

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 09.11.04.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 12.05.06 Bulletin 06/19.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : BRATU CHRISTIAN — FR.

72) Inventeur(s) : BRATU CHRISTIAN.

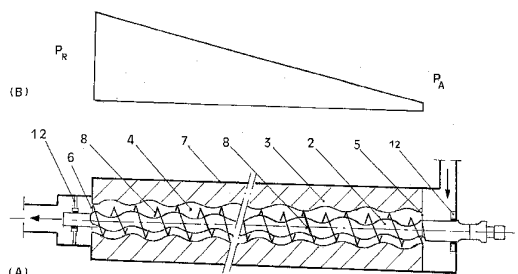
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) :

54) POMPE MIXTE.

57) La Pompe Mixte est un nouveau système de pompage pour les fluides (liquides, gaz) et les mélanges polyphasiques.

Cette Pompe Mixte (7) comporte un rotor hélicoïdal (2) sur lequel on installe un impulseur roto-dynamique (8), l'ensemble rotor (2)-impulseur (8) tournant sans contact à l'intérieur d'un stator hélicoïdal (3), ledit ensemble rotor(2)-impulseur(8) et ledit stator (3) étant disposés de telle sorte que les cavités (4) formées se déplacent de l'aspiration (5) vers le refoulement(6), est caractérisée par le fait que la pompe (7), agencée conformément à l'invention, assure par l'intermédiaire de 1' impulseur roto-dynamique(8) les moyens prévus pour former une couche fluide sous pression entre ledit ensemble rotor (2)-impulseur(8) et ledit stator(3), dans des conditions capables d'améliorer les performances et la fiabilité de la pompe(7).



- 1 -

POMPE MIXTE

5 La présente invention porte sur une nouvelle
architecture de pompe , combinant le concept de pompe
volumétrique et les impulseurs roto-dynamiques à pales
axiales . Ce concept représente une Pompe Mixte dans le
sens qu'il combine les deux principes mécaniques de la
10 production d'énergie de pompage : la compression volumétrique
et l'énergie cinétique .

Les architectures traditionnelles comportent deux
classes de pompes bien distinctes : les systèmes à
compression volumétriques et les systèmes roto-dynamiques
15 (pompes centrifuges).

L'architecture de la Pompe Mixte , selon la présente
invention , combine le système du rotor / stator
volumétrique et l'impulseur roto-dynamique à pales axiales.

Afin de présenter l'architecture de la Pompe Mixte et
20 ses avantages on commence par décrire la pompe à cavités
progressives (PCP) traditionnelle , dont le principe de
fonctionnement est volumétrique. La figure 1 du dessin annexé
donne, en (A), une représentation schématique partiellement
en coupe longitudinale d'une pompe volumétrique
25 traditionnelle, du type à cavités progressives (Pompe à
Cavités Progressives - PCP), avec également en (B) une
représentation de la distribution des pressions le long de la
pompe dans le cas du pompage d'un liquide , entre la basse
pression d'aspiration (P_A) et la haute pression de
30 refoulement (P_R) .

L'architecture de la PCP 1, est constitué d'un rotor
métallique hélicoïdal 2 tournant à l'intérieur d'un stator 3
de forme intérieure hélicoïdale , généralement en élastomère.

-2-

Entre le rotor 2 et le stator 3 le contact par compression ,
conduit à un ensemble de cavités isolées 4 (alvéoles ,
5 étages). Dans ces conditions , les cavités 4 se déplacent de
l'aspiration 5 vers la sortie (refoulement) 6 , soumises à
la compression volumique ; ce système transmet au fluide
la pression (l'énergie potentielle).

La figure 1 donne en (C), schématiquement, le mode de
10 transmission des pressions entre les cavités 4 successives .
Les fuites de fluide (q , débit de fuite), entre le rotor 2
et le stator 3, transmettent la pression d'une cavité à
l'autre , ce qui conduit finalement à la distribution des
pressions dans les cavités 1, m et n . Comme l'écoulement des
15 fuites q se fait avec des pertes de charge linéaires (régime
laminaire) la distribution des pressions au long de la pompe
est régulière . La figure 1 donne en (D) la distribution des
pressions dans les cavités 1 (P_1), m (P_m) et n (P_n) .
Plus le contact entre le rotor 2 et le stator 3 est serré ,
20 plus la pression délivrée par la pompe est grande . En
revanche , le contact serré contribue à la dégradation du
stator 3 , et par conséquent, conduit à la limitation de la
vitesse de rotation et du débit de la pompe .

La fiabilité du stator 3 en élastomère , soumis au
25 contact serré avec le rotor 2 métallique tournant à
l'intérieur du stator 3, constitue le point faible de la PCP .
En pratique , on constate une forte augmentation de la
température , suivie de dommages du stator 3 ce qui limite la
durée de fonctionnement de la PCP .

30 C'est la raison pour laquelle l'industrie utilise les
PCP 1 essentiellement pour pomper les fluides visqueux à
faibles débits et hautes pressions.

Les pompes centrifuges , à impulseurs roto-dynamiques
avec des pales , donnent au fluide des vitesses

-3-

(l'énergie cinétique) qui sont transformées ensuite dans le stator en pression (l'énergie potentielle).

5 Sans contact entre le rotor et le stator , les pompes centrifuges peuvent tourner vite et réaliser ainsi des grands débits , avec une durée de vie bien plus grande .Cependant, les transformations énergétiques se font avec des pertes et pour réaliser des grandes pressions il faut un grand nombre
10 d'étages.

Par conséquent , les pompes centrifuges sont utilisées pour des fluides de faible viscosité , à grands débits et pressions modérées .

La Pompe Mixte , selon la présente invention , combine
15 les deux systèmes, volumétrique et roto-dynamique , ce qui permet de réaliser des hautes pressions et des grands débits , sans avoir les inconvénient du fort serrage entre le rotor et le stator . Le caractère innovant de la Pompe Mixte repose sur la combinaison des deux modes de production d'énergie de
20 pompage : volumétrique et roto-dynamique .

En effet , la Pompe Mixte comporte des impulseurs roto - dynamiques dont le rôle est de créer une couche de fluide à haute pression entre le rotor et le stator de la pompe volumétrique ; cette couche de fluide remplace le
25 contact serré entre le rotor et le stator.

Dans ces conditions , la Pompe Mixte présente une architecture sans contact rotor / stator ,ce qui assure la protection du stator , l'amélioration de la fiabilité du système et le prolongement de la durée de vie .De plus , sans
30 être soumis au contact serré avec le rotor ,le stator de la Pompe Mixte peut être rigide(par exemple , métallique), et par conséquent d'une haute fiabilité . Aussi , en absence de contact serré rotor/stator ,la Pompe Mixte peut tourner à haute vitesse , comme une pompe centrifuge ; le débit pompé
35 augmente sans endommager le stator .

-4-

Par conséquent , la Pompe Mixte bénéficie des avantages de la compression volumétrique des PCP sans avoir les inconvénients du contact serré entre le rotor et le stator .

Le rôle des impulseurs roto-dynamiques de la Pompe Mixte n'est pas celui des impulseurs des pompes centrifuges (produire de l'énergie cinétique, qui est ensuite transformée ensuite en pression) ; dans la Pompe Mixte , selon la présente invention , l'impulseur roto-dynamique produit une couche fluide sous pression , dans laquelle le contre-courant produit par le pales de l'impulseur s'oppose aux fuites , conduisant ainsi à la dissipation d'énergie des fuites (pertes de charge locales). Compte tenu du design de l'impulseur , on obtient des pressions de refoulement équivalentes à celles réalisées par la PCP .

