

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫ Date de dépôt : 28.02.92.

⑬ Priorité : 05.03.91 DE 4106895.

⑭ Date de la mise à disposition du public de la demande : 11.09.92 Bulletin 92/37.

⑮ Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑯ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑰ Demandeur(s) : DORNIER GMBH — DE.

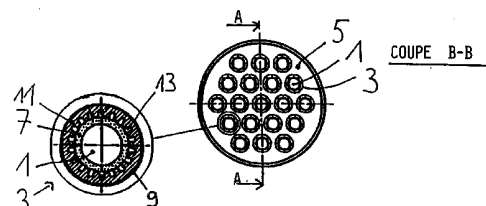
⑱ Inventeur(s) : Nigsch Harald et Wiederspohn
Friedhelm.

⑲ Titulaire(s) :

⑳ Mandataire : Cabinet Nony & Cie.

② Séparateur fonctionnant en apesanteur.

③ Séparateur à membrane fonctionnant de manière efficace en apesanteur pour la dissociation d'un mélange de vapeur d'eau et d'un gaz inerte, le mélange parcourant des canaux (1) dont la surface intérieure est constituée par une membrane hydrophile refroidie à micropores sur laquelle la vapeur d'eau est condensée. Les canaux (1) s'étendent à l'intérieur d'un ou de plusieurs volumes d'eau de séparation (13) dans lesquels pénètre la vapeur d'eau condensée. Les volumes d'eau de séparation (13) sont entourés d'un volume de liquide de refroidissement (5), de sorte que le refroidissement de la membrane (7) est obtenu par conduction de chaleur par l'intermédiaire du refroidissement des volumes d'eau de séparation (13).



Séparateur fonctionnant en apesanteur

5 L'invention concerne un séparateur qui fonctionne également de manière efficace en apesanteur (conditions zéro g).

Pour des piles à combustible montées fixes, l'eau produite issue de la combustion d'oxygène et d'hydrogène est évacuée de la pile sous forme de vapeur par l'intermédiaire d'un circuit d'hydrogène séparé. Le chargement de l'hydrogène avec de la vapeur d'eau se situe alors, de manière analogue à l'air atmosphérique humide, dans la plage de 50 % à 90 % d'humidité relative.

10 Pour que l'hydrogène conduit en circuit puisse toujours absorber de la vapeur d'eau nouvelle, il est nécessaire d'installer en aval des piles un séparateur qui réduit la proportion absolue de vapeur d'eau en fonction de la charge dans l'hydrogène.

20 Etant donné que les piles à combustible sont jusqu'ici utilisées essentiellement dans le domaine aérospatial (par exemple Apollo, Navette spatiale US, Hermès), un tel séparateur gaz-vapeur doit satisfaire à des exigences particulières :

- fonctionnement fiable dans des conditions d'apesanteur et avec des accélérations (lancement) d'environ 3 à 7 g,
- 25 - consommation d'énergie aussi faible que possible,
- très faible perte de charge des composants.

Jusqu'ici, on connaît deux procédés physiques fondamentaux pour la dissociation d'un mélange gaz-vapeur :

1. Séparation mécanique d'après le principe de la force centrifuge

5 Un séparateur fonctionnant selon ce procédé est décrit dans DE-PS 39 32 578.

2. Séparation à membrane

Le procédé est décrit dans "Jahrbuch 1989 I der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR)",
10 pages 605 à 608.

Etant donné que c'est ce dernier procédé qui est mis en oeuvre dans le séparateur selon l'invention, il sera décrit plus en détail dans ce qui suit.

En utilisation terrestre un mélange gaz-vapeur d'eau
15 peut être dissocié d'une manière simple par exemple au moyen d'un échangeur de chaleur à condensation. Le gaz chargé d'humidité est refroidi au-dessous du point de rosée et la vapeur d'eau condensée s'écoule sur des tôles de refroidissement jusqu'au point le plus bas du condenseur où se trouve la sortie d'eau.
20

Dans des conditions de microgravitation, ce principe ne fonctionnerait qu'en partie. La diffusion de la vapeur d'eau contre la paroi refroidie en dessous du point de rosée serait également obtenue pleinement dans des conditions d'apesanteur, mais la séparation de l'eau de la paroi refroidie ne
25 serait pas assurée sans forces supplémentaires et il en résulterait un état indéfini dans le condenseur.

