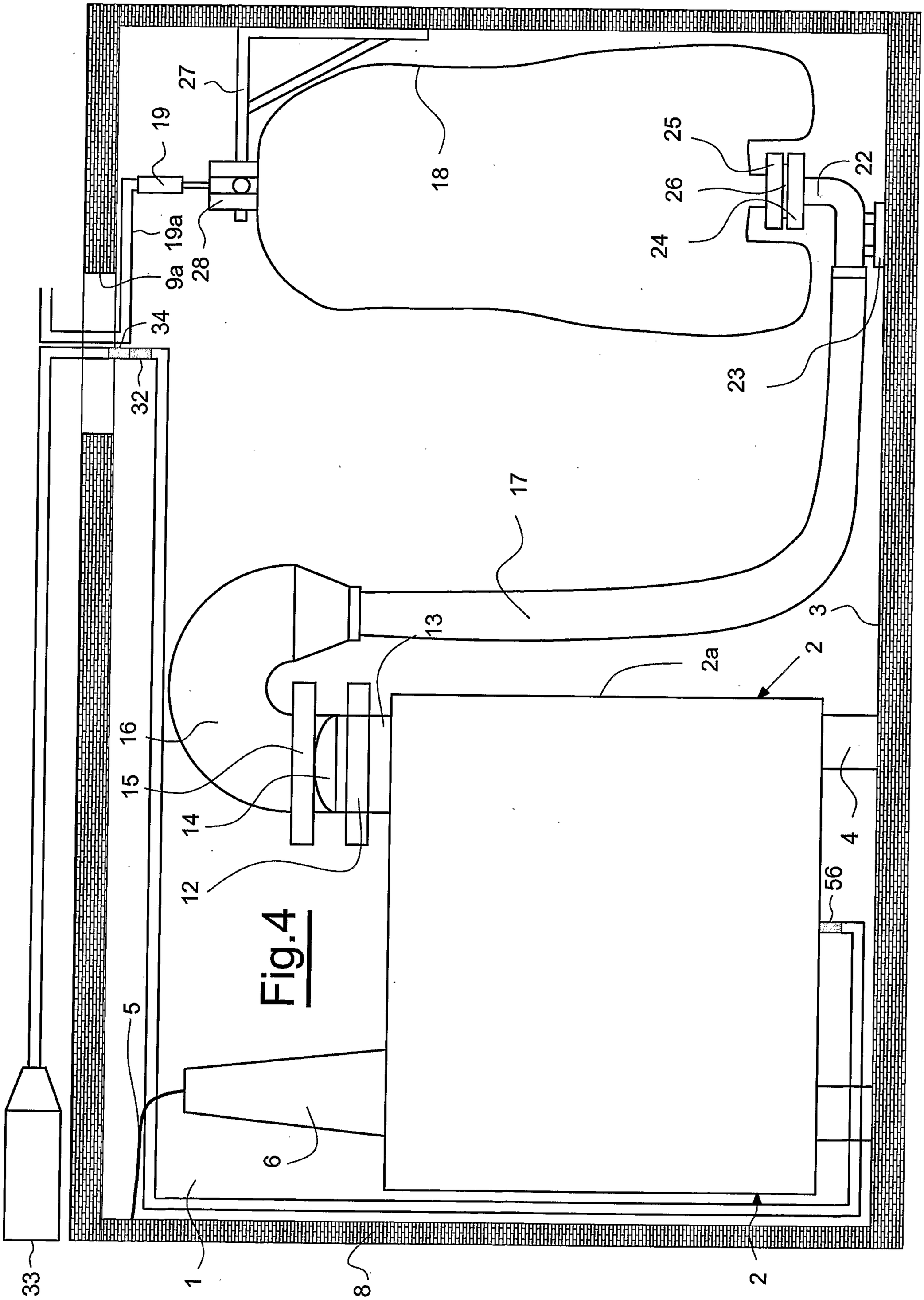

27
19
18
25
26
24
22
23
19a
28
9a
34
32
17
13
3
2a
2
16
15
14
12
4
56
5
6
33
1
8
2