La figure 2 du dessin annexé donne , en (A), une représentation schématique en coupe longitudinale axiale de la Pompe Mixte , objet de la présente invention .

L'architecture de la Pompe Mixte 7 est constitué d'un rotor métallique hélicoïdal 2 comportant des impulseurs roto-dynamiques 8 , l'ensemble (2 et 8) tournant à l'intérieur d'un stator 3 de forme intérieure hélicoïdale . Entre les pales de l'impulseur 8 et le stator 3 il n'y a pas de contact , le jeu étant équivalent à celui utilisé dans le pompes centrifuges et pour ce faire , l'ensemble rotor 2 et impulseurs roto-dynamiques 8 est maintenu centré par des paliers traditionnels 12.

Comme visible sur la figure 2 A , la géométrie du rotor 2 et du stator 3 conduit à un ensemble de cavités 4 de volume constant , le rôle de l'impulseur roto-dynamique 8 étant de réaliser une couche de fluide à haute pression entre le rotor 2 et le stator 3 .

-5-

Comme le montre les figures 2 A et B , le rotor 2 déplace les cavités 4 de l'aspiration ou entrée 5 (basse pression d'aspiration PA) vers le refoulement ou sortie 6 (haute pression de refoulement PR), la distribution des pressions au long de la pompe étant régulière .

Les figures 3 (A), (B) et (C) décrivent le principe de fonctionnement de la Pompe Mixte 7, objet de la présente invention . La figure 3 A est une vue analogue à la figure 2 A , à plus grande échelle , donnant une représentation d'une section de la pompe de l'invention qui permet de décrire le mécanisme de pompage et de transmission des pressions entre deux cavités successives 4. La figure 3 B représente à plus grande échelle un schéma analogue à la figure 3 A , montrant l'action hydraulique des pales (a) de l'impulseur roto-dynamique 8 et la transmission de la pression entre les cavités 4 .

La figure 3 (A) illustre , à titre d'exemple non limitatif , l'architecture de la Pompe Mixte de la présente invention : l'ensemble rotor 2 et impulseur roto-dynamique 8 , tournant à l'intérieur du stator 3 sans contact , et les cavités 4 se déplaçant dans le sens donné par le mouvement du rotor 2. La pression est transmise entre les cavités 4 par l'écoulement du fluide entre les pales (a) de l'impulseur roto-dynamique 8 tournant , à l'intérieur du stator 3 sans contact.

Afin de mieux analyser les caractéristiques mécaniques de l'écoulement engendré par l'impulseur 8 , la figure 3(B) montre le pales (a) et la structure complexe de l'écoulement conduisant à la distribution des pressions au long de la pompe .A titre d'exemple non limitatif les figures 3 (A et B) représentent un impulseur 8 à pale hélicoïdale continue (a) , avec un pas (h) constant et un angle d'inclinaison (b) variable.

-6-

En général , le concept d'impulseur hélicoïdal 8 ou de pale hélicoïdale (a) est utilisé pour montrer que l'écoulement engendré par la rotation de l'impulseur 8 et de la pale (a) est essentiellement axial, par rapport au rotor.

La pale hélicoïdale est une pale axiale continue développée autour du rotor , car sa rotation engendre un écoulement essentiellement axial ; dans ce qui suit on utilise les termes de « pale hélicoïdale » , « pale axiale » et « impulseur hélicoïdal » dans ce sens .

Par conséquent , on remarque sur les figures 3 A et B que la rotation du rotor 2 entraîne la pale hélicoïdale (a) de l'impulseur 8 dans un mouvement qui génère un contre-courant axial s'opposant aux fuites q . La figure 3 (B) reprend à plus grande échelle le mouvement des pales (a) de l'impulseur 8 , et décrit l'écoulement qu'elles engendrent :

- la pale hélicoïdale (a) déplace le fluide pompé vers la sortie 6 avec la vitesse axiale V_1 . Ce mouvement crée un champ de pressions (+) sur la face aval de la pale (extradados) et de succion (-) sur la face amont de la pale (intrados) ; le champ de pressions est fonction de la vitesse de la pale V_1 et de la vitesse de l'écoulement incident V_2 , dû à l'écoulement des fuites q entre l'ensemble rotor 2- impulseur 8 et le stator 3.
- ainsi , la pale hélicoïdale (a) engendre un contre-courant s'opposant aux fuites q ; sous l'influence du champ de pressions , la rencontre des deux écoulements se transforme en une structure à tourbillons (t), dissipative d' énergie .

En effet, la trajectoire de l'écoulement de fuite q , de vitesse V_2 , est déviée vers l'intérieur par la succion (-) , dans la direction radiale , où il va rencontrer dans le sens opposé l'écoulement engendré par la pale , à contre -courant de vitesse V_1 , et le champ de pressions (+) .

-7-

La structure tourbillonnaire (t) résultante va dissiper l'énergie conduisant à la perte de charge locale ΔH sur la longueur de trajectoire entre les pales (a) de l'impulser 8(figure 3 C). Si la vitesse du contre-courant V_1 est grande par rapport à la vitesse des fuites V_2 , compte tenu de leur sens opposé , le débit de fuites q devient négligeable .

Afin de mettre en évidence la différence entre les modes de fonctionnement hydraulique de la Pompe Mixte , objet de la présente invention , et la pompe volumétrique traditionnelle de type PCP , considérons l'écoulement entre le rotor 2 et le stator 3 qui détermine (voir figure 1 C,D pour la PCP 1 et figures 3 A, B ,C pour la Pompe Mixte 7) :

- la hauteur de pompage H , équivalente aux pertes de charge de l'écoulement entre le rotor 2 et le stator 3
- le débit de fuite q , facteur du rendement volumique de la pompe .

En général , l'objectif de performance de ces pompes est : une grande hauteur de pompage (H) et un faible débit de fuite (q) ce qui est équivalent à un bon rendement volumétrique.

Pour caractériser l'écoulement de fuite (q , H) et la géométrie du système , adoptons les notations suivantes :

- q ... débit de fuite
- H ... hauteur de pompage
- I ... pente hydraulique
- l ... longueur de la pompe
- S ... section de l'écoulement
- P ... pression ; P_A ... à l'entrée de la pompe 5
- P_R ... au refoulement de la pompe 6
- d ... diamètre hydraulique

-8-

λ ... coefficient de pertes de charge linéaires

ζ ... coefficient de pertes de charge locales

ρ ... densité du fluide

5 Le débit de la fuite de fluide q entre le rotor 2 et le stator 3 et la hauteur de pompage H , peuvent être décrits par l'écoulement dans un canal de faible section (S), à l'aide des équations de conservation de la masse et de l'énergie qui conduisent aux expressions :

$$10 \quad q = I^{\frac{1}{2}} \cdot C \quad I = \frac{H}{l}$$

$$H = (P_R - P_A) \frac{1}{g\rho}$$

$$C = S \left(2g \cdot \frac{d}{K} \right)^{\frac{1}{2}} \quad K = \lambda + \sum \zeta \frac{d}{l}$$

$$H = \frac{q^2}{2gS^2} \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right)$$

15 Ces expressions montrent que la hauteur de pompage (H) et le débit de fuite (q) sont fonctions des pertes de charge :

- linéaires, caractérisées par le paramètre $\left(\lambda \frac{l}{d} \right)$

- locales, dont le coefficient de perte de charge locale (ζ) est fonction des obstacles sur la trajectoire de l'écoulement de fuite q .