Un écoulement forcé du film de condensat pourrait être obtenu au moyen d'un "slurper" (aspiration du film par
30 dépression). Il en résulterait cependant uniquement une séparation préliminaire, ce qui rendrait nécessaire un composant supplémentaire pour la séparation postérieure du gaz et de l'eau.

La solution la plus simple pour séparer le film de
35 condensat consiste à effectuer l'aspiration directement au travers de la paroi refroidie dans un volume d'eau de séparation distinct. Pour cela, les parois du condenseur doivent

être réalisées sous forme de membranes qui, de manière sélective, ne laissent passer que de l'eau.

Comme membranes, on peut envisager des structures poreuses hydrophiles qui résistent à la pression et à la température. Le gradient pour l'évacuation d'eau est une chute de pression du volume de gaz vers le volume d'eau de séparation. Cette chute de pression doit être suffisamment grande pour que la totalité de l'eau condensée puisse toujours traverser la membrane. Cette possibilité doit également être garantie encore pendant les phases d'accélération (contre-pression hydrostatique). C'est pourquoi la chute de pression pour le fonctionnement normal doit être plus grande.

La sélectivité de la membrane est obtenue par des forces capillaires à la surface de la membrane qui ont pour effet que les tubes capillaires sont toujours remplis d'eau jusqu'à une chute de pression transmembrane (bubble point) et empêchent ainsi une irruption de gaz. La chute de pression transmembrane admissible dépend alors du diamètre théorique des tubes capillaires, de la forme des pores et de l'angle de mouillage de la membrane et de l'eau. Dans la publication précitée, il est prévu pour la mise en oeuvre du procédé un dispositif qui comprend une membrane tubulaire qui est traversée par le mélange gazeux.

L'invention a pour but de créer un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de séparation à membrane qui se distingue par une construction aussi compacte que possible et par une faible sensibilité aux perturbations.

L'invention a pour objet un séparateur fonctionnant de manière efficace en apesanteur et destiné à la dissociation d'un mélange de vapeur d'eau et d'un gaz inerte, le mélange parcourant des canaux dont la surface intérieure est constituée par une membrane hydrophile refroidie à micropores sur laquelle la vapeur d'eau est condensée, caractérisé en ce que les canaux s'étendent à l'intérieur d'un ou de plusieurs volumes d'eau de séparation dans lesquels pénètre la vapeur d'eau condensée et que les volumes d'eau de séparation sont entourés d'un volume de liquide de refroidissement, de sorte que le refroidissement de la membrane est obtenu par conduc-

tion de chaleur par l'intermédiaire du refroidissement des volumes d'eau de séparation. L'eau de séparation et le liquide de refroidissement sont donc séparés.

5 Selon une caractéristique particulière de l'invention, un seul canal parcouru par le mélange s'étend à l'intérieur du ou de chaque volume d'eau de séparation.

En variante, plusieurs canaux parcourus par le mélange s'étendent à l'intérieur du ou de chaque volume d'eau de séparation.

10 Dans ce cas, les canaux parcourus par le mélange s'étendent de préférence à l'intérieur d'un corps de support à macropores, notamment en céramique, placé à l'intérieur du volume d'eau de séparation.

15 Les applications préférées de l'invention sont les suivantes :

- Séparation d'hydrogène et de vapeur d'eau ou d'oxygène et de vapeur d'eau pour des piles à combustible montées fixes dans des véhicules spatiaux et des sous-marins,
- Séparation d'air et de vapeur d'eau pour le traitement de l'air de respiration dans des véhicules spatiaux, des combinaisons spatiales et des sous-marins.

20 Pour les membranes, les matériaux suivants sont utilisés :

- Métaux frittés poreux,
- 25 - Céramique poreuse,
- Carbone poreux.

La stabilité intrinsèque de la membrane est obtenue par une épaisse couche de base à macropores sur laquelle est appliquée une mince couche de membrane à micropores.

30 Le support et la membrane peuvent alors être réalisés dans le même matériau et ils forment une structure frittée. On parle alors d'une liaison monolithique. Mais il est également possible d'envisager d'autres combinaisons de différents matériaux pour la couche de base et la couche de membrane.