Fig.4

Fig.5

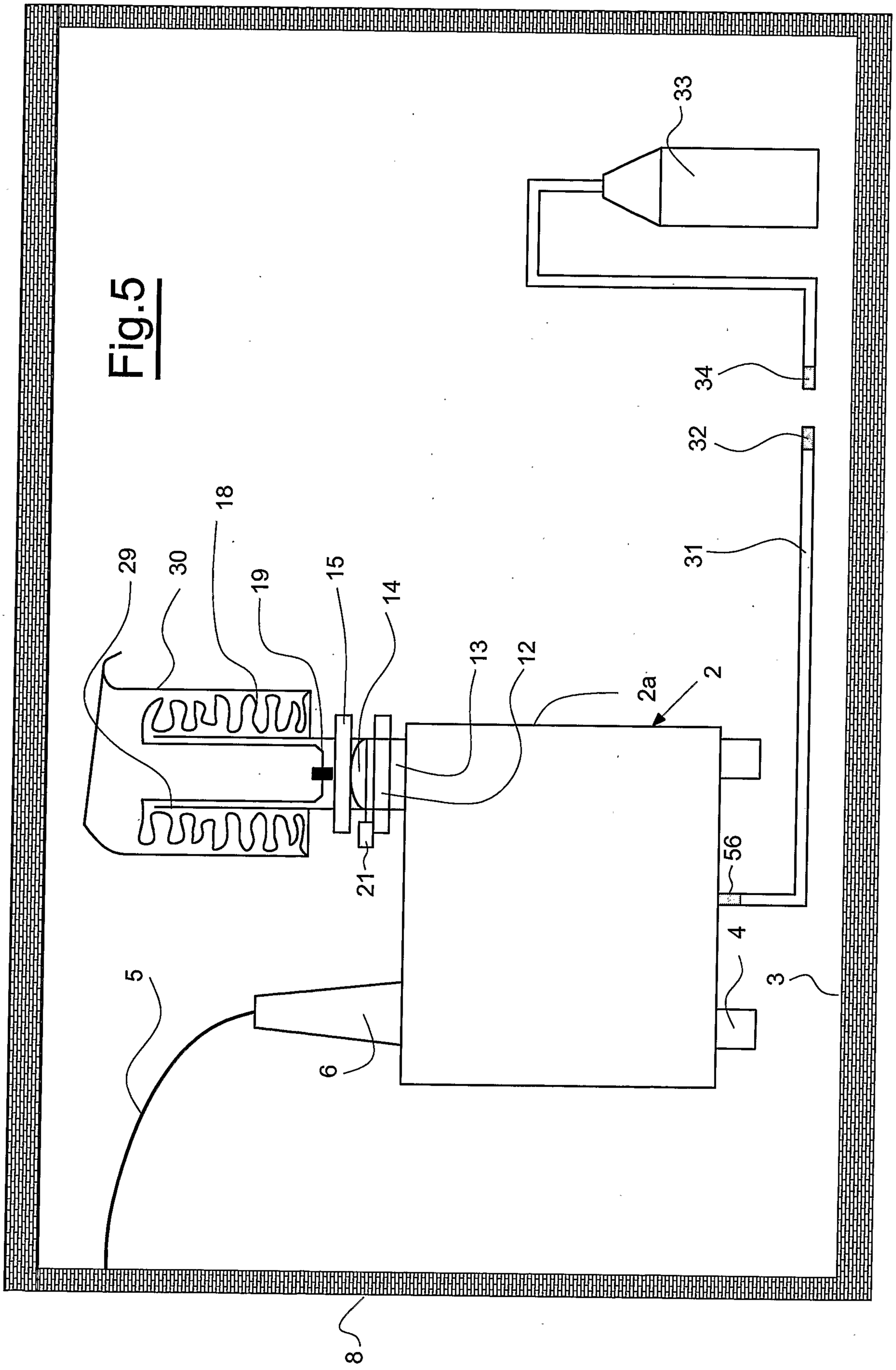