20

La fuite q entre le rotor 2 et le stator 3 de la PCP 1 (figures 1 C, D) se fait dans un film laminaire sans obstacle majeur, dont les pertes de charge sont

25 essentiellement linéaires, ce qui conduit à une très faible section d'écoulement S , obtenue par un fort serrage dû à la compression exercée par le rotor 2 sur le stator 3.

-9-

En revanche, l'écoulement entre les pales (a) de l'impulseur 8 de la Pompe Mixte 7 (figures 3 A,B,C) se fait avec des fortes pertes de charge locales .

5 L'action des pales a en rotation (figure 3 B) engendre un contre-courant axial s'opposant aux fuites q , ce qui conduit à la formation des structures tourbillonnaires (t) dissipatives d'énergie .Le champ de pression sur la pale dépend de la vitesse axiale de la pale V_1 et de la vitesse
10 des fuites V_2 est :

$$P_+ = \rho (V_1 + V_2)^2$$

et V_1 la vitesse axiale de la pale , par rapport à l'axe du rotor (figure 3 B) est :

15
$$V_1 = R. \Omega. \operatorname{tg} b$$

avec les notations :

R ... le rayon de la pale (a)

Ω ... la vitesse de rotation de l'ensemble

20 rotor 2 - impulseur 8

b ... angle de la pale a (figure 3 A)

Par conséquent , si l'obstacle réalisé par le contre-courant des pales a (figure 3 B) est difficile à franchir , la perte de charge locale (ΔH , figure 3 C) est grande et la
25 hauteur de pompage H devient importante.

Le mécanisme hydraulique du fonctionnement de la pompe PCP 1 traditionnelle est basé sur l'écoulement d'un film laminaire entre le rotor 2 et le stator 3 , avec une section très serrée (faibles S et d) pour que le débit de fuite
30 (q) soit réduit et les pertes de charge grandes ; les pertes de charge du film laminaire sont essentiellement linéaires (λ). En conséquence , on ne peut obtenir une grande hauteur de pompage (H) et une faible fuite (q) qu'à

-10-

condition d'avoir une très faible section d'écoulement entre le rotor 2 et le stator 3 (faibles S et d) .

Dans la configuration PCP 1, le mécanisme du film laminaire
5 exige un fort serrage rotor 2 / stator 3 , par la compression du stator (et frottement entre rotor et stator) , ce qui conduit à la réduction de la fiabilité du stator 3 limitant ainsi la vitesse de rotation (et le débit de pompage) , et à l'augmentation de la consommation d'énergie (du moteur).

10 En effet , on constate souvent que le rotor 2 endommage le stator 3 réduisant la durée de vie de la pompe PCP 1 et son temps de fonctionnement .

Comme il a été exposé et d'après les figures 3 (A,B,C) , le mécanisme hydraulique de la Pompe Mixte 7 objet de la
15 présente invention , est tout à fait différent, à l'opposé de la PCP 1 traditionnelle . Afin d'éviter le contact entre l'ensemble rotor 2 - impulseur 8 et le stator 3 , les pales a de l'impulseur 8 créent un écoulement dont le champ de pressions et les tourbillons conduisent à une
20 cinématique à forte dissipation d'énergie qui réalise des pertes de charge locales élevées (pertes non linéaires à fort ζ) . La légère augmentation de la section d'écoulement (S, d) entre les pales axiales (a) et le stator 3 , est compensée par l'écoulement à contre-courant engendré par les
25 pales (a) de l'impulseur 8 ; les fortes pertes de charge locales (ζ) conduisent à un faible débit de fuite (q) et à une grande hauteur de pompage (H).

Dans ces conditions , la Pompe Mixte 7 réalise les performances requises (grande hauteur de pompage H et
30 faible débit de fuite q) sans avoir besoin d'un contact entre l'ensemble rotor 2 - impulseur 8 et le stator 3. Du point de vue pratique , le jeu entre les pales a de l'impulseur 8 et le stator 3 est celui utilisé dans les pompes centrifuges.

-11-

En conclusion ,le champ de pressions et vitesses du contre-courant engendré par l'impulseur 8 de la Pompe Mixte 7 réalise une couche fluide dissipative qui remplace le
5 contact serré de la pompe PCP 1 traditionnelle .

Dans ce sens , la Pompe Mixte 7 , objet de la présente invention , est un concept nouveau combinant la compression volumétrique et l'impulseur roto-dynamique .

Sans contact entre le rotor 2 et le stator 3, la Pompe
10 Mixte 7 présente des multiples avantages par rapport aux systèmes existants:

- l'augmentation des débits de pompage et de la hauteur de refoulement H ,
- le stator 3 est protégé et il peut être rigide
15 (matériaux robustes , métal)
- l'augmentation de la fiabilité et de la durée de vie
- la réduction de la consommation d'énergie , car sans contact il n'y a pas de frottement entre le rotor 2 et le stator 3 .

20 Par conséquent ,la présente invention a pour objectif de proposer une Pompe Mixte , réunissant la compression volumique et l'impulseur roto-dynamique , de manière à améliorer les performances et d'écarter les inconvénients des systèmes existants .

25 Ainsi ,le principe de fonctionnement de la Pompe Mixte 7 selon la présente invention est nouveau et très différent par rapport aux systèmes existants :

- la pompe traditionnelle PCP 1 ,avec un contact serré entre le rotor 2 et le stator 3 , délivre un débit de pompage
30 limité , conduit au risque d'endommagement du stator 3 et nécessite une forte consommation d'énergie
- la Pompe Mixte 7 selon la présente invention comporte des moyens pour comprimer le fluide pompé sans contact entre le rotor 2 et le stator 3, ce qui permet de réaliser des
35 grands débits de pompage , d'améliorer la fiabilité du

-12-

stator , d'augmenter la durée de vie de la pompe et de réduire la consommation d'énergie .

Les moyens proposés pour la Pompe Mixte 7 sont
5 avantageusement agencés pour remplacer le contact serré entre le rotor 2 et le stator 3 , propre à la pompe PCP 1 traditionnelle , par une couche fluide sous pression entre le rotor 2 et le stator 3 .

A ces fins , la présente invention a pour objectif de
10 proposer une Pompe Mixte 7 comportant un rotor hélicoïdal 2 sur lequel on installe avantageusement un impulseur roto-dynamique 8, l'ensemble rotor 2 -impulseur 8 tournant sans contact à l'intérieur d'un stator hélicoïdal 3 , ledit ensemble rotor 2 -impulseur 8 et ledit stator 3 étant
15 disposés de telle sorte que les cavités 4 formées se déplacent de l'aspiration 5 vers le refoulement 6 , caractérisée par le fait que la pompe 7, agencée conformément à l'invention , assure par l'intermédiaire de l'impulseur roto-dynamique 8 les moyens avantageusement prévus pour
20 former une couche fluide sous pression entre ledit ensemble rotor 2 - impulseur 8 et ledit stator 3, dans des conditions capables d'améliorer les performances et la fiabilité de la pompe 7 .

Conformément à l'invention , la Pompe Mixte 7 est
25 caractérisée par le fait que les moyens assurés par l'impulseur 8 pour former une couche fluide dans l'espace sans contact entre l'ensemble rotor 2 -impulseur 8 et le stator 3 sont agencés avantageusement , pour transmettre les pressions entre les cavités 4 , et pour dissiper l'énergie
30 des fuites afin d'assurer une efficacité de pompage améliorée.

Conformément à l'invention , l'impulseur roto-dynamique 8 installé sur le rotor 2 est développé sur toute la longueur du rotor 2 ou partiellement .