35 La table ci-après indique les matériaux pour six structures de membranes autoporteuses. Ils se distinguent tous par une grande résistance à chaud, à la pression et aux agents

chimiques et permettent ainsi une longue durée de vie du séparateur.

	Support	Couche active (Membrane)
5	=====	
	Composé de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	Composée de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ZrO_2
10	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$
	SiC	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$
15	C (Fibres de carbone)	Composite à base de zircone
	C (Carbone amorphe)	Composite à base de zircone
20	Acier inox poreux	ZrO_2 (cuit, gélifié)

La description qui va suivre, en regard des dessins annexés à titre d'exemples non limitatifs, permettra de bien comprendre comment l'invention peut être mise en pratique.

La figure 1 représente un séparateur à géométrie de faisceau tubulaire;

les figures 2 à 4 représentent des séparateurs à géométrie à plusieurs canaux.

Pour des séparateurs à géométrie de faisceau tubulaire, un canal 1 parcouru par le mélange s'étend à l'intérieur de chaque volume d'eau de séparation 13. Pour des séparateurs à géométrie à plusieurs canaux, plusieurs canaux 1 s'étendent à l'intérieur de chaque volume d'eau de séparation 13. A l'intérieur du volume d'eau de séparation 13 est disposé un corps de support 10 à macropores, constitué avantageusement

d'un matériau céramique, à l'intérieur duquel s'étendent les canaux 1.

Une membrane 7 à micropores est disposée sur la surface intérieure de chaque canal 1. La séparation de l'eau se fait de l'intérieur vers l'extérieur dans le volume d'eau de séparation 13 qui est séparé du liquide de refroidissement, par exemple H₂O. Ledit volume est muni aux deux extrémités du séparateur de raccordements pour l'évacuation de l'eau de séparation. Chaque séparateur comporte au moins cinq raccords :

- 10 - Mélange gazeux (entrée et sortie),
- Liquide de refroidissement (entrée et sortie),
- Eau de séparation (au moins une sortie).

La fig. 1a montre la coupe transversale d'un séparateur selon l'invention à géométrie de faisceau tubulaire. A l'intérieur du volume de liquide de refroidissement 5 s'étendent, parallèlement les uns aux autres, plusieurs tubes 3. La structure d'un tube 3 est représentée à plus grande échelle dans la fig. 1b. Le tube comprend, de manière concentrique, à l'extérieur une gaine 9 pour assurer la séparation par rapport au liquide de refroidissement, et comme surface intérieure, la membrane 7 à micropores qui définit le canal 1 à l'intérieur duquel circule le mélange d'hydrogène et de vapeur d'eau. L'espace entre la gaine 9 et la membrane 7 est occupé par le volume d'eau de séparation 13 et par un tube de refroidissement 11. Le montage du tube de refroidissement 11 a pour but d'améliorer le contact thermique entre le liquide de refroidissement et la membrane 7.

La fig. 1c montre une coupe transversale suivant la ligne A-A. Le mélange de gaz hydrogène et de vapeur d'eau entre par la gauche dans le séparateur et parcourt les canaux 1 formés par la membrane 7. Le mélange dont la teneur en vapeur d'eau est réduite ou, dans le cas idéal, le gaz hydrogène pur quitte le séparateur du côté opposé. L'eau de séparation quitte le séparateur par une sortie distincte.

La fig. 2a montre en coupe transversale un séparateur à géométrie à plusieurs canaux. Il comprend à l'intérieur du volume de liquide de refroidissement 5, trois volumes d'eau de séparation 13 qui sont séparés du volume de liquide de refroidissement

dissement 5 par des gaines 9. A l'intérieur d'un volume d'eau de séparation 13 se trouve à chaque fois un corps de support 10 en céramique à macropores dont la section transversale présente la forme d'un hexagone régulier. A l'intérieur dudit
5 corps de support s'étendent les canaux 1 dont les surfaces intérieures sont formées par la membrane à micropores.

La fig. 2a représente une vue en coupe suivant la ligne A-A.

La fig. 3 montre un séparateur qui correspond sensiblement à celui représenté dans la fig. 2. Toutefois, la section transversale des corps de support 10 en céramique à macropores présente ici une forme circulaire.