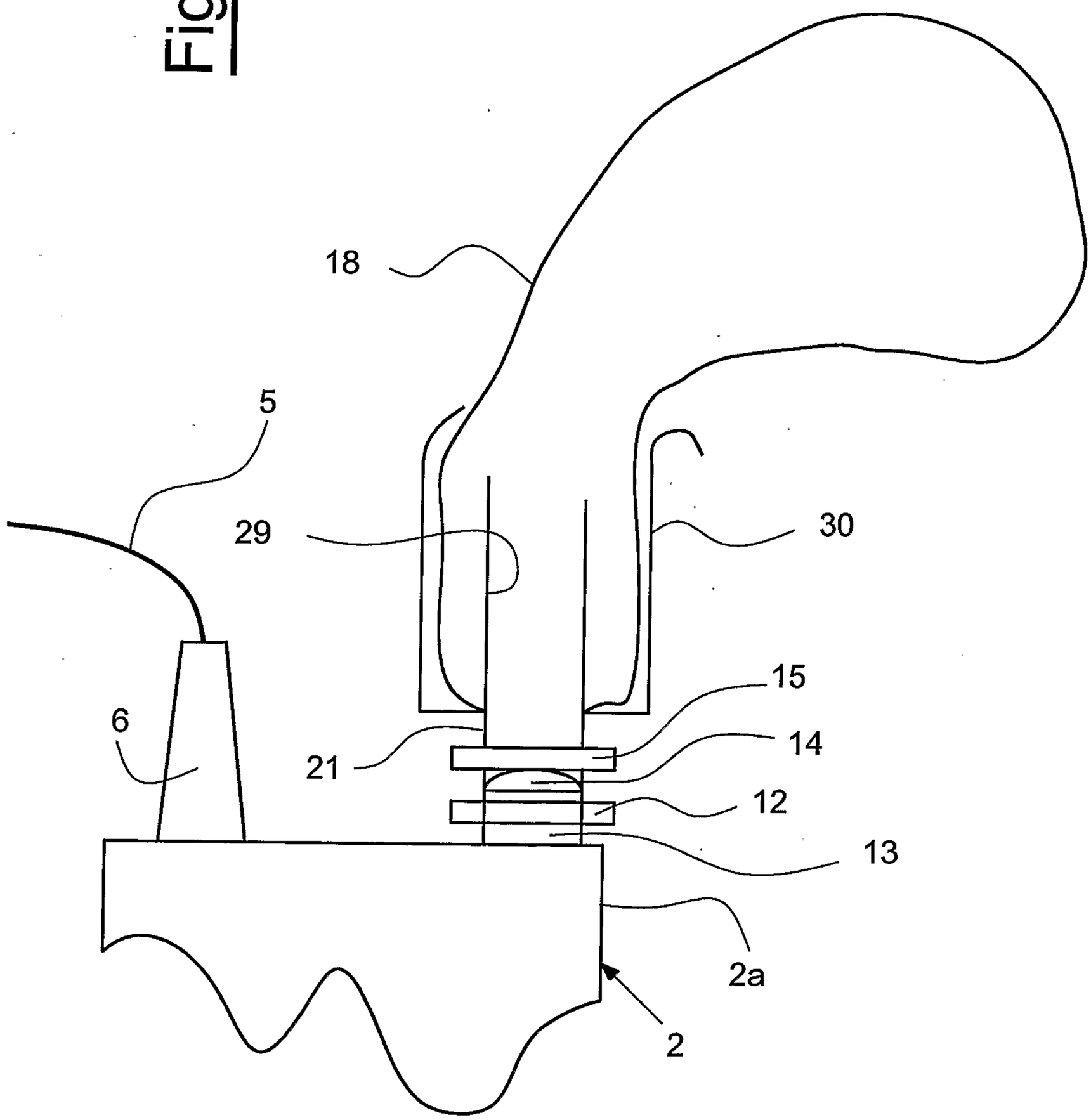