-13-

A cet effet , on réalise l'impulseur roto-dynamique 8 avec des pales dont le dimensionnement et la densité au long de la pompe assurent la formation d'une couche fluide à 5 contre-courant dissipatif par rapport aux fuites entre rotor et stator . La rotation du rotor 2 entraîne l'impulseur 8 qui produit un champ de pressions et vitesses opposé aux fuites , ainsi les deux écoulements dissipent l'énergie dans la couche fluide entre le rotor et le stator , transmettant 10 la pression entre les cavités successives . Par conséquent , la couche fluide réalisée par l'impulseur roto-dynamique 8 remplace le contact serré entre le rotor 2 et le stator 3.

La maîtrise des performances de la Pompe Mixte 7 se fait par l'architecture de l'impulseur roto-dynamique 8 et le 15 dimensionnement optimal de ses pales est le facteur principal : la longueur de la corde , le pas (h) , les angles d'incidence (β) et de devers , l'épaisseur , la densité des pales , le jeu entre les pales et le stator .

Conformément à un premier mode de réalisation 20 particulier des moyens , l'impulseur roto-dynamique 8 comporte une pale hélicoïdale , installée sur le rotor hélicoïdal 2 de la pompe . Le pas de la pale (h) peut être constant et alors l' angle(β) est variable , ou le pas de la pale est variable et l'angle devient constant .En général , la 25 pale peut avoir le pas et l'angle variables , mais en pratique on adopte certains paramètres constants afin de faciliter la fabrication.

Conformément à un second mode de réalisation particulier des moyens , l'impulseur roto-dynamique 8 30 comporte plusieurs pales hélicoïdales installées en décalage , sur le rotor hélicoïdal . En général , le pas et l'angle des pales peuvent être variables , mais en pratique on adopte certaines paramètres constants .

-14-

Conformément à un troisième mode de réalisation particulier des moyens, l'impulseur roto-dynamique comporte un ensemble de pales discontinues installées sur le rotor .

5 Les trois modes de réalisation particuliers peuvent être utilisés simultanément sur la même pompe.

En général , le dimensionnement des pales (les angles d'entrée et de sortie , l'angle d'incidence , la longueur de la corde , la cambrure , l'épaisseur) assure la réalisation et l'efficacité de la couche fluide entre le rotor et le stator .

Les applications industrielles de la Pompe Mixte 7, selon la présente invention , couvrent un domaine plus large que celui des pompes PCP 1 existantes , dans des conditions de fiabilité , de durée d'exploitation et de consommation d'énergie nettement améliorées . Comme exemples , on peut citer le pompage des fluides visqueux et des mélanges polyphasiques (liquide , gaz , particules solides) utilisés par l'industrie pétrolière, la chimie , l'industrie alimentaire.

Pour mieux illustrer l'objet de la présente invention , on va en décrire ci-après plusieurs modes de réalisation particuliers, donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs , avec référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 , représente la pompe PCP traditionnelle (A) avec une représentation de l'écoulement des fuites entre le rotor et le stator (C) et la distribution des pressions engendrées (B et D)
- 30 - la figure 2 donne en (A) une représentation de la Pompe Mixte selon la présente invention et la distribution des pressions (B)
- la figure 3 donne en (A) une vue analogue à la figure 2 (A), à plus grande échelle, décrit le mécanisme hydraulique de fonctionnement (B) et les pertes de charge

-15-

locales (C)

- la figure 4 donne la représentation de l'impulseur
5 roto- dynamique à pale hélicoïdale , avec le pas h
constant et l'angle b variable (figure 4 A) , et avec
l'angle b constant et le pas h variable (figure 4 B)
- la figure 5 donne la représentation de l'impulseur roto-
dynamique à pale hélicoïdale épaisse
- 10 - la figure 6 donne la représentation de l'impulseur roto-
dynamique dont les deux pales hélicoïdales décalées de
180° , avec un pas h constant et l'angle b variable
- la figure 7 montre schématiquement l'impulseur roto-
dynamique à pales axiales discontinues .
- 15 - la figure 8 donne la représentation de l'impulseur roto-
dynamique à pale hélicoïdale continue sur chaque cavité ,
avec une transition entre les cavités , sur laquelle le
diamètre du rotor est égal à celui des pales de
l'impulseur

20 Par conséquent , les figures 2 et 4 à 8 montrent des
réalisations particulières de la Pompe Mixte selon
l'invention.

La figure 2 A est une vue d'ensemble , en coupe
longitudinale axiale , de la Pompe Mixte 7 selon la présente
25 invention , avec la représentation de l'impulseur roto-
dynamique 8 installé sur le rotor hélicoïdal 2 , l'ensemble
rotor 2-impulseur 8 tournant à l'intérieur du stator
hélicoïdal 3 ; comme il n'y a pas de contact entre l'ensemble
rotor 2 -impulseur 8 et le stator 3 , le rotor2 est supporté
30 par des paliers traditionnels 12 . La rotation du rotor 2
déplace les cavités 4 de fluide pompé , de l'aspiration 5
vers le refoulement 6 ; la distribution des pressions est
régulière (figure 2 B) , de la basse pression d'aspiration
(P_A) à la haute pression de refoulement (P_R) .

-16-

Aux figures 4 A et B , le système est constitué d'un rotor hélicoïdal 2 sur lequel on installe un impulseur roto-dynamique 8 à pale hélicoïdale ,qui engendre un contre-courant axial , l'ensemble rotor 2 - impulseur 8 tournant à l'intérieur du stator 3 , sans contact . La figure 4(A) montre l'impulseur roto-dynamique 8 à pale hélicoïdale de pas constant ($h=ct.$) et un angle (b) variable . La figure 4(B) représente l'impulseur 8 à pale hélicoïdale d' angle constant ($b=ct.$) et pas (h) variable .

La figure 5 présente une variante à pale épaisse 9 de l'impulseur roto-dynamique 8 décrit dans la figure 4(A) , à pale hélicoïdale avec le pas (h) constant.

La figure 6 représente l'impulseur roto-dynamique 8 à double pales hélicoïdales 10 installées sur le rotor hélicoïdal 2 en décalage de 180° ; les pales 10 ont le pas (h) constant et l'angle (b) variable .

La figure 7 représente l'impulseur roto-dynamique 8 avec des pales axiales discontinues 11 installées sur le rotor 2 , l'ensemble tournant à l'intérieur du stator 3.

La figure 8 représente l'impulseur roto-dynamique 8 avec des pales hélicoïdales continues 13 sur chaque cavité 4 ; entre les cavités , sur une longueur limitée , le rotor 2 a un diamètre égal à celui des pales 13 de l'impulseur 8.

25

Exemple

L'exemple suivant illustre le concept de la Pompe Mixte , selon l'invention , sans toutefois limiter la portée de cette dernière .

Pour ce faire , on décrit un exemple de Pompe Mixte dont les performances hydrauliques sont équivalentes à une PCP .

La PCP de référence présente les caractéristiques suivantes : la longueur de la pompe est $l= 3.5$ m , le diamètre du rotor $D= 30$ mm, le diamètre extérieur de la pompe $OD= 90$ mm . Les

performances de la pompe à la vitesse de rotation

35

-17-

de $N= 500$ RPM (rotations par minute) sont : le débit pompé est $Q= 100 \text{ m}^3/\text{ jour}$, la hauteur de pompage(en eau)

5 $H= 600$ m, et le rendement volumique est de 0.9 ce qui signifie que le débit de fuite entre rotor et stator est de $q = 10 \text{ m}^3/\text{ jour}$.

