



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2009/02/27

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2010/04/17

(30) Priorité/Priority: 2008/10/17 (FR FR 08 57064)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C10G 1/00* (2006.01),
B04C 5/24 (2006.01)

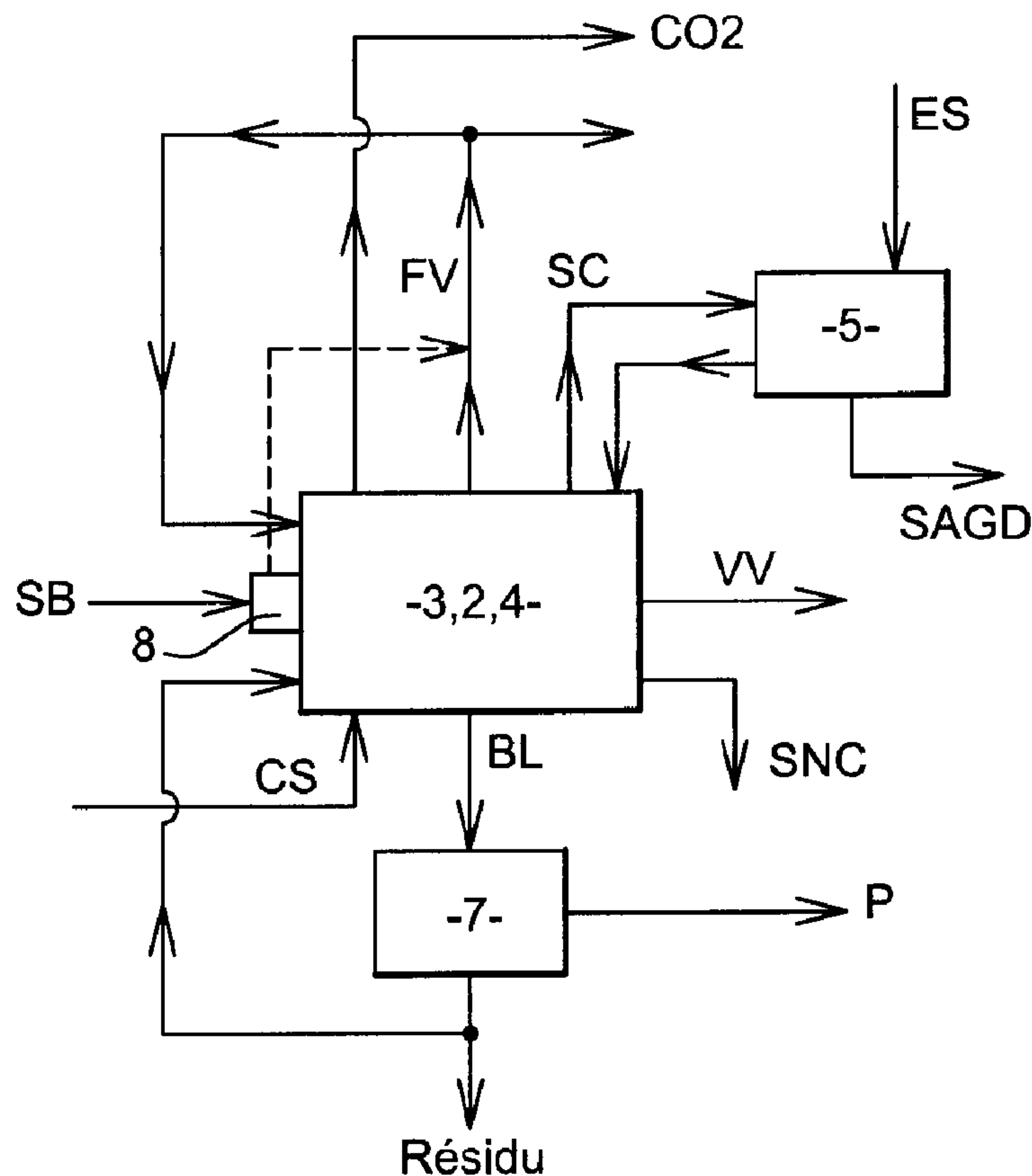
(71) Demandeur/Applicant:
MORIN, JEAN-XAVIER, FR

(72) Inventeur/Inventor:
MORIN, JEAN-XAVIER, FR

(74) Agent: BROUILLETTE & ASSOCIES/PARTNERS

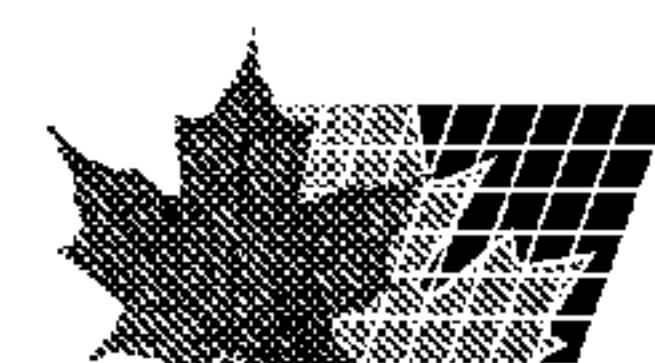
(54) Titre : PROCÉDE DE TRAITEMENT DE SABLES OU DE SCHISTES BITUMINEUX ET DISPOSITIF
CORRESPONDANT

(54) Title: METHOD AND CORRESPONDING DEVICE FOR TREATING TAR SANDS OR OIL SHALES



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un procédé de traitement de sables ou de sables bitumineux (SB) consistant à chauffer les sables ou les schistes bitumineux dans un réacteur (2) au moyen de solides chauds issus d'une chaudière (3), ledit réacteur étant équipé d'un



(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

dispositif de séparation (4) des solides et les résidus solides (RS) dudit réacteur étant réinjectés dans ladite chaudière (3). Selon l'invention, ladite chaudière (3) est un lit fluidisé rapide équipé d'un dispositif de capture du dioxyde de carbone (CO₂) et en ce que le bitume est fondu à l'état liquide dans ledit réacteur (2), ledit dispositif de séparation (4) étant un dispositif de séparation des solides et du bitume liquide

ABREGE

L'invention concerne un procédé de traitement de sables ou de sables bitumineux (SB) consistant à chauffer les sables ou les schistes bitumineux dans un réacteur (2) au moyen de solides chauds issus d'une chaudière (3), ledit réacteur étant équipé d'un dispositif de séparation (4) des solides et les résidus solides (RS) dudit réacteur étant réinjectés dans ladite chaudière (3).

Selon l'invention, ladite chaudière (3) est un lit fluidisé rapide équipé d'un dispositif de capture du dioxyde de carbone (CO₂) et en ce que le bitume est fondu à l'état liquide dans ledit réacteur (2), ledit dispositif de séparation (4) étant un dispositif de séparation des solides et du bitume liquide

Figure à publier : figure 1.

PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DE SABLES OU DE SCHISTES BITUMINEUX ET DISPOSITIF CORRESPONDANT

5 L'invention concerne un procédé de traitement de sables ou de schistes bitumineux et un dispositif correspondant.

Les sables bitumineux de l'Alberta au Canada représentent des réserves en pétrole équivalentes à celles de l'Arabie Saoudite. Mais cette exploitation classique est complexe et s'effectue à ce jour par voie minière suivie d'un lavage à
10 l'eau chaude qui sert à séparer le sable du bitume. Cette exploitation présente d'énormes inconvénients tout d'abord en terme d'eau consommée dont la quantité requise n'est pas disponible avec les ressources naturelles locales pour une exploitation à grande échelle puis en terme d'effluents liquides qui sont contaminés par des substances toxiques et qui sont stockés sans traitement dans
15 des retenues artificielles. Enfin la production d'énergie pour le traitement de ce bitume exige des quantités gigantesques de gaz naturel, soit l'équivalent des réserves de gaz naturel du delta du Mac Kenzie pour le cas des gisements de sables bitumineux de l'Alberta. Une alternative technologique en développement est le SAGD (« Steam Assisted Gravity Draining ») qui permet d'exploiter les
20 couches profondes de sables bitumineux mais requiert l'injection dans le sous sol de quantités très importantes de vapeur d'eau avec un ratio de deux sur un entre vapeur et bitume.

Plusieurs aspects sont à résoudre, à savoir tout d'abord pouvoir traiter sans consommation d'eau les sables bitumineux qui sont constitués par un
25 mélange intime de bitume, de sable et d'eau avec des composés toxiques et en conséquent pouvoir traiter ces sables bitumineux sans production d'effluents liquides toxiques comme pour la voie classique.

Le document de brevet US 4 430 195 propose un procédé de traitement de sables bitumineux consistant à introduire les sables bitumineux dans un
30 réacteur à lit fluidisé alimenté en sables chauds tout d'abord évacués de ce

réacteur et ensuite chauffés à haute température au moyen d'un foyer de type tubulaire vertical associé. Ce foyer est équipé d'un cyclone de séparation de l'air et des gaz de combustion qui sont soit rejetés à l'atmosphère soit destinés à produire de la vapeur afin d'alimenter le réacteur à lit fluidisé circulant. Le bitume évaporé
5 dans le réacteur à lit fluidisé est ensuite dépoussiéré dans un cyclone, avant d'être séparé en fractions.

L'invention propose un procédé de traitement des sables bitumineux qui soit plus adapté à un traitement sans émission de dioxyde de carbone à l'atmosphère, qui assure la production de bitume pouvant être transportable par
10 pipeline sans diluant additionnel à partir du site d'extraction des sables vers des raffineries et qui permette de plus de produire de l'énergie en particulier de l'électricité.

Le procédé de traitement selon l'invention peut également être mis en œuvre pour traiter des schistes bitumineux avec les mêmes avantages.