Fig.6



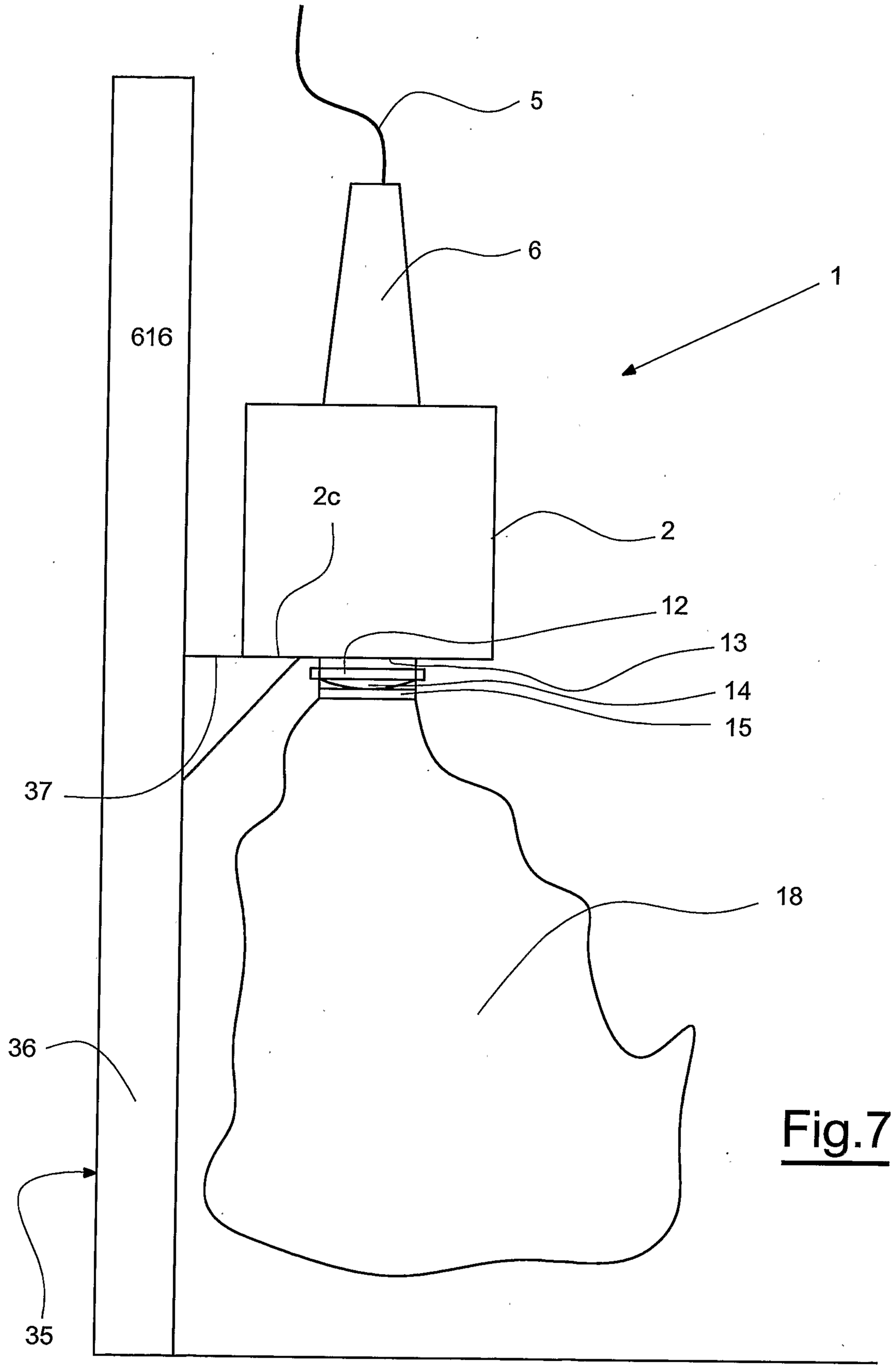


Fig.7

Fig.8

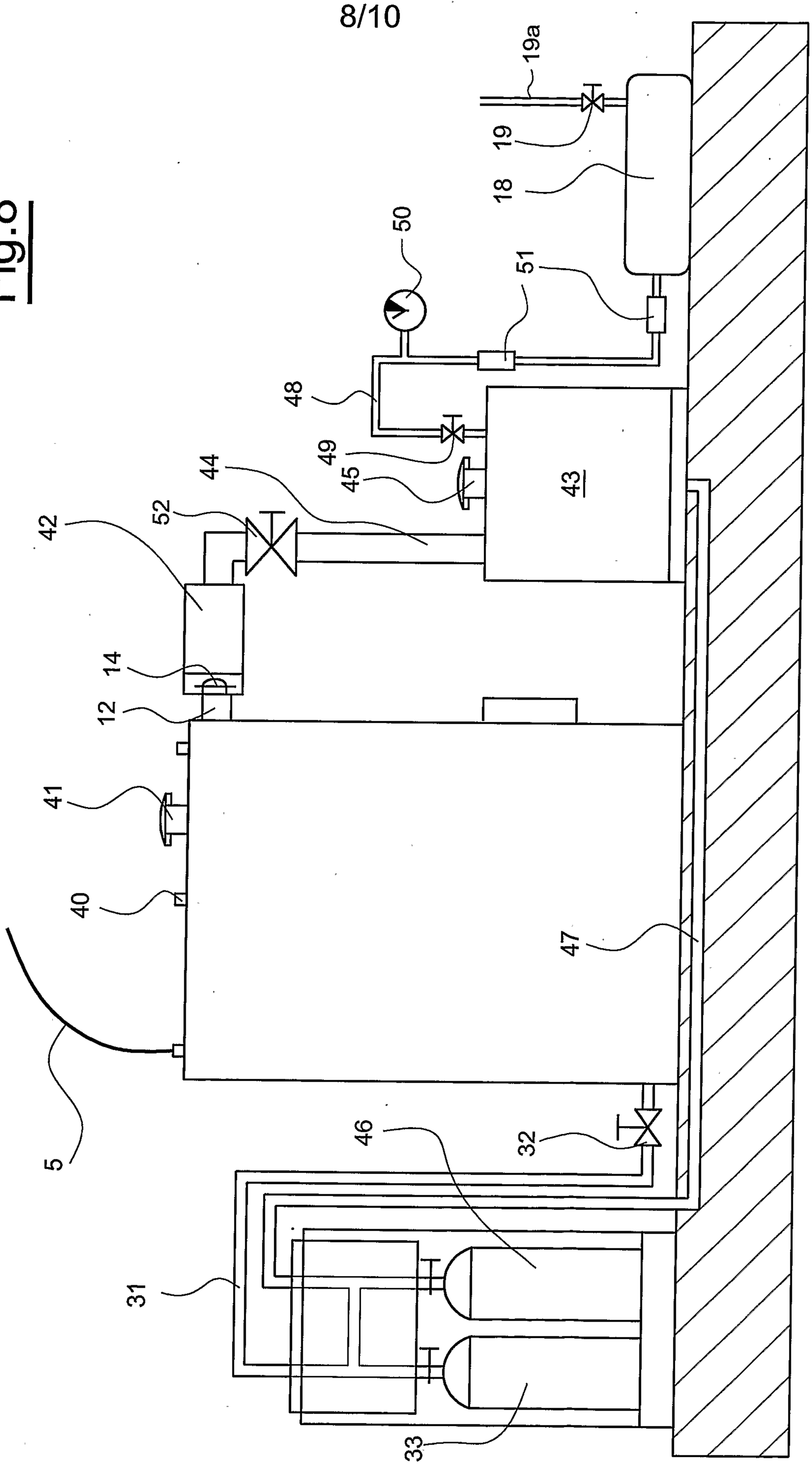