Le rotor comprime le stator et la section d'écoulement entre le rotor et stator est faible : la surface est $S= 0.47 \text{ cm}^2$

10 et le diamètre hydraulique équivalent $d=0.25 \text{ mm}$.

Dans ces conditions le nombre de Reynolds correspondant est $Re= 1000$, ce qui montre que le régime d'écoulement est laminaire .

La hauteur de pompage H est :

15
$$H = \left(\lambda \frac{l}{d} \right) \frac{V^2}{2g} = 600 \text{ m}$$

Considérons la Pompe Mixte dont le rotor est de même diamètre ($D=30 \text{ mm}$) sur lequel on installe un impulseur hélico-axial à pale hélicoïdale continue (figure 4 A). Le pas constant de la pale est $h= 5 \text{ cm}$, ce qui signifie que sur la longueur

20 de la pompe ($l= 3.5 \text{ m}$) on a 70 hélices complètes .

Le diamètre extérieur de l'impulseur est $De = 40 \text{ mm}$ et alors la hauteur de la pale est de 5 mm ; l'espace entre la pale et le stator est d'environ 1 mm , équivalent à celui utilisé pour les pompes centrifuges .La vitesse de l'écoulement des

25 fuites q est $V_2 = 1 \text{ m/s}$, tandis que la vitesse du contre-courant engendré par la pale est $V_1= 0,5 \text{ m/s}$. Dans ces conditions le coefficient de pertes de charge locales peut être pris par analogie avec les obturateurs hydrauliques utilisés par l'industrie (diaphragmes , vannes à clapet ,

30 soupapes), ce qui revient à $\zeta = 75$ et alors la hauteur de

pompage est :

$$H = \sum \zeta \frac{V^2}{2g} = 600 \text{ m}$$

-18-

L'impulseur roto-dynamique de cette pompe est constitué d'une hélice continue sur toute la longueur de la pompe , dont la pale hélico-axiale a un pas constant $h = 5 \text{ cm}$, ce qui

5 revient à 70 hélices complètes sur la longueur de la pompe .
Compte tenu du fait que la hauteur de la pale est de 5 mm et le jeu entre la pale et le stator est 1 mm , le stator de la Pompe Mixte doit avoir un retrait équivalent (12 cm) .
Par conséquent , la Pompe Mixte selon l'invention présente

10 des performance hydrauliques (le débit et la hauteur de pompage) équivalentes à la pompe PCP .
Cependant , la Pompe Mixte comporte un jeu entre l'ensemble rotor -impulseur et le stator ce qui assure la protection du stator et conduit à des économies d'énergie . De même , on

15 peut augmenter la vitesse de rotation et le débit sans endommager le stator . En effet , le débit de pompage est proportionnel à la vitesse de rotation et en tournant à $N = 1000 - 2000 \text{ RPM}$, le débit est multiplié par 2 - 4 .

20



25

30

REVENDICATIONS

- 5 1 .Pompe Mixte (7) comportant un rotor hélicoïdal(2) sur lequel on installe avantageusement un impulseur roto-dynamique (8), l'ensemble rotor (2)-impulseur roto-dynamique (8) tournant sans contact à l'intérieur d'un stator hélicoïdal (3) , ledit ensemble rotor(2)-impulseur roto-
10 dynamique (8) et ledit stator (3)étant disposés de telle sorte que les cavités (4) formées se déplacent de l'aspiration (5) vers le refoulement(6), caractérisée par le fait que la pompe (7), agencée conformément à l'invention , assure par l'intermédiaire de l'impulseur roto-dynamique(8)
15 les moyens avantageusement prévus pour former une couche fluide sous pression entre ledit ensemble rotor (2)-impulseur roto-dynamique (8)et ledit stator(3), dans des conditions capables d'améliorer les performances et la fiabilité de la pompe(7) .
- 20
2. Pompe Mixte (7) selon la revendication 1 , caractérisée par le fait que les moyens assurés par l'impulseur roto-dynamique (8) pour former une couche fluide dans l'espace sans contact entre l'ensemble rotor (2)-impulseur
25 roto-dynamique (8) et le stator(3) sont agencés avantageusement pour transmettre les pressions entre les cavités(4), et pour dissiper l'énergie des fuites afin d'assurer une efficacité de pompage améliorée
- 30 3. Pompe Mixte selon la revendication 1 ou 2 , caractérisée par le fait que l'impulseur roto-dynamique(8), installé sur le rotor (2), est développé sur toute la longueur du rotor(2) ou partiellement .

4. Pompe Mixte selon l'une quelconque des revendications 1 à 3
5 , caractérisée par le fait que l'impulseur roto-dynamique (8)
comporte une ou plusieurs pales hélicoïdale , dont le pas et
l'angle par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe du
rotor (2) sont variables.

10 5. Pompe Mixte selon l'une quelconque des revendications 1 à 3
, caractérisée par le fait que l'impulseur roto-dynamique (8)
comporte une ou plusieurs pales hélicoïdales dont le pas est
constant et l'angle par rapport à un plan perpendiculaire à
l'axe du rotor (2) est variable .

15 6. Pompe Mixte selon l'une quelconque des revendications 1 à 3
, caractérisée par le fait que l'impulseur roto-dynamique (8)
comporte une ou plusieurs pales hélicoïdales dont l'angle par
rapport à un plan perpendiculaire à l'axe du rotor (2) est
20 constant et le pas est variable .

7. Pompe Mixte selon l'une quelconque des revendications 1 à 3
, caractérisée par le fait que l'impulseur roto-dynamique (8)
comporte un ensemble de pales discontinues disposées
25 avantageusement sur le rotor (2) , dont les caractéristiques
hydrodynamiques assurent la formation de la couche fluide
entre l'ensemble rotor(2)-impulseur roto-dynamique (8) et le
stator (3) .

30 8. Pompe Mixte selon l'une quelconque des revendications 1 à 7
, caractérisée par le fait que l'impulseur roto-dynamique (8)
comporte un ensemble de pales continues disposées
avantageusement sur la longueur de chaque cavité (4) du rotor

-21-

(2) et entre les dites cavités le diamètre du rotor (2)
5 est égal à celui des pales de l'impulseur roto-dynamique (8).

9. Pompe Mixte selon l'une quelconque des revendications 1 à
8 , caractérisée par le fait que les pales de l'impulseur
roto-dynamiques (8) sont épaisses , formant des canaux entre
10 les dites pales épaisses et le stator(3).

10. Application de la Pompe Mixte telle que définie à l'une
quelconque des revendications 1 à 9 , au pompage des fluides
, les dits fluides étant liquides , liquides visqueux ou gaz
15 , et au pompage des mélanges polyphasiques constitués des
liquides et gaz avec des particules solides.