15 Pour ce faire, l'invention propose un procédé de traitement de sables ou de schistes bitumineux consistant à chauffer les sables ou les schistes bitumineux dans un réacteur au moyen de solides chauds issus d'une chaudière, en un point dit de soutirage, ledit réacteur étant équipé d'un dispositif de séparation des solides et les résidus solides dudit réacteur étant réinjectés dans ladite chaudière,
20 caractérisé en ce que ladite chaudière est un lit fluidisé rapide équipé d'un dispositif de capture du dioxyde de carbone et en ce que le bitume est fondu à l'état liquide dans ledit réacteur, ledit dispositif de séparation étant un dispositif de séparation des solides et du bitume liquide.

L'invention proposée permet d'éviter le chauffage et le traitement
25 classique du bitume par eau chaude en utilisant la caractéristique fondamentale des sables ou des schistes bitumineux de contenir du sable ou du schiste qui est utilisé comme solide chaud caloporteur pour fondre les sables ou les schistes bitumineux avant d'être séparé du bitume.

Grâce à l'invention, il peut être réalisé des installations modulaires dont les
30 coûts d'installation sont impactés par les conditions climatiques extrêmes.

Le résidu de l'adoucissement du bitume avant exportation vers des raffineries est utilisé comme combustible de production d'énergie.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé, caractérisé en ce que ledit réacteur est un réacteur mélangeur incliné
5 vers le bas, à écoulement gravitaire.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé, caractérisé en ce que ledit réacteur comporte une pluralité de tubes sensiblement verticaux dans lesquels sont introduits les sables ou schistes bitumineux ou des solides chauds issus du dit point de soutirage, le reste de
10 l'espace du réacteur étant rempli d'une circulation des solides chauds issus du dit point de soutirage ou des sables ou schistes bitumineux.

L'invention est décrite ci-après à l'aide de figures ne représentant que des modes de réalisation préférés de l'invention.

La figure 1 illustre le procédé de traitement de sables bitumineux
15 conforme à l'invention.

La figure 2 est une vue en coupe verticale d'un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé, selon un premier mode de réalisation conforme à l'invention.

La figure 3 une vue en coupe verticale de détail d'un dispositif pour la
20 mise en œuvre de ce procédé, selon une variante de ce premier mode de réalisation conforme à l'invention.

La figure 4A est une vue en coupe verticale selon IV-IV de la figure 4B.

La figure 4B est une vue en coupe horizontale selon V-V de la figure 2.

La figure 5A est une vue en coupe verticale d'une buse de fluidisation,
25 partie de l'invention.

Les figures 5B et 5C sont des vues de dessus de cette buse de fluidisation, selon deux variantes de réalisation.

Les figures 6A et 6B sont des vues en coupe verticale d'un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé, selon un second mode de réalisation conforme à
30 l'invention.

Les figures 7A et 7B sont des vues en coupe longitudinale et transversale d'un rebouilleur pour la mise en œuvre de ce procédé, selon un premier mode de réalisation conforme à l'invention.

Les figures 8A et 8B sont des vues en coupe longitudinale et transversale
5 d'un rebouilleur pour la mise en œuvre de ce procédé, selon un second mode de réalisation conforme à l'invention.

Comme représenté sur les figures 1 et 2, l'invention propose un procédé de traitement de sables bitumineux consistant à chauffer les sables bitumineux SB après émottage et éventuel pré-séchage 8, dans un réacteur mélangeur 2 au
10 moyen de solides chauds issus d'une chaudière 3, en un point dit de soutirage 4S.

Dans le cas où la teneur en humidité des sables bitumineux est supérieure à 20 %, il est économique de sécher préalablement les sables, avant leur traitement. Sinon cette évaporation est mélangée aux fractions volatiles issues du traitement, ce qui augmente la taille de l'unité de traitement et rend plus difficile
15 la valorisation de ces effluents gazeux combustibles FV, partiellement autoconsommés par la chaudière.

Ce pré-séchage 8 peut s'effectuer :

- en tambour tournant possédant des profilés internes d'émottage, le chauffage étant réalisé par une double enveloppe chauffée ;
- 20 - un lit mobile type échangeurs à baïonnette ;
- un lit fluidisé à pluie de particules ;
- préférablement une série d'échangeurs cyclones à passage direct et interconnectés.

La chaudière 3 est un lit fluidisé rapide équipé d'un dispositif de capture
25 du dioxyde de carbone CO₂ et comporte au moins un foyer à lit fluidisé 3A équipé d'un dispositif de séparation 3B de type cyclone de séparation des solides et des gaz traités pour la production d'énergie, une conduite de retour des solides 3C en sortie de ce séparateur 3B vers le foyer 3A comportant un tronçon en forme de U 3D formant siphon et les solides sont soutirés dans cette conduite, au niveau de

ce tronçon en U, avec contrôle de leur débit. Les solides ont à ce point une température comprise entre 600 et 900°C.

La chaudière 3 à lit fluidisé rapide selon l'invention est adaptée pour prendre avantage des débits de solides en circulation, environ 15000 tonnes/heure pour une chaudière de 250 MWe qui utilise 120 t/h de combustible. Ceci est à comparer pour une unité de 200 000 barils/jour de bitume soit 1358 m³/heure de bitume ou encore 9055 m³/h de sables bruts contenant 16,3 % de bitume. Soit 7000 tonnes/ heure de sables bitumineux à réchauffer de -20 ° à 400 °C. On voit que les ordres de grandeur des débits de solides en circulation dans la chaudière à lit fluidisé rapide et des débits de sables à traiter sont compatibles mais exigent une chaudière de conception particulière puisque la puissance nécessaire au réchauffage de bitume remplace la puissance de réchauffage d'eau alimentaire et de vaporisation dans une boucle circulante classique où en particulier foyer et cyclone sont pourvus de parois tubées de circulation d'eau. Cette chaudière ne comporte pas de surchauffe ni de resurchauffe comme dans les centrales classiques, mais produit uniquement de l'émulsion eau vapeur dans sa partie arrière en aval du ou des cyclone(s) 3B et est dépourvue de parois tubées et d'échangeurs complémentaires. Cette émulsion eau vapeur est précisément requise par la technologie SAGD, ce qui met en valeur la complémentarité des fonctions de la chaudière.

Le combustible CS alimentant cette chaudière à lit fluidisé rapide, qui produit non seulement de la vapeur procédé mais aussi de la vapeur énergie, est du type coke de pétrole CP issu de la conversion ultime du bitume produit, mais est constitué aussi par les dépôts carbonés accumulés sur les sables après fusion et séparation du bitume. Ces dépôts carbonés sont éliminés par un recyclage final des solides RS traités dans le foyer de la chaudière avant leur extraction de la boucle circulante, afin de n'extraire que des solides non contaminés SNC.

Pour capturer in situ le CO₂ dégagé, la chaudière 3 à lit fluidisé rapide peut fonctionner selon différents modes :

- en combustion à l'air suivie d'une post capture de CO₂,

- en combustion à l'air enrichi suivie d'une post capture de CO₂,
- en combustion à l'oxygène et fumées recyclées riches en CO₂,
- ou sur soutirage de solides d'une boucle de cycle thermochimique.

Le bitume est fondu à l'état liquide dans le réacteur mélangeur 2 qui est
5 équipé d'un dispositif de séparation 4 des solides RS et du bitume liquide BL, de
préférence un hydro-cyclone ou une cascade d'hydro-cyclones disposés en amont
du réacteur mélangeur 2 et les résidus solides RS du réacteur mélangeur sont
réinjectés dans la chaudière 3A.

Les gaz G issus du lit fluidisé rapide assurent la production de vapeur. La
10 vapeur vive VV permet la production d'électricité.

La chaudière 3 à lit fluidisé rapide assure la production de vapeur FV
saturée/émulsion dont une fraction est injectée sur un site d'exploitation par
SAGD des sables bitumineux, afin de fluidifier le bitume de ces sables en couches
profondes. La qualité de l'eau récupérée pose un problème, car le SAGD
15 fonctionne en vapeur perdue et l'eau récupérée est absolument impropre à une
utilisation d'eau chaudière compte tenu des teneurs en impuretés du type silice,
oxydes de fer et traces d'hydrocarbures. Une autre fraction est utilisée par la
chaudière 3A en tant qu'autoconsommation de gaz de combustion.

Le traitement des eaux résiduelles est réalisé au moyen d'un rebouilleur 5
20 représenté sur les figures 7 ou 8. Ce rebouilleur 5 comporte des tubes 5A droits,
horizontaux comme illustrés sur les figures 7A et 7B ou verticaux comme illustrés
sur les figures 8A et 8B, ramonables, parcourus à leur intérieur par l'eau chargée
récupérée ES, de façon à vaporiser cette eau chargée par soit de la vapeur, soit
de l'émulsion, alimentée à l'extérieur des tubes par des solides caloporteurs SC à
25 température contrôlée qui offrent un fort coefficient de transfert par
convection/rayonnement qui est cinq à huit fois plus élevés que du gaz, ce qui
augmente la compacité de tels dispositifs de productions de vapeur.

Les échangeurs tubulaires 5A de ces évaporateurs d'eau chargée sont
donc soit horizontaux soit verticaux et présentent un passage droit permettant de

les nettoyer périodiquement de leurs dépôts internes. Ces échangeurs peuvent être arrangés en modules élémentaires de paquets de tubes.

Le bitume liquide BL est décanté au moyen d'un compartiment fluidisé à chaud 7A, en aval du dispositif de séparation des solides et du bitume liquide 4. Le bitume liquide est ensuite soumis à un traitement 7, en aval du dispositif de séparation 4, d'où est extrait du pétrole brut adouci P, le résidu de ce traitement étant exporté en partie et réinjecté en partie dans le foyer 3A de la chaudière à lit fluidisé rapide.