FIG.9

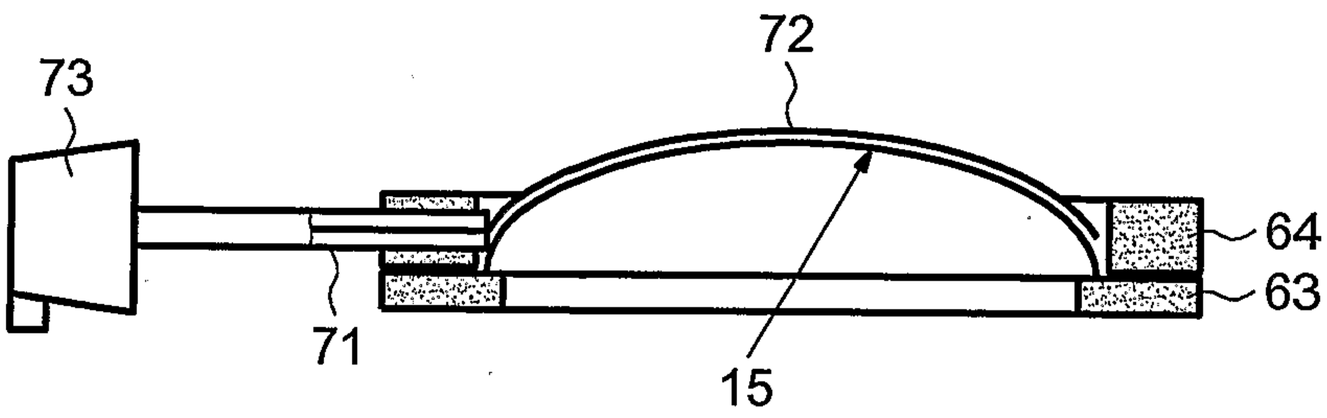


FIG.10