20

25

30

35

1 / 6

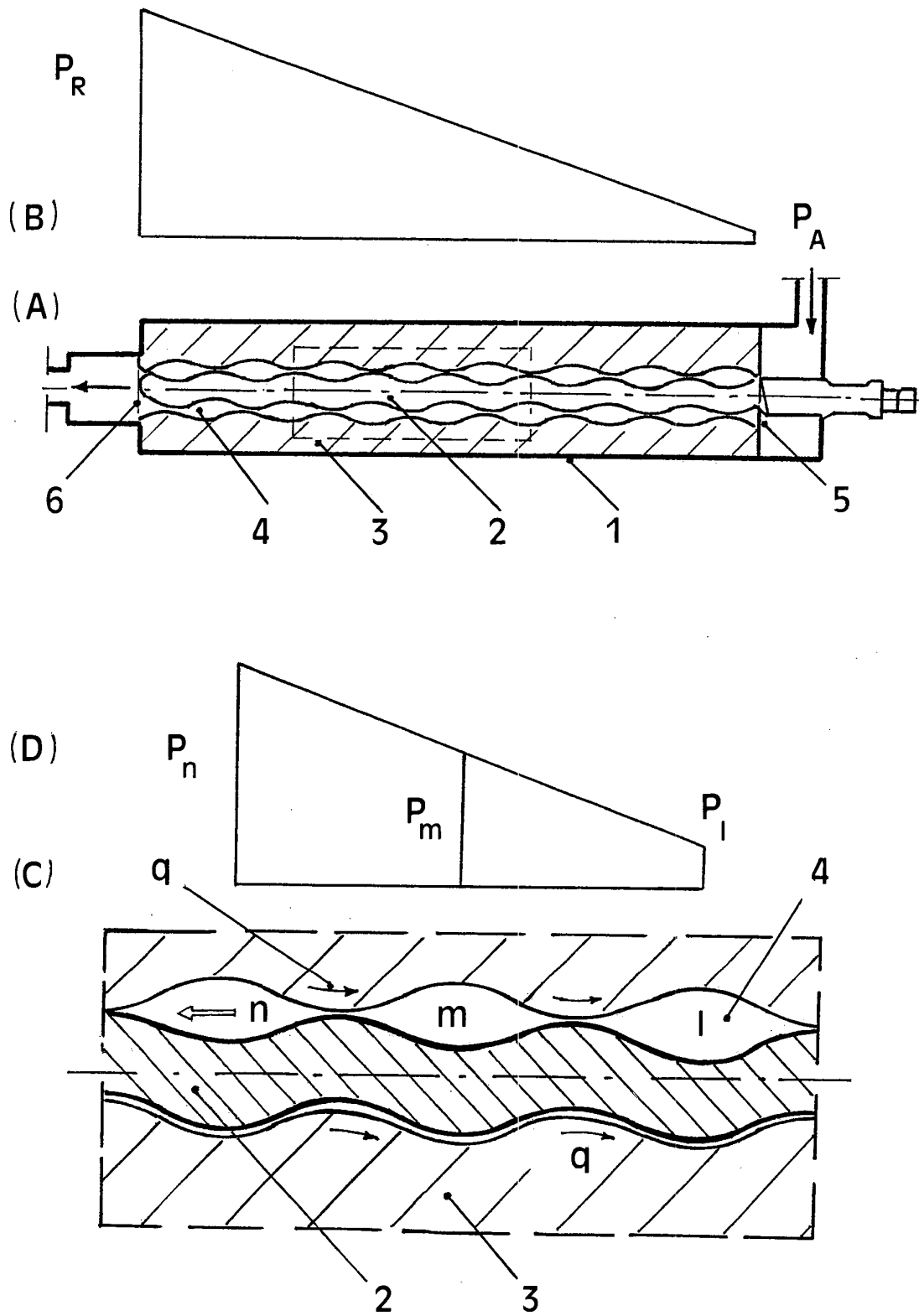


FIG.1

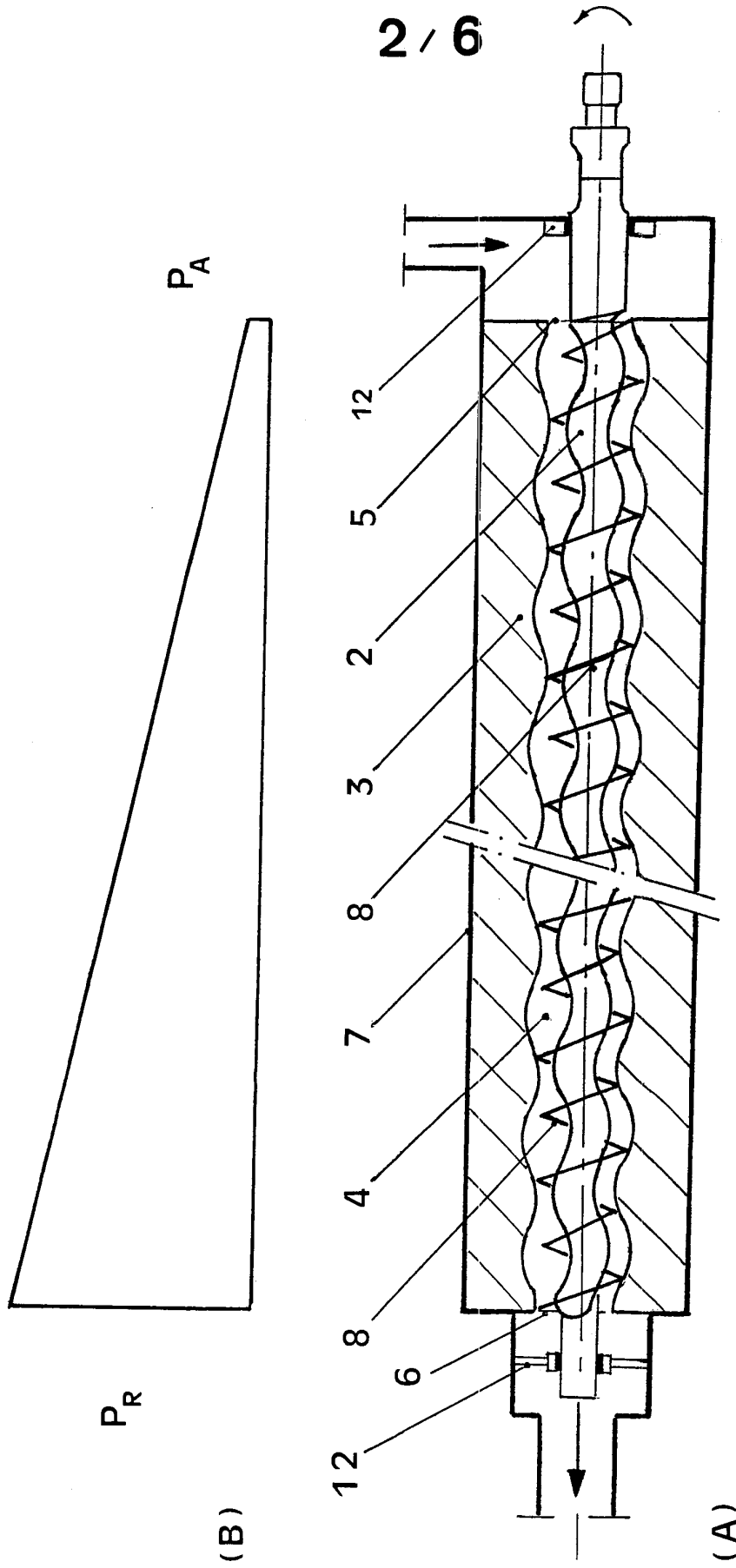


FIG. 2

3/6

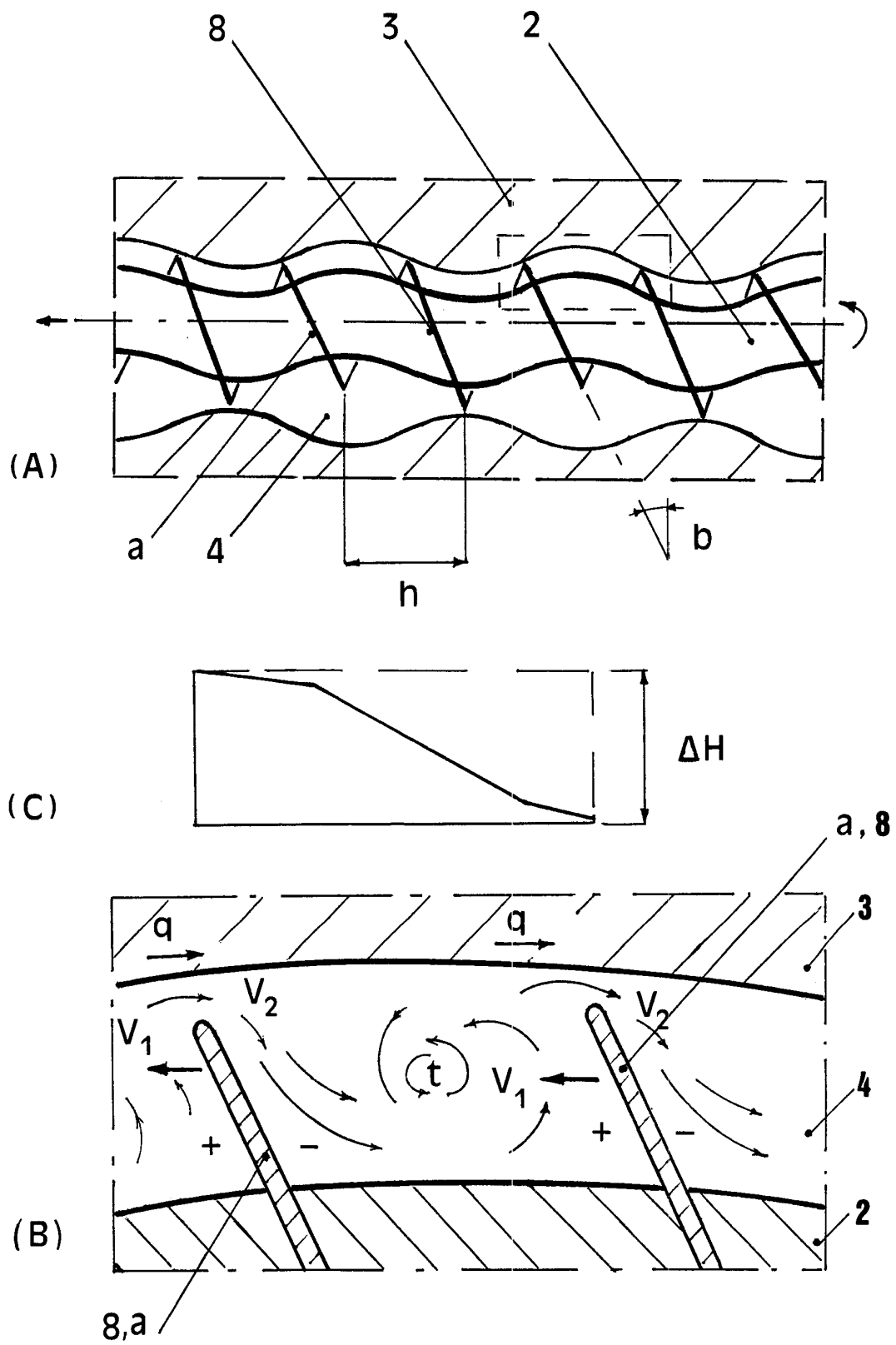


FIG. 3

4/6

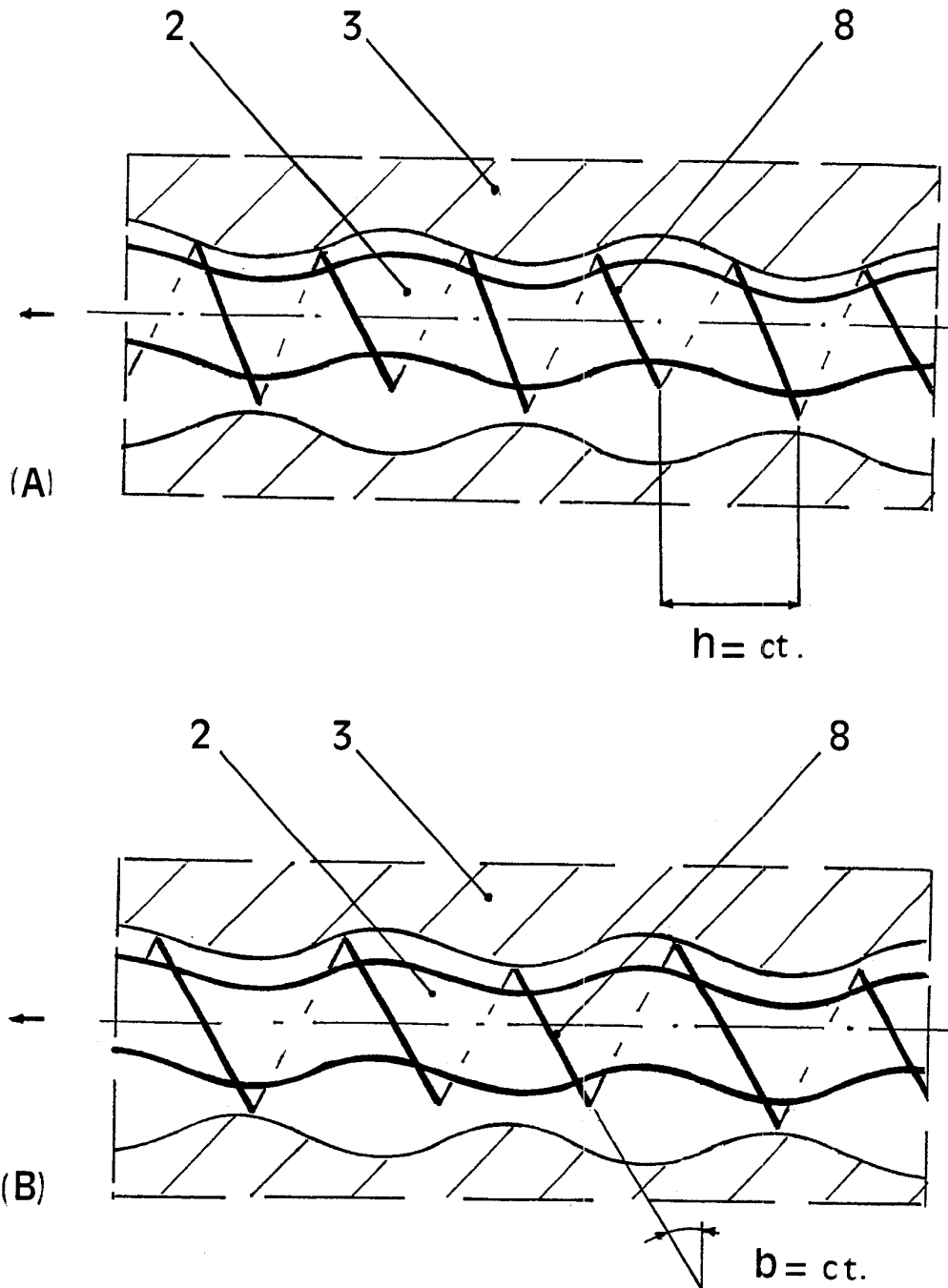


FIG.4

5/6

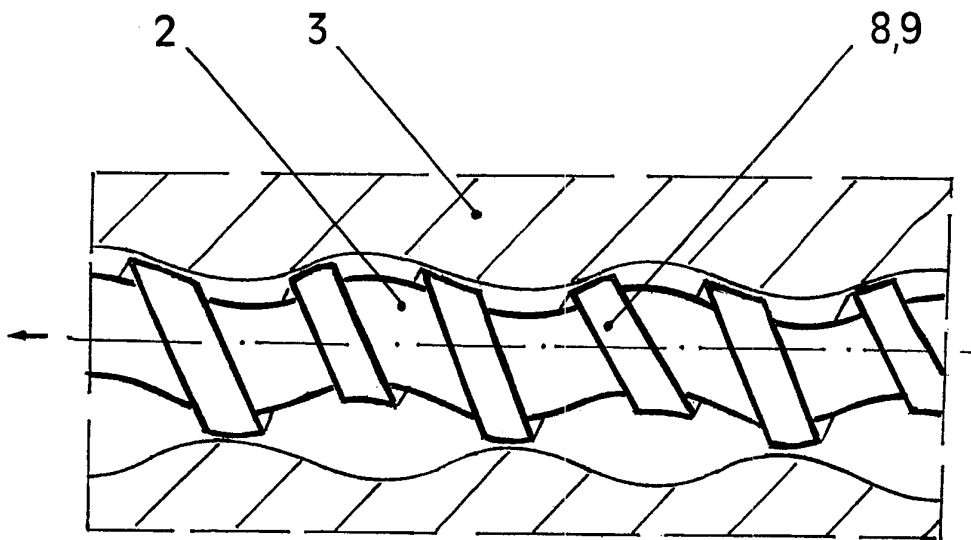


FIG.5

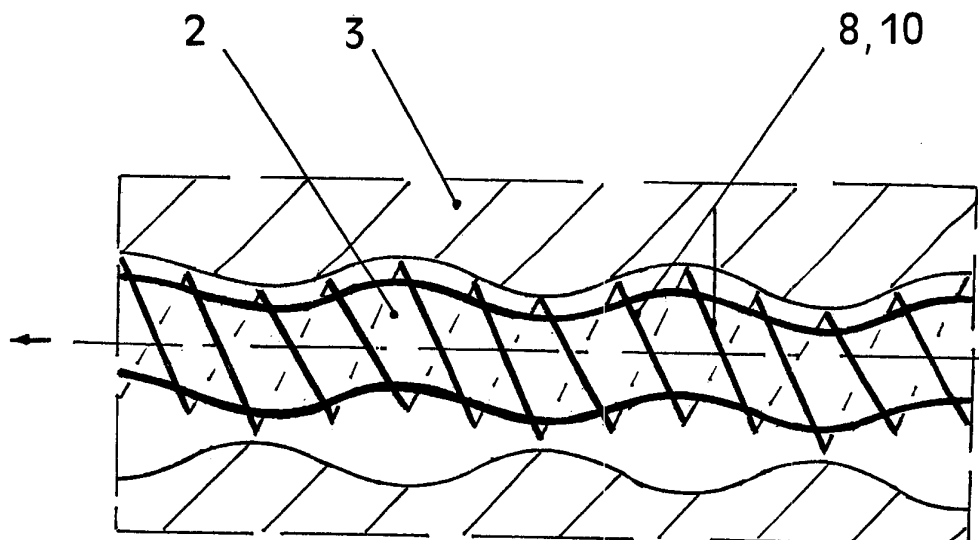


FIG.6

6 / 6

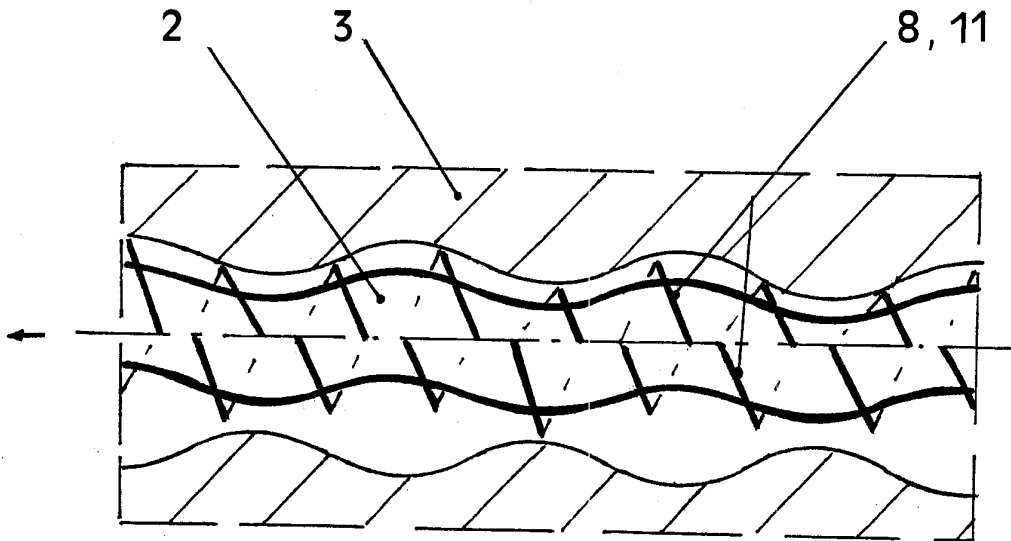


FIG. 7

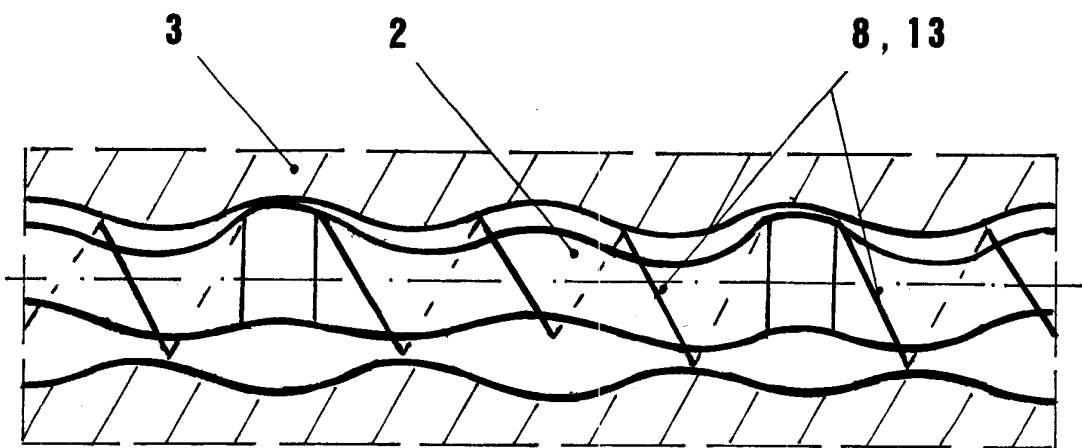


FIG. 8



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 663843
FR 0411898

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	FR 736 434 A (MOINEAU RENÉ-JOSEPH-LOUIS) 23 novembre 1932 (1932-11-23) * figures 1,4,5 * * page 1, ligne 49 - ligne 52 * * page 2, ligne 35 - ligne 43 * -----	1,10	F04C5/00 F04C15/00
A	FR 780 791 A (MOINEAU RENÉ-JOSEPH-LOUIS) 3 mai 1935 (1935-05-03) * figures 1,2 * * page 1, ligne 49 - page 2, ligne 9 * -----	1,10	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 04, 2 avril 2003 (2003-04-02) -& JP 2002 364554 A (MATSUSHITA REFRIG CO LTD), 18 décembre 2002 (2002-12-18) * abrégé * -----	1,10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			F04C F01C F04D F04B
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		18 juillet 2005	Lequeux, F
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0411898 FA 663843**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 18-07-2005

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 736434	A	23-11-1932	AUCUN	
FR 780791	A	03-05-1935	AUCUN	
JP 2002364554	A	18-12-2002	AUCUN	