Selon un premier mode de réalisation illustré sur la figure 2, le réacteur mélangeur 2 est un réacteur mélangeur incliné vers le bas, à écoulement gravitaire.

Selon une première variante de réalisation, ce réacteur mélangeur 2 est un lit fluidisé mobile pourvu de buses de fluidisation à éjection radiale qui seront décrites plus loin en référence aux figures 5A à 5C.

Un compartiment fluidisé de refroidissement 9 avec échangeur 9C est intercalé entre le point de soutirage 4S et le réacteur mélangeur à lit fluidisé mobile 2, afin d'assurer le contrôle de la température des solides. Les solides chauds soutirés au point de soutirage 4S sont introduits en sur-verse 9A et sous-verse 9B dans ce compartiment 9, afin d'ajuster la température des solides mélangés à une valeur suffisamment faible, de l'ordre de 400 à 600°C et d'éviter une cokéfaction indésirable. Ce compartiment 9 est pourvu d'un déversoir 9D de sortie des solides refroidis.

De ce compartiment 9, sont évacués des fractions volatiles et de l'humidité évaporée FV par un évent en partie haute.

Les sables bitumineux SB pulvérulents sont en aval de ce compartiment de refroidissement 9 introduits dans le réacteur mélangeur 2 incliné vers le bas, à écoulement gravitaire et formant, selon le mode de réalisation illustré sur la figure 2, un lit mobile de solides chauds, circulant dans une conduite inclinée vers le bas. Il y est réalisé une fusion progressive des sables introduits par incorporation avec les solides chauds provenant du compartiment 9.

La hauteur h de descente en lit mobile crée une charge hydrostatique permettant de compenser la perte de charge des hydro-cyclones 4 disposés en aval et au bas desquels sont récupérés les sables RS qui sont transférés encore chargés de dépôts de carbone dans le bas du foyer 3A du lit fluidisé rapide, et au
 5 sommet desquels est récupéré du bitume liquide BL.

Le bitume quant à lui est transféré dans le compartiment de décantation 7A fluidisé à chaud et à fond incliné puis vers le dispositif de traitement 7.

Pour améliorer le taux de séparation du ou des hydro-cyclone(s) 4, plusieurs voies sont possibles :

- 10 - pompage en amont des hydro-cyclones 7 avec l'inconvénient des charges en sables qui entraînent une érosion des pompes, d'où la nécessité d'une préchambre 6 chicanée de séparation gravitaire telle qu'illustrée sur les figures 4A et 4B,
- pressurisation du foyer 3A jusque trois bars, ce qui augmente d'autant la
 15 perte de charge disponible pour les hydro-cyclones 7 par une mise en vitesse beaucoup plus élevée.

Selon une variante de réalisation, le réacteur mélangeur 2 est un tambour rotatif 2' à nervures internes de relevage, représenté sur la figure 3.

Ce réacteur mélangeur 2' à effet mécanique et écoulement gravitaire est
 20 constitué d'un tambour rotatif possédant des nervures internes 2'A de relevage des solides le parcourant , ce qui réalise le mélange intime des sables bitumineux SB et des solides chauds soutirés de la boucle circulante au point de soutirage 4S, et assure la fusion progressive du bitume contenu dans les sables.

Les figures 4A et 4B représente un mode de réalisation de la préchambre
 25 6 chicanée de séparation gravitaire, disposée en amont des hydro-cyclones 7.

Cette préchambre 6 est constituée d'une série de bacs adjacents 6 A à 6D disposés en quinconce, c'est-à-dire reliés par des ouvertures ou déversoirs 6E disposées en alternance sur les parois latérales de la chambre, afin de former un méandre de passage du mélange de sables et de bitume liquide qui y est introduit
 30 en sortie du réacteur mélangeur 2.

Ces bacs comportent tous un fond incliné en entonnoir d'extraction des sables ou résidus solides RS et sont pourvus d'injections de gaz de bullage 6F.

Les figures 5A à 5C représentent quant à elles une buse de fluidisation 10 telle que comporte le réacteur mélangeur 2 ainsi que le foyer 3A de la chaudière à 5 lit fluidisé rapide 3.

Ces buses de fluidisation doivent être capables de s'accommoder de fractions granulométriques grossières et fines, s'agissant de matériaux naturels. Le principe est de minimiser le nombre de ces buses qui comportent une éjection radiale du moyen de fluidisation, par exemple de l'air, grâce à une configuration 10 de disques superposés continus 10A à 10D comme représentées sur la figure 5B ou segmentés 10A' à 10D' comme représentées sur la figure 5C.

Chaque buse 10 comporte une entrée axiale 10E comportant une double enveloppe afin de créer un effet siphon et bloquer la remontée des solides vers l'entrée d'un moyen de fluidisation, sachant que les solides éventuellement 15 introduits sont chassés radialement par une sortie en lame formant des jets à haute vitesse modulée, cassant les mottes de sables éventuellement agglomérés.

Cette entrée assure le passage latéral du moyen de fluidisation à l'intérieur des disques 10A à 10D ou des segments de disques 10A' à 10D'.

Une rigole de collecte 10G de grosses particules introduites avec les sables 20 bitumineux est aménagée en bas des parois latérales du mélangeur 2 pour leur évacuation gravitaire et leur recyclage dans le foyer 3A de la chaudière 3 à lit fluidisé rapide.

Dans les modes de réalisation déjà décrits, il est réalisé dans le réacteur mélangeur 2 ou 2' un mélange direct des solides chauds soutirés de la chaudière 3 25 et des sables bitumineux.

Selon un autre mode de réalisation, la fusion du bitume est effectuée par contact indirect des solides chauds soutirés de la chaudière 3 et des sables bitumineux. Ce mode de réalisation est illustré sur les figures 6A et 6B.

Le réacteur 11, 12 utilisé et disposé en aval du compartiment de 30 refroidissement 9 est de type échangeur constitué de tubes verticaux de grand

diamètre avec un écoulement en lit mobile à débit contrôlé et comporte alors une pluralité de tubes 11A, 12A sensiblement verticaux dans lesquels sont introduits les sables bitumineux comme illustré sur la figure 6A ou les solides chauds provenant du compartiment de refroidissement 9 comme illustré sur la figure 6B, le reste de l'espace du réacteur 11, 12 étant rempli par une circulation des solides chauds provenant du compartiment de refroidissement 9 comme illustré sur la figure 6A ou des sables bitumineux SB comme illustré sur la figure 6B.

Les réacteurs 11, 12 comportent en amont des tubes verticaux 11A, 12A des répartiteurs 11C, 12C en forme de tubes ou barres horizontaux agencés sur au moins un niveau.

Selon la première variante représentées sur la figure 6A, où les sables bitumineux sont introduits dans les tubes verticaux 11A et le reste de l'espace du réacteur est rempli par une circulation des solides chauds caloporteurs provenant du compartiment fluidisé de refroidissement 9, des parois horizontales ou inclinées de moins de 45° 11B alternées assurent avantageusement une circulation en méandre des solides chauds caloporteurs. Les solides chauds caloporteurs sont évacués par une sortie latérale B et sont réinjectés dans le foyer 3A de la chaudière à lit fluidisé rapide. Le sable et le bitume fondu sont eux évacués par gravité par une sortie A axiale inférieure, pour être envoyés dans la préchambre 6 et les hydro-cyclones 4.

Selon la seconde variante représentées sur la figure 6B, où les solides caloporteurs sont introduits dans les tubes verticaux 12A et le reste de l'espace du réacteur est rempli par une circulation des sables bitumineux, des parois horizontales ou inclinées de moins de 45° alternées peuvent également être prévues pour assurer une circulation en méandre des sables bitumineux. Les sables et le bitume fondu sont évacués par une sortie latérale A' grâce à une paroi inclinée 12B formant le fond du réacteur 12 et sont envoyés dans la préchambre 6 et les hydro-cyclones 4. Les solides sont eux évacués par gravité par une sortie B' inférieure sous la paroi inclinée 12B traversée par les tubes 12 A et sont réinjectés dans le foyer 3A de la chaudière à lit fluidisé rapide.

Selon ces deux variantes de réalisation, la fusion indirecte des sables bitumineux s'effectue donc par échange de chaleur solides/solides.

L'installation conforme à l'invention est donc modulaire, locale et autonome en énergie et permet la production de pétrole brut conventionnel à
5 partir de sables bitumineux tout en assurant la production d'électricité et de vapeur destinée à une exploitation SAGD voisine et tout en assurant la capture du dioxyde de carbone.