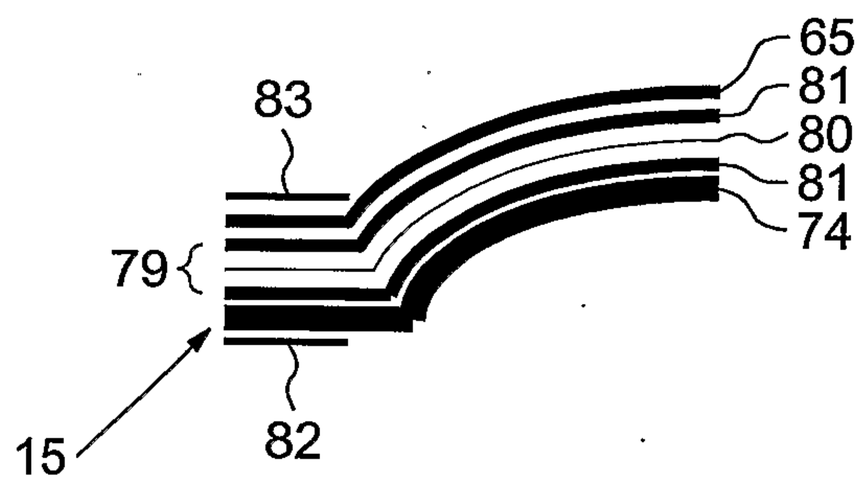


FIG.11

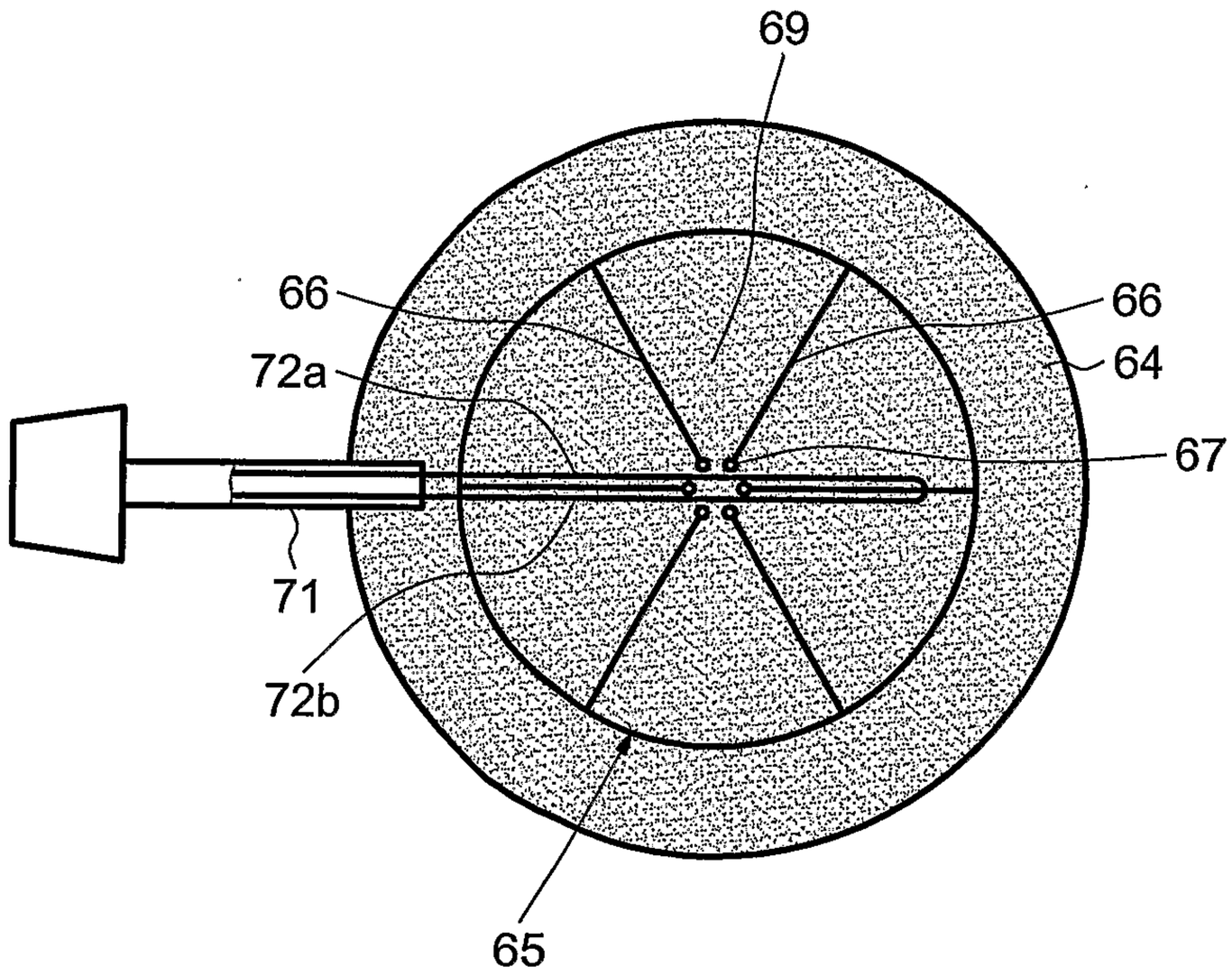