La fig. 4a montre un autre séparateur à géométrie à plusieurs canaux. Les corps de support 10 en céramique à macropores sont conformés ici en plaques. Chaque corps de support 10 en céramique se trouve dans un volume d'eau de séparation 13 individuel. Ces volumes d'eau de séparation sont à
15 nouveau séparés du volume de liquide de refroidissement 5.

La fig. 4b représente une vue en coupe suivant la
20 ligne B-B.

REVENDECATIONS

1. - Séparateur fonctionnant de manière efficace en apesanteur et destiné à la dissociation d'un mélange de vapeur d'eau et d'un gaz inerte, le mélange parcourant des canaux (1) dont la surface intérieure est constituée par une membrane hydrophile refroidie à micropores sur laquelle la vapeur d'eau est condensée, caractérisé en ce que les canaux (1) s'étendent à l'intérieur d'un ou de plusieurs volumes d'eau de séparation (13) dans lesquels pénètre la vapeur d'eau condensée, et que les volumes d'eau de séparation (13) sont entourés d'un volume de liquide de refroidissement (5), de sorte que le refroidissement de la membrane (7) est obtenu par conduction de chaleur par l'intermédiaire du refroidissement des volumes d'eau de séparation (13).
2. - Séparateur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un seul canal (1) parcouru par le mélange s'étend à l'intérieur du ou de chaque volume d'eau de séparation (13).
3. - Séparateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que plusieurs canaux (1) parcourus par le mélange s'étendent à l'intérieur du ou de chaque volume d'eau de séparation (13).
4. - Séparateur selon la revendication 3, caractérisé en ce que les canaux (1) parcourus par le mélange s'étendent à l'intérieur d'un corps de support à macropores placé à l'intérieur du volume d'eau de séparation (13).