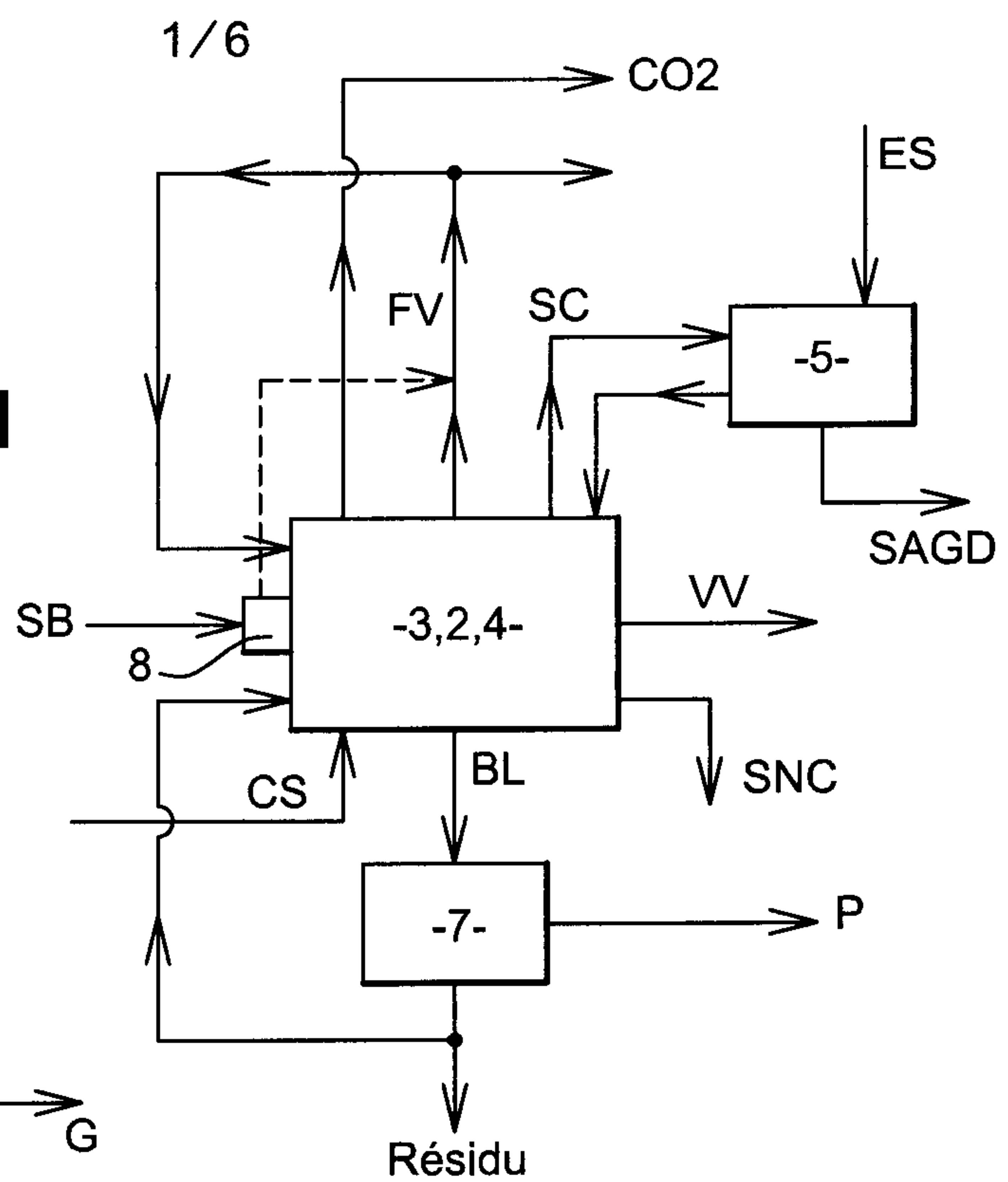
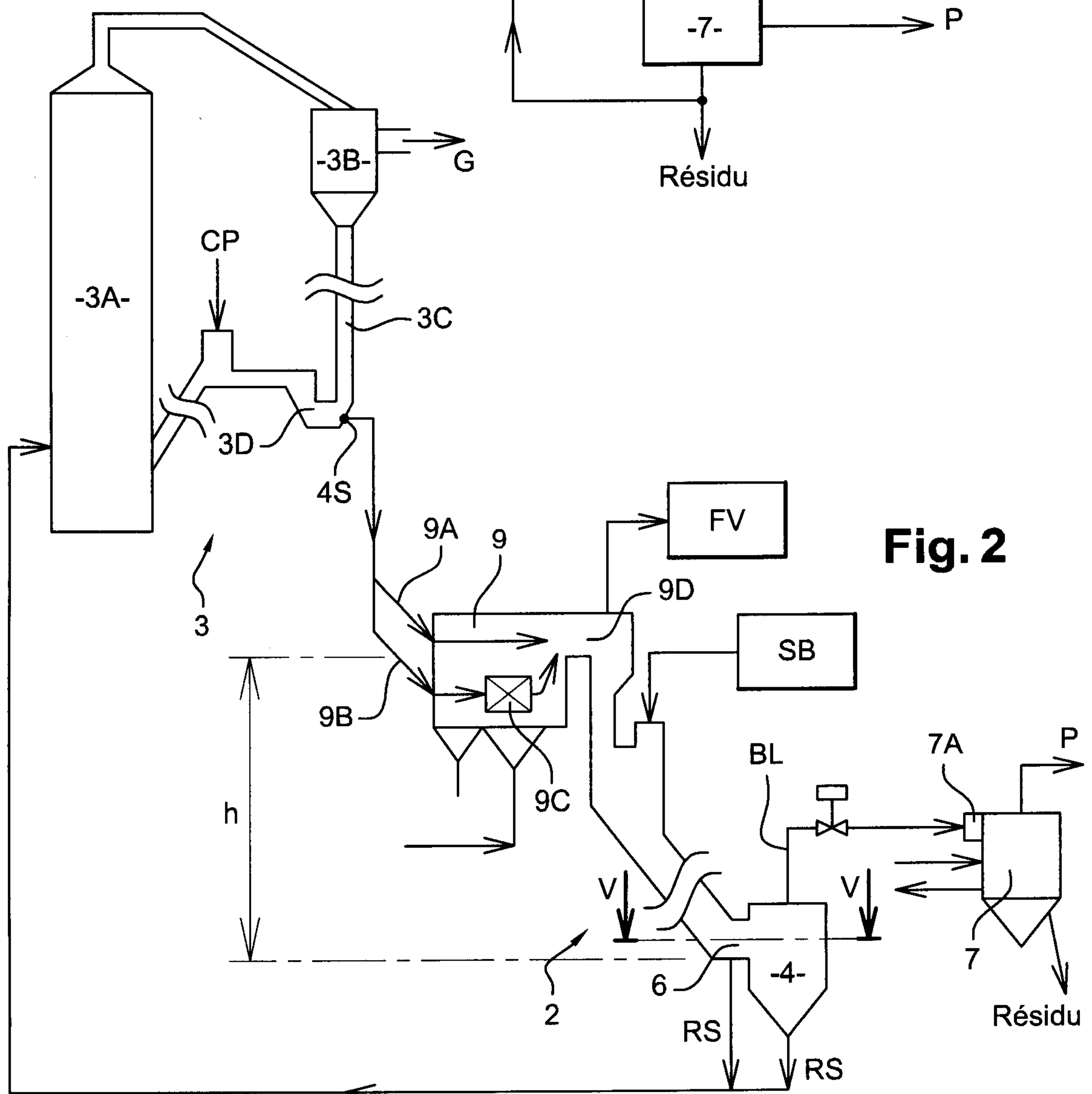
L'invention est précédemment décrite en tant que procédé de traitement de sables bitumineux. Ce procédé de traitement et le dispositif correspondant
10 peuvent également être mis en œuvre pour traiter des schistes bitumineux avec les mêmes avantages, hors les applications SAGD spécifiques aux sables bitumineux.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de sables ou de schistes bitumineux (SB) consistant
5 à chauffer les sables ou les schistes bitumineux dans un réacteur (2, 2', 11, 12) au moyen de solides chauds issus d'une chaudière (3), en un point dit de soutirage (4S), ledit réacteur étant équipé d'un dispositif de séparation des solides (4, 6) et les résidus solides (RS) dudit réacteur étant réinjectés dans ladite chaudière (3), caractérisé en ce que ladite chaudière (3) est un
10 lit fluidisé rapide équipé d'un dispositif de capture du dioxyde de carbone (CO₂) et en ce que le bitume est fondu à l'état liquide dans ledit réacteur (2, 2', 11, 12), ledit dispositif de séparation (4, 6) étant un dispositif de séparation des solides et du bitume liquide.
2. Procédé selon la revendication précédente, ladite chaudière comportant au
15 moins un foyer (3A) à lit fluidisé équipé d'un dispositif de séparation (3B) des solides et des gaz traités pour la production d'énergie et d'une conduite de retour (3C) des solides en sortie de ce séparateur vers le foyer, caractérisé en ce que lesdits solides sont soutirés dans ladite conduite (3C).
3. Procédé de traitement de sables bitumineux selon la revendication
20 précédente, lesdits gaz assurant la production de vapeur, caractérisé en ce que cette vapeur est transmise à un site d'exploitation par SAGD des sables bitumineux, afin de fluidifier le bitume de ces sables en couches profondes.
4. Procédé de traitement de sables bitumineux selon la revendication 2 ou 3,
25 lesdits gaz assurant la production de vapeur, caractérisé en ce que cette vapeur est transmise à un dispositif de traitement des eaux résiduelles (5) d'un site d'exploitation par SAGD des sables bitumineux.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les sables ou les schistes bitumineux (SB) sont pré-séchés (8) avant leur introduction dans ledit réacteur.
- 5 6. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit réacteur est un réacteur mélangeur (2, 2') incliné vers le bas, à écoulement gravitaire.
7. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le dit réacteur mélangeur est un lit fluidisé mobile (2).
- 10 8. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit réacteur mélangeur à lit mobile est pourvu de buses (10) à éjection radiale.
9. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dit réacteur mélangeur est un tambour rotatif (2') à nervures internes de relevage.
- 15 10. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit réacteur (11, 12) comporte une pluralité de tubes (11A, 12A) sensiblement verticaux dans lesquels sont introduits les sables ou schistes bitumineux ou des solides chauds issus du dit point de soutirage, le reste de l'espace du réacteur étant rempli d'une circulation des solides chauds issus du dit point de soutirage ou des sables ou schistes bitumineux.
- 20 11. Dispositif selon l'une des revendications 6 à 10, caractérisé en ce qu'un compartiment fluidisé de refroidissement (9) avec échangeur est intercalé entre ledit point de soutirage (4S) et ledit réacteur mélangeur (2, 2', 11, 12).
- 25 12. Dispositif selon l'une des revendications 6 à 11, caractérisé en ce que ledit dispositif de séparation des solides du dit réacteur est au moins un hydro-cyclone (4), disposé en amont du dit réacteur (2, 2', 11, 12).

13. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'une préchambre de séparation (6) gravitaire des solides et du bitume liquide est disposée en amont du dit hydro-cyclone (4).

Fig. 1**Fig. 2**

2 / 6

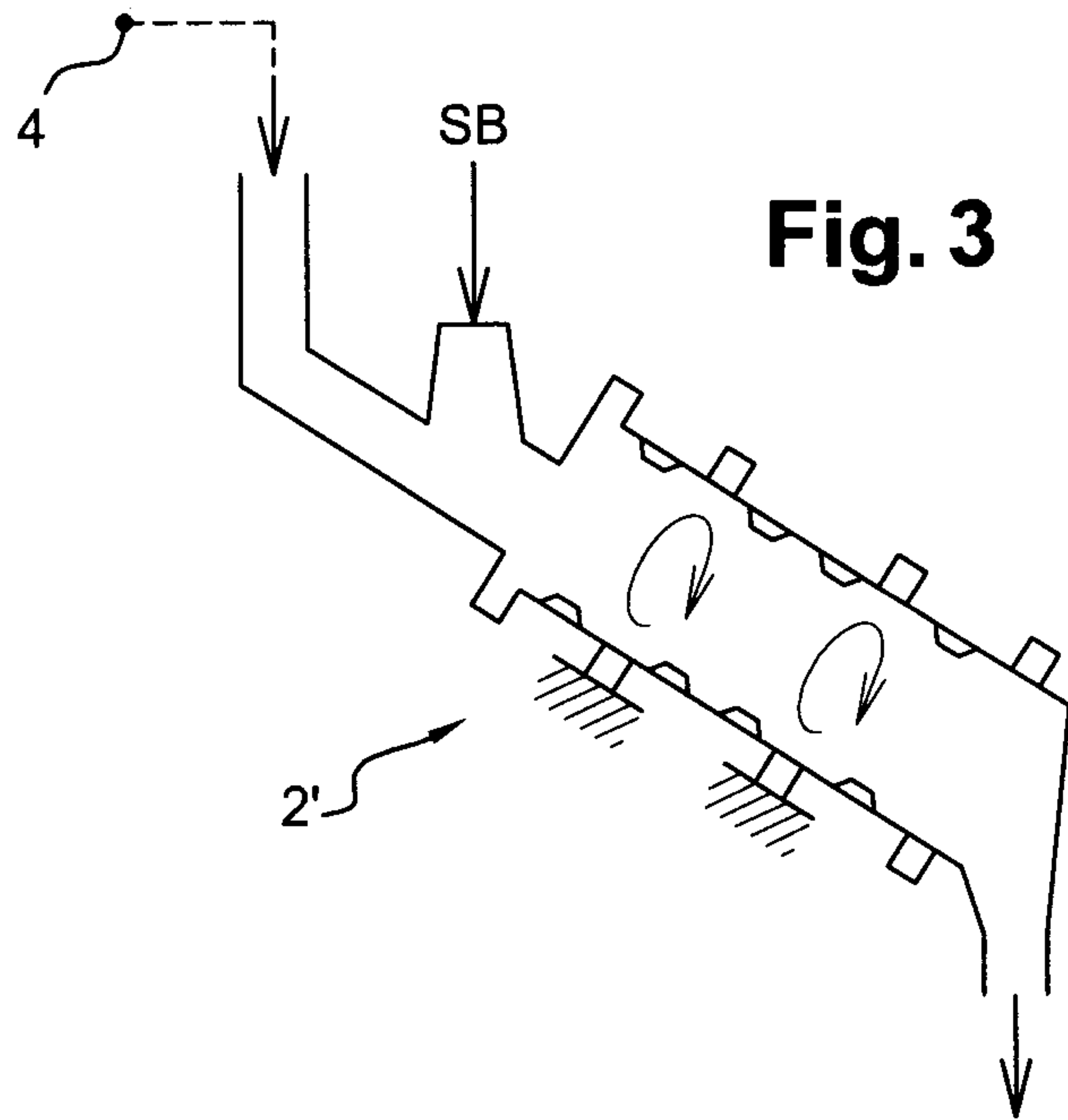