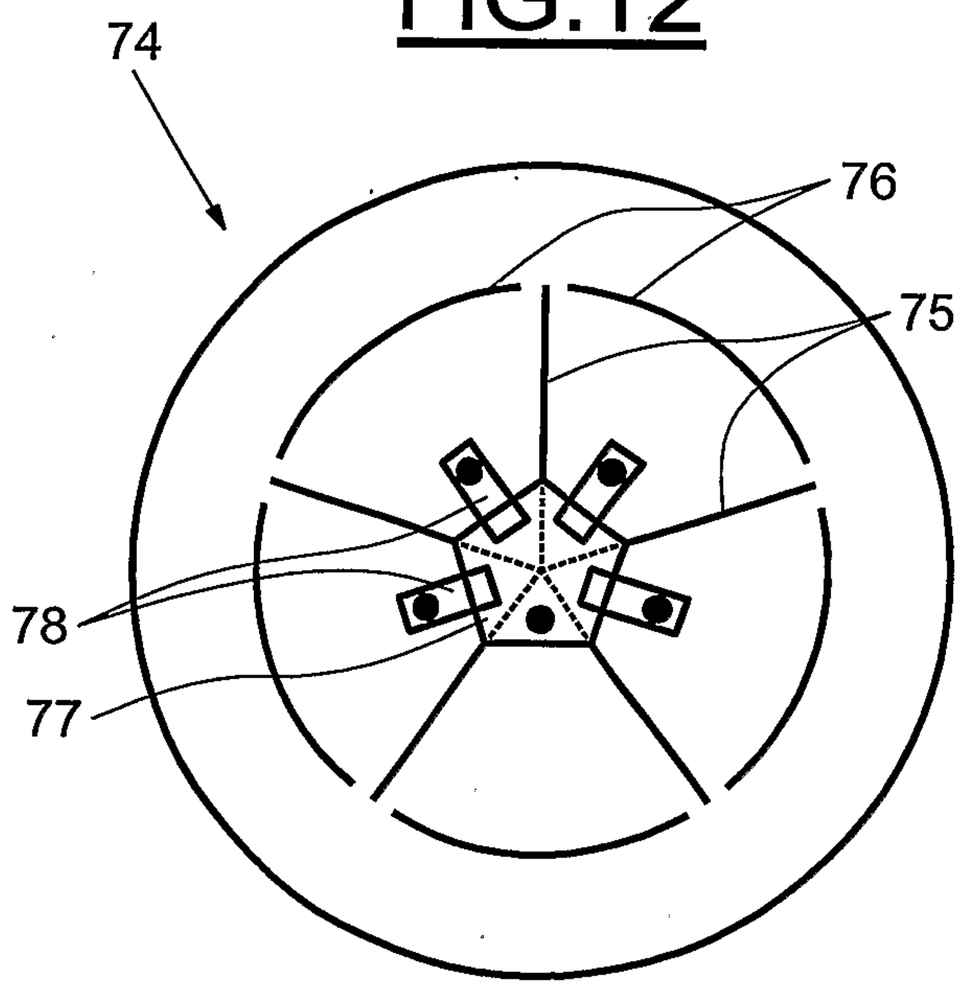
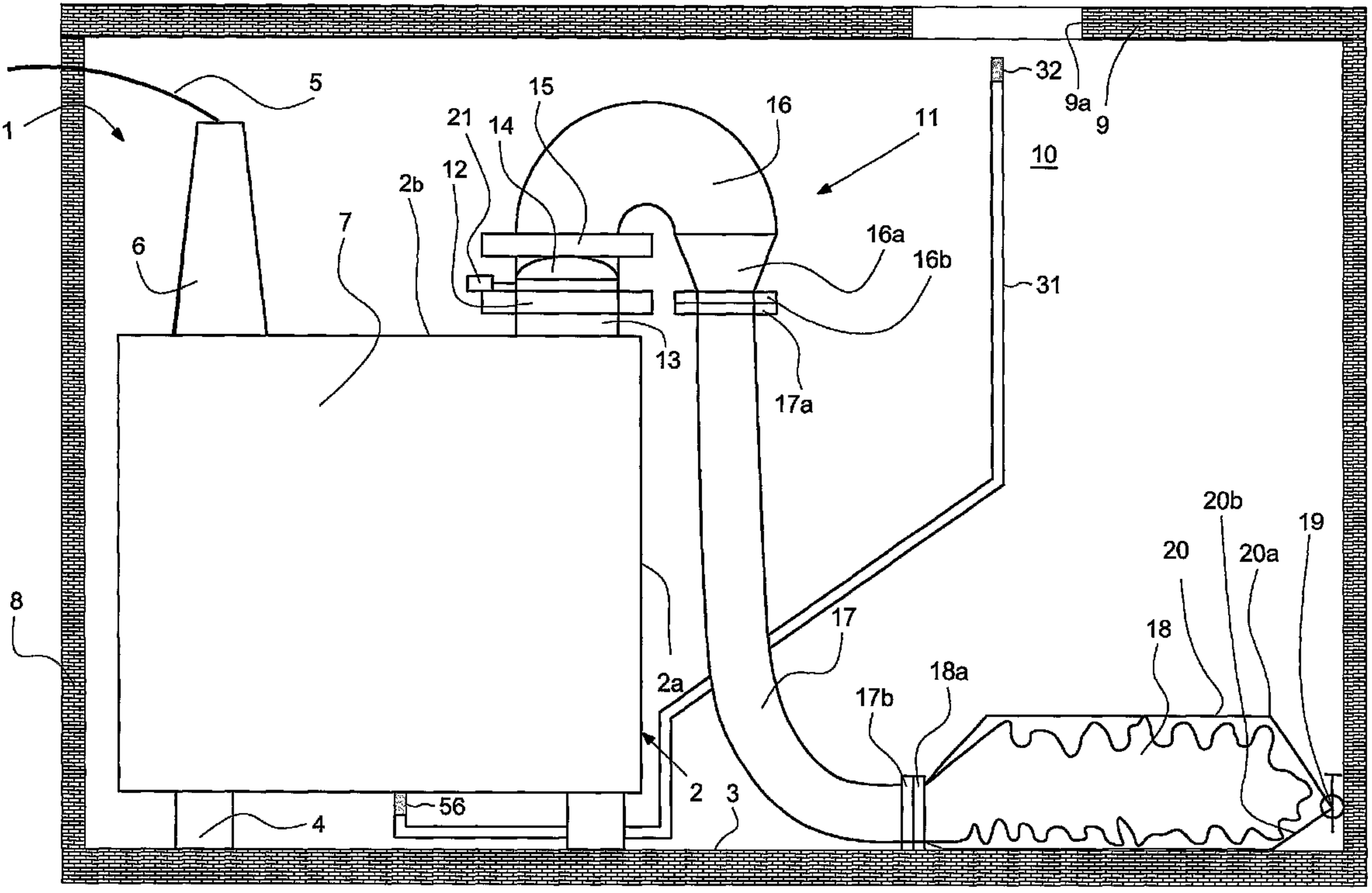


FIG.12




1
5
6
7
2b
12
21
14
15
16
11
16a
16b
13
17a
32
9a
9
10
31
8
2a
2
3
4
56
17
17b
18a
18
20
20b
20a
19