REFROIDISSEMENT

FIG. 1c

REFROIDISSEMENT

H₂O

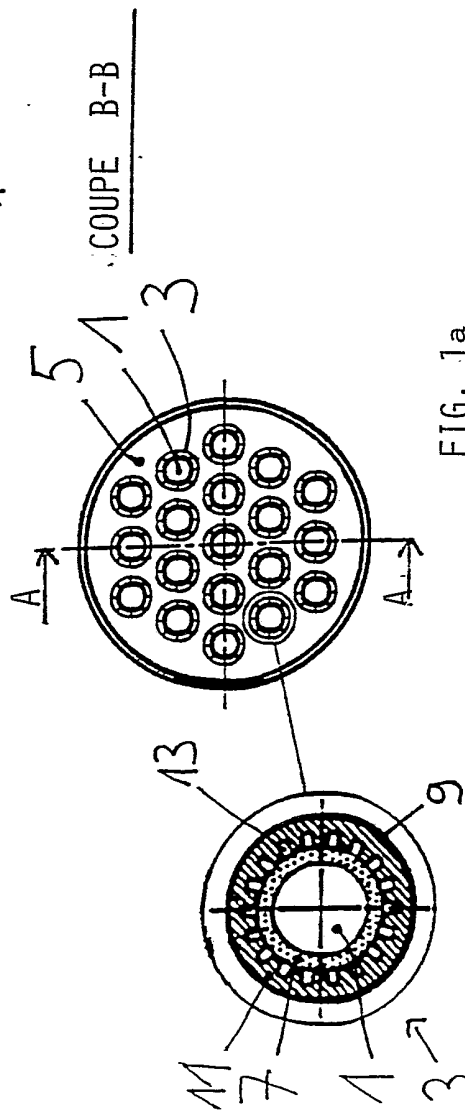
COUPE A-A

H₂+H₂O

B

B

H₂



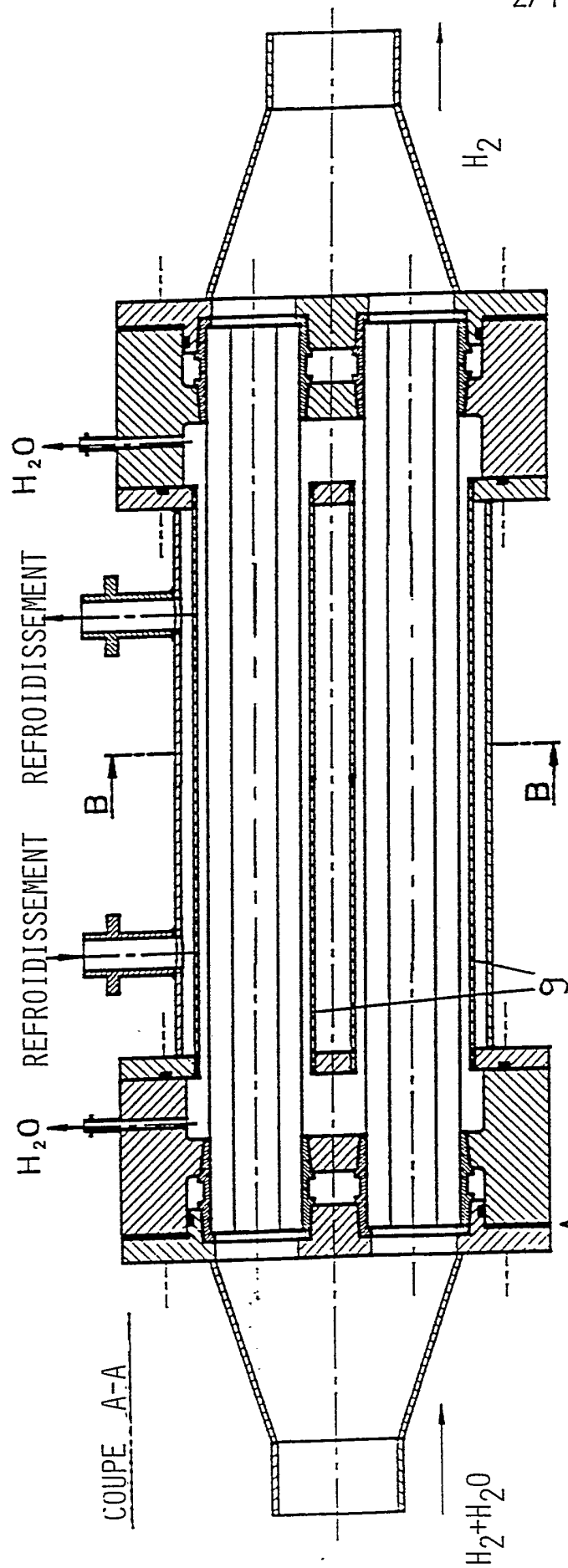
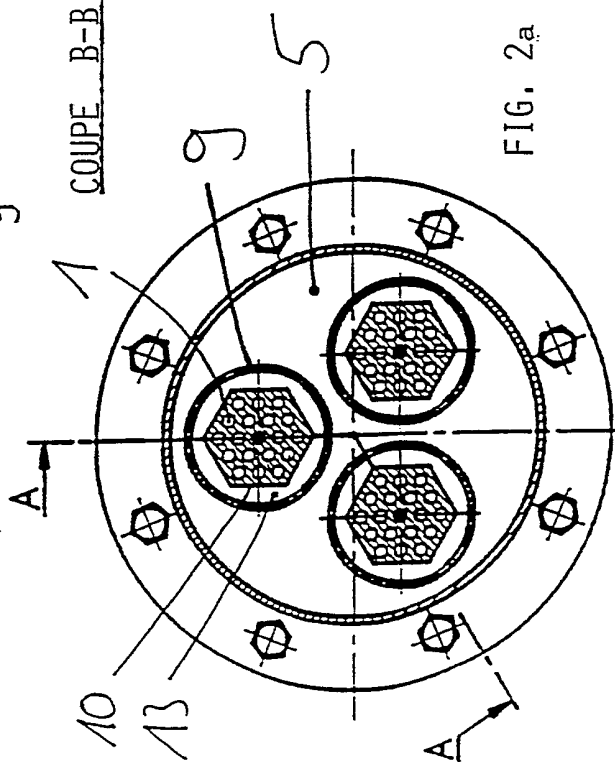