Fig. 3

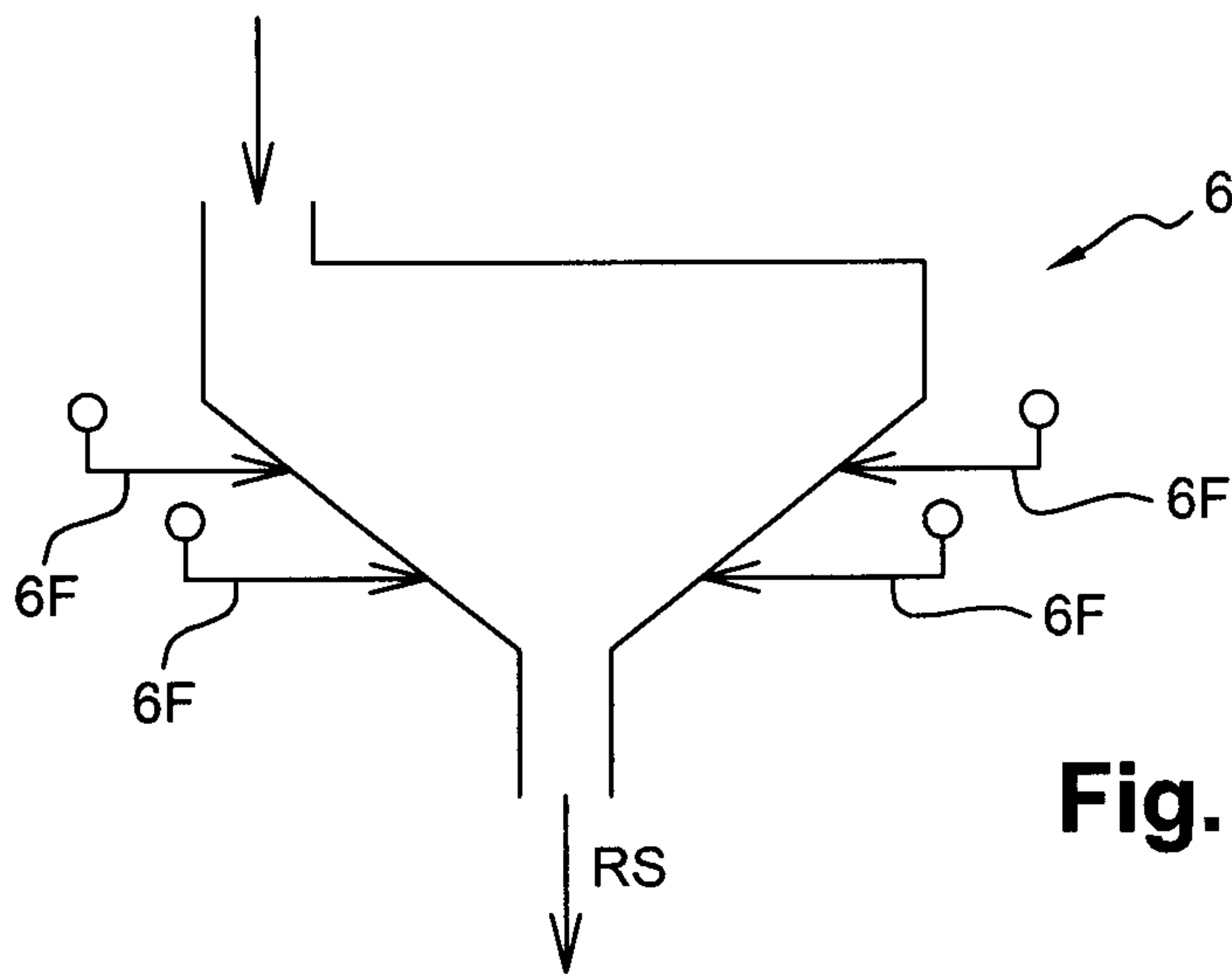


Fig. 4A

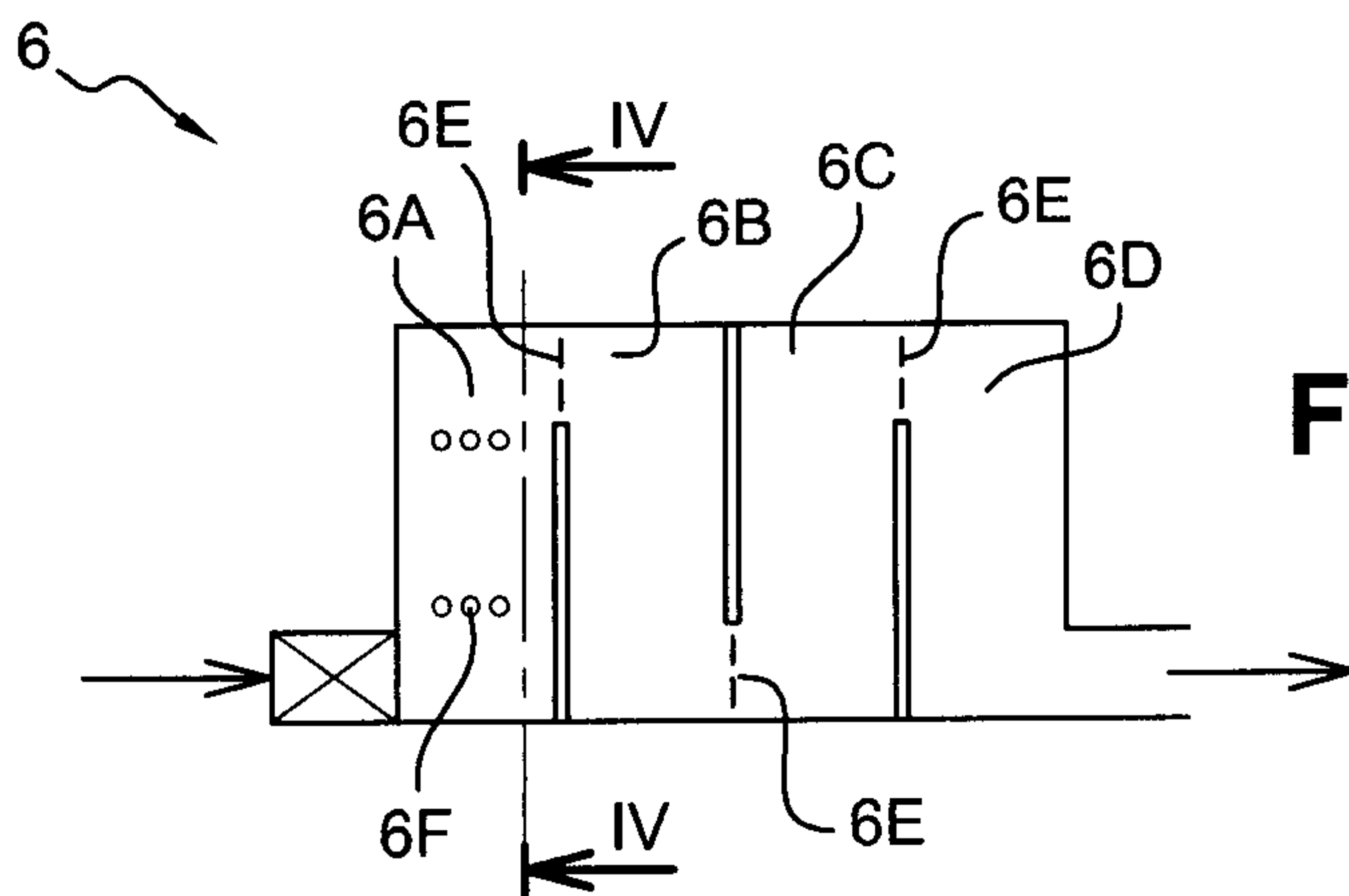
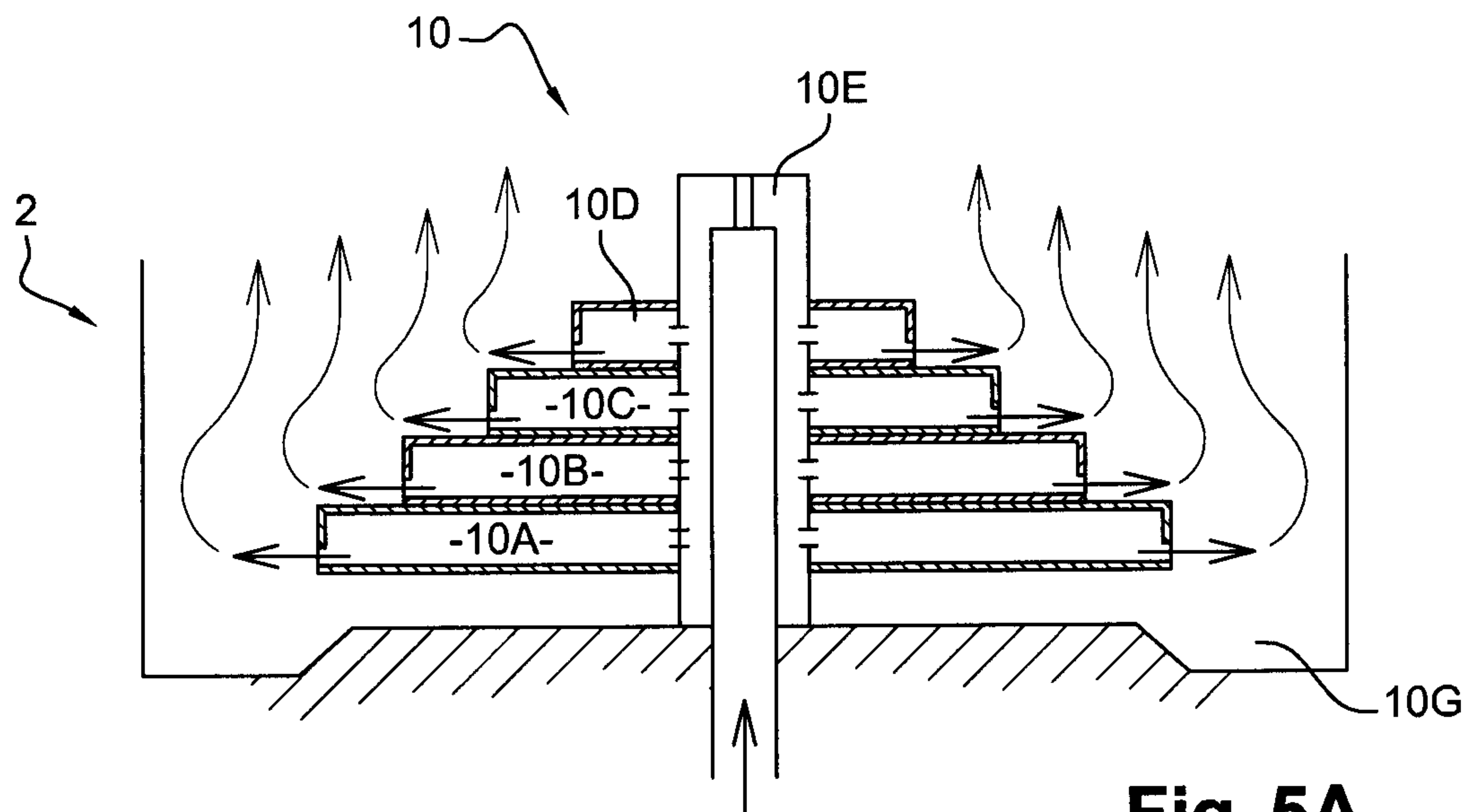
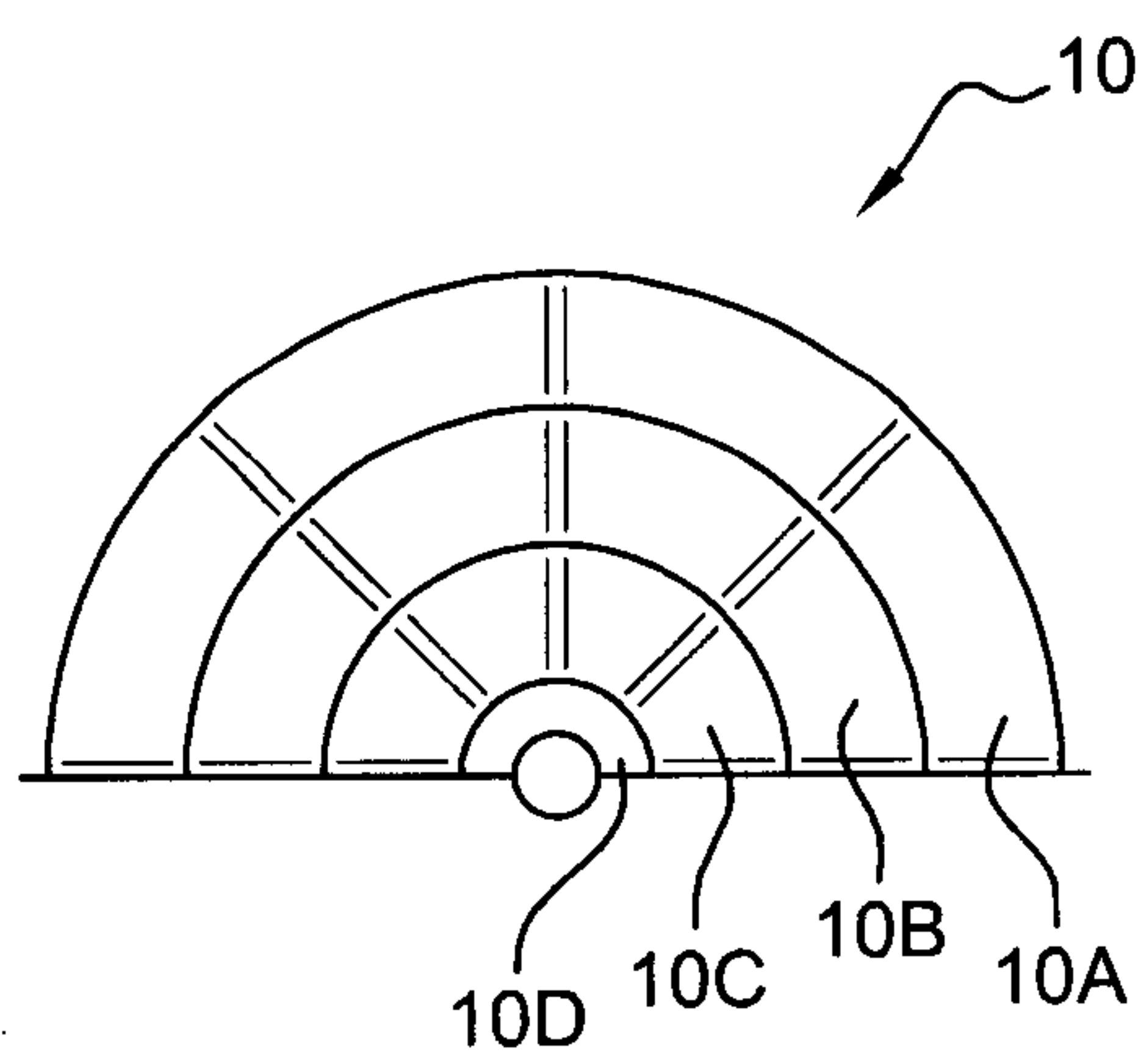
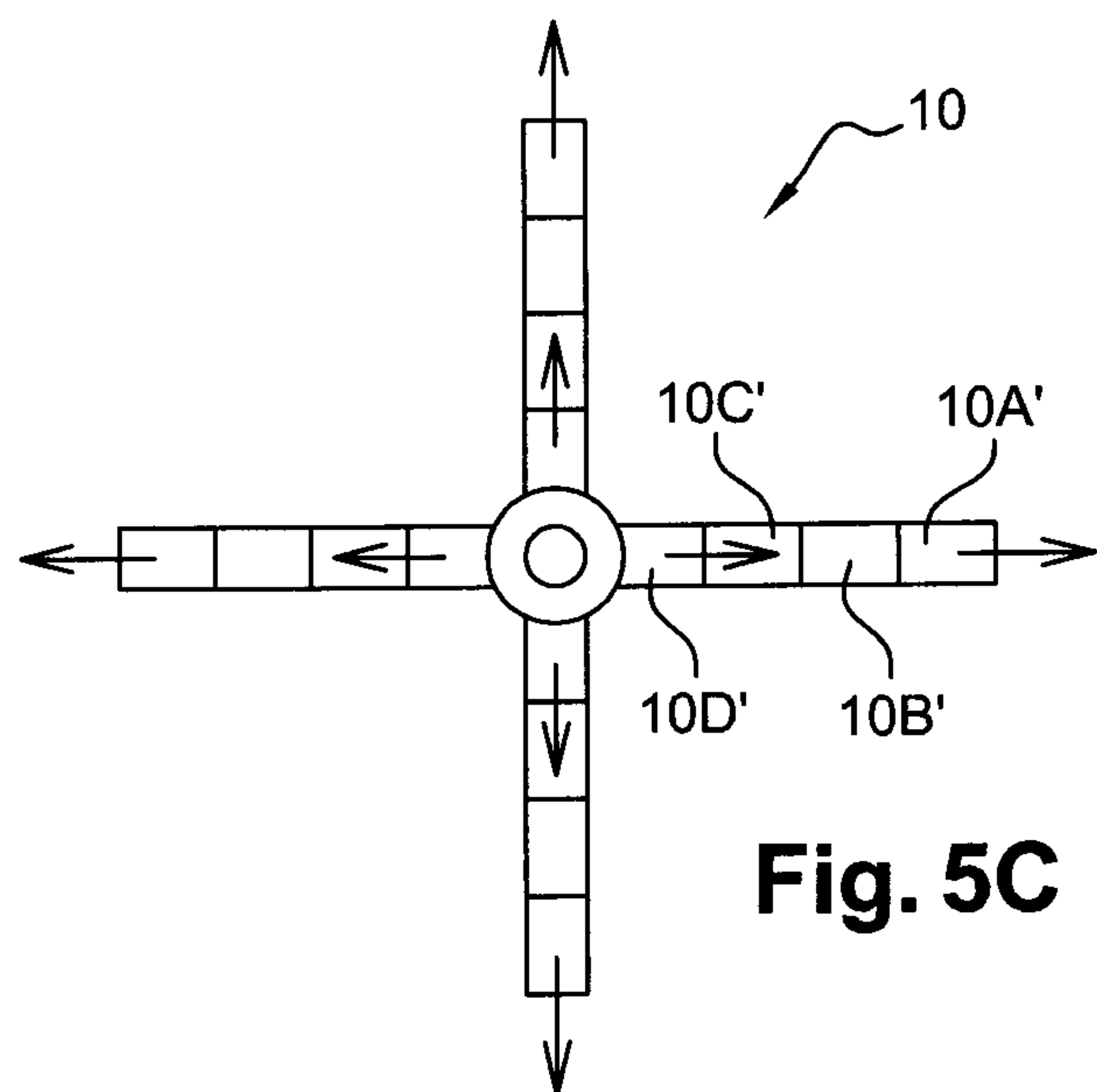


