

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Echangeur de chaleur et appareil de séparation comportant un échangeur de chaleur.

②② Date de dépôt : 07.01.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *L'AIR LIQUIDE SOCIETE
ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION
DES PROCEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE
ANONYME — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 14.07.23 Bulletin 23/28.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 01.12.23 Bulletin 23/48.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : DAVIDIAN Benoît.

⑦③ Titulaire(s) : *L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES
PROCEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE
ANONYME.*

⑦④ Mandataire(s) : *L'AIR LIQUIDE SOCIETE
ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION
DES PROCEDES GEORGES CLAUDE.*



Description

Titre de l'invention : Echangeur de chaleur et appareil de séparation comportant un échangeur de chaleur

- [0001] La présente invention est relative à un échangeur de chaleur et à un appareil de séparation comportant un échangeur de chaleur. L'échangeur de chaleur peut être de type à courant-croisé, mais peut aussi s'appliquer à un échangeur à contre-courant, comme décrit pour des sousrefroidisseurs dans « Cryogenic Engineering », éd. B.A.Hands, Academic Press, 1986, pages 213-216, EP1338856 et DE102018009780.
- [0002] [Fig.1] illustre un appareil de séparation comprenant une première colonne K1 opérant à une première pression et une deuxième colonne K2 adaptée pour opérer à une deuxième pression inférieure à la première pression, la tête de la première colonne étant thermiquement reliée à la cuve de la deuxième colonne et des moyens pour envoyer de l'air épuré et refroidi 10 à au moins la première colonne.
- [0003] Pour créer du reflux dans la deuxième colonne, du liquide B de la cuve de la première colonne, enrichi en oxygène, est envoyé à un niveau intermédiaire de la deuxième colonne après sous-refroidissement et détente. De même, du liquide C de la tête de la première colonne, enrichi en azote, est envoyé en tête de la deuxième colonne après sous-refroidissement souvent dans le même sous-refroidisseur S que le liquide enrichi en oxygène puis détente. Ces deux liquides sont appelés respectivement liquide riche et liquide pauvre.
- [0004] Les liquides sont refroidis par échange de chaleur avec un débit d'azote gazeux A de la deuxième colonne qui se réchauffe dans le sous-refroidisseur.
- [0005] Dans un sous-refroidisseur d'un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique, notamment dans une configuration courant-croisée, le refroidissement du liquide pauvre et du liquide riche se fait en deux échangeurs en série, comme dans US2840994. Ces échangeurs peuvent être intégrés dans un seul échangeur avec des sections distinctes. Cela signifie que le liquide riche est refroidi à une température supérieure à celle d'entrée du liquide pauvre. L'invention consiste à pouvoir pousser le refroidissement du liquide riche sans création de passage mort dans l'échangeur, ce qui permet de gagner en compacité.
- [0006] Le liquide riche B issu de la cuve de la première colonne K1 sort du sous-refroidisseur S à une température plus froide que celle en entrée du liquide pauvre C issu de la tête de la colonne K1.
- [0007] De l'oxygène gazeux 90 ou liquide est soutiré en bas de la colonne K2 comme produit.
- [0008] [Fig.2A] et [Fig.2B] illustrent des passages composant un échangeur de chaleur de

l'art antérieur avec des sections distinctes pour refroidir les liquides B, C.

[0009] [Fig.2A] illustre un des passages 1 de la série de n passages où :

- [0010] – du liquide B entre dans une première section S_B de l'échangeur S selon l'art antérieur par une boîte B1 et sortant par une boîte B2.
- du liquide C entre dans une deuxième section S_C de l'échangeur S selon l'art antérieur par une boîte C1 et sortant par une boîte C2.
- Les deux sections S_B et S_C sont en série

[0011] [Fig.2B] illustre un des passages 2 de la série de $n+1$ ou $2n$ passages dédiés au gaz A qui parcourt toute la longueur de l'échangeur S selon l'art antérieur, afin de chauffer les passages de la [Fig.2A] qui se trouvent de part et d'autre des passages de la [Fig.2B]. Le gaz descend en partant de l'entrée A1 et se réchauffe dans une série dédiée de passages pour arriver à la sortie A2. Ainsi dans la première section le gaz A n'échange de la chaleur qu'avec le liquide B et dans la deuxième section le gaz A n'échange de la chaleur qu'avec le liquide C.

[0012] L'échangeur S est composé d'un empilement de passages qui combinent les 2 séries de passages, avec un motif typiquement comme celui-ci : $(21)^{*n'2}$ ou $(212)^{*n'}$, n' étant le nombre de répétitions du motif, supérieur