FIG. 2b



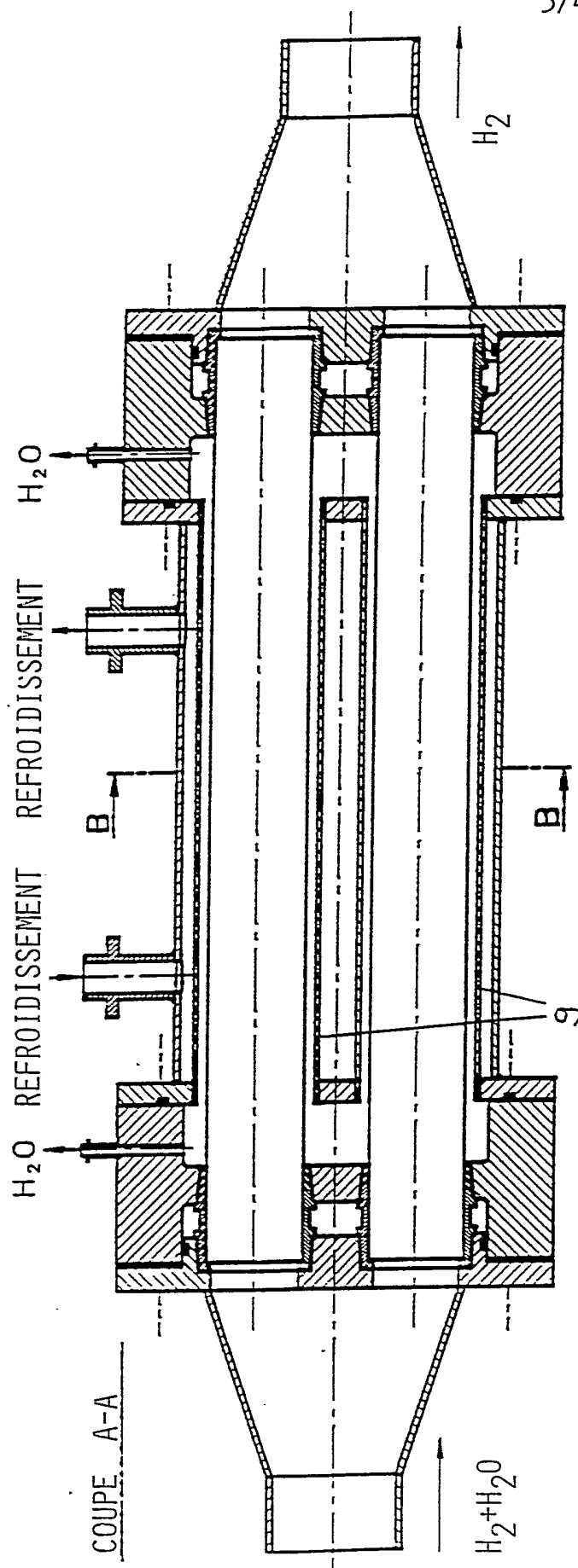


FIG. 3b

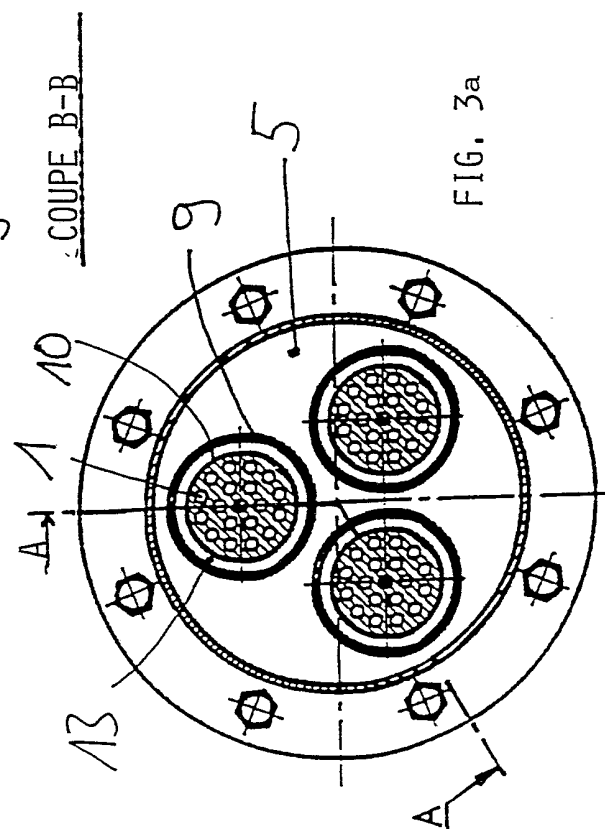


FIG. 3a