Fig. 4B

3 / 6

**Fig. 5A****Fig. 5B****Fig. 5C**

4 / 6

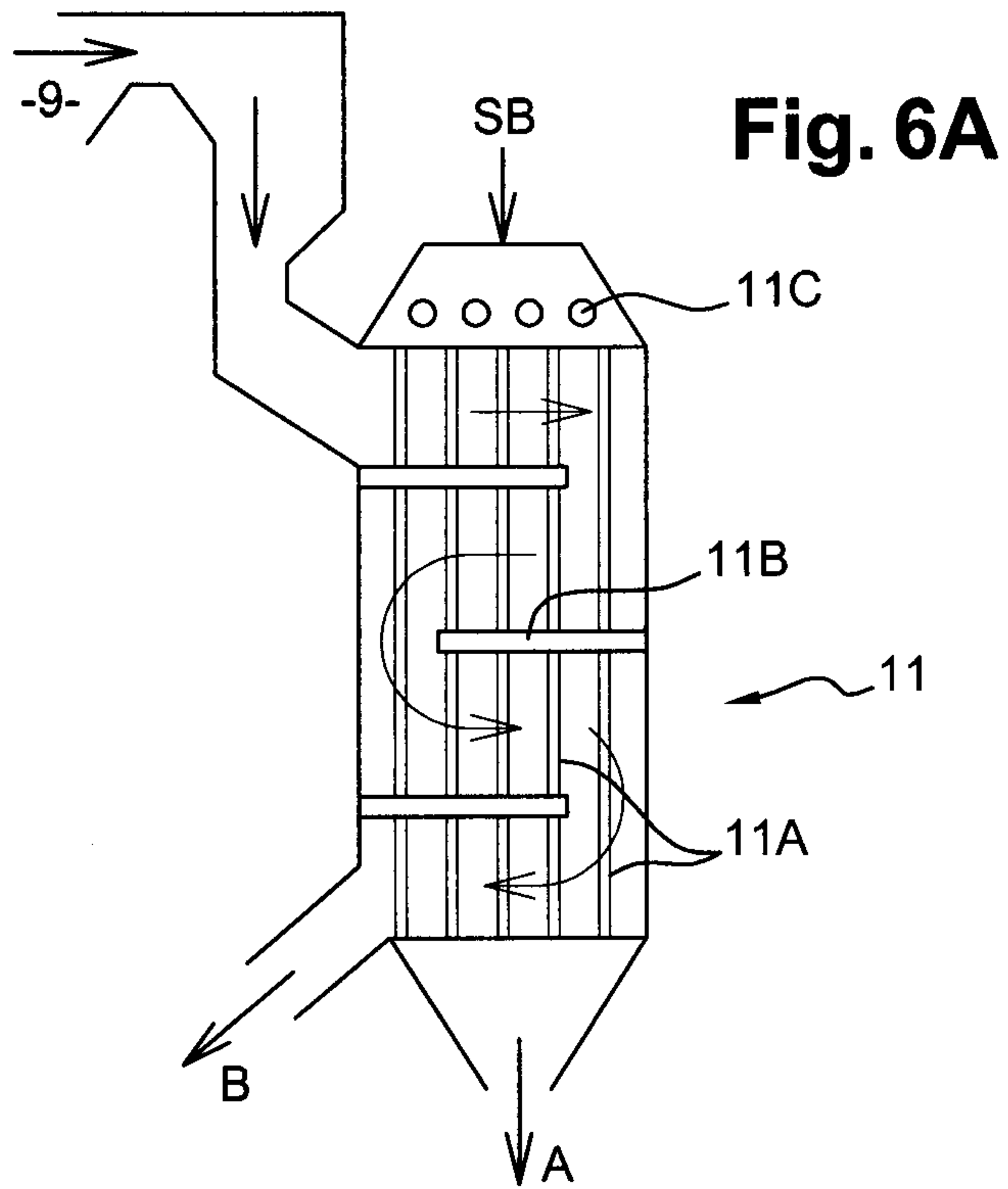
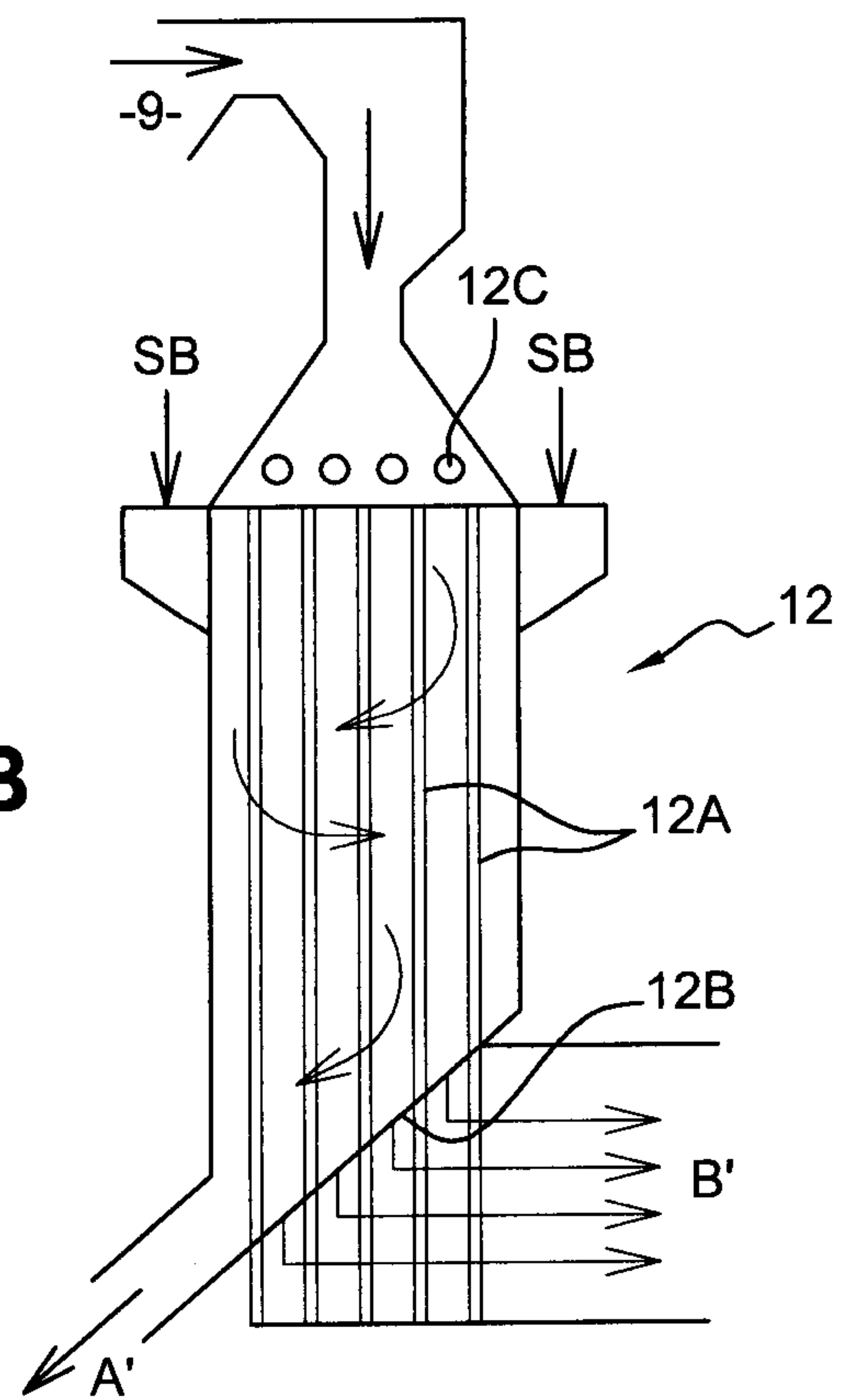


Fig. 6B



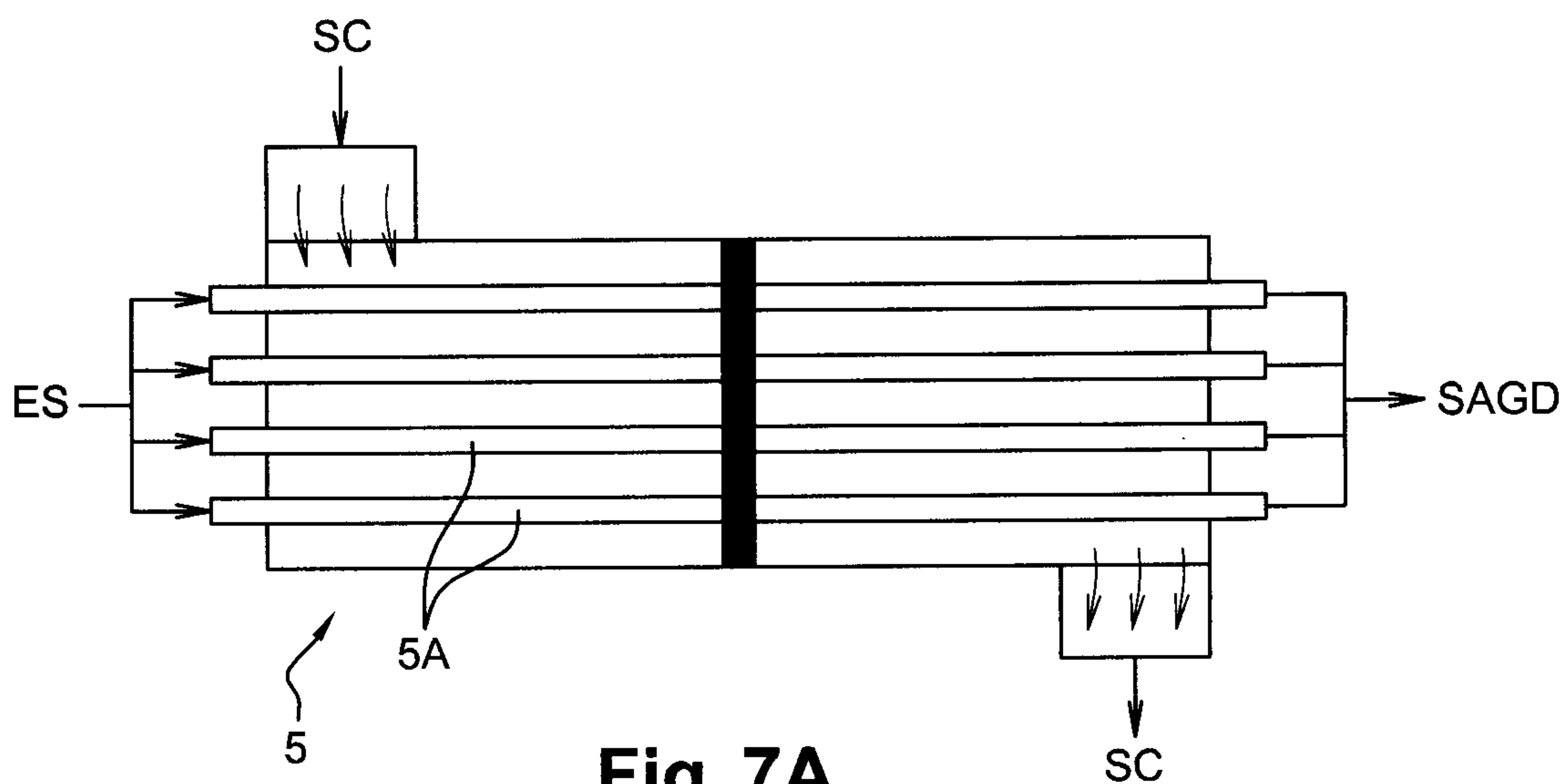


Fig. 7A

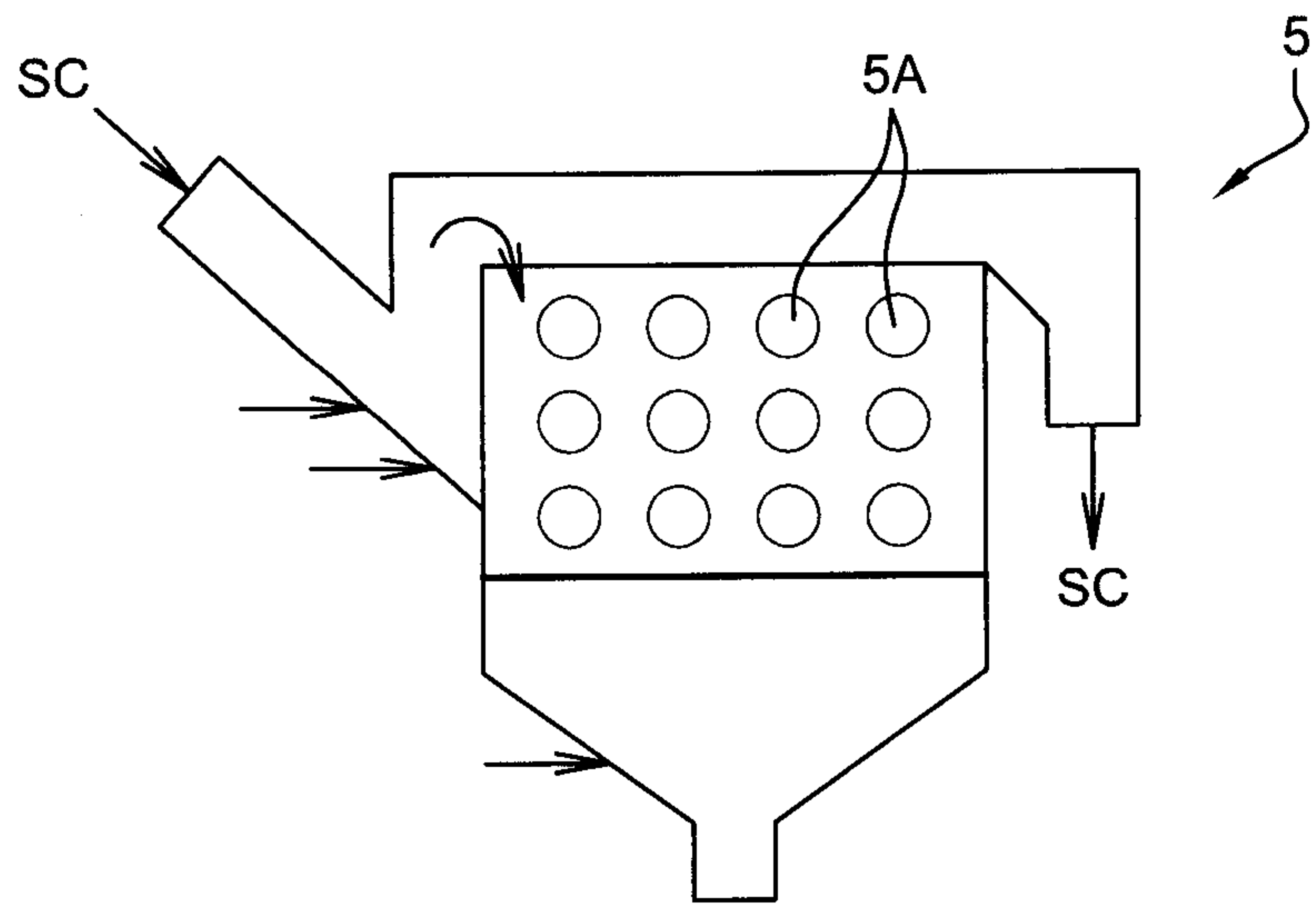


Fig. 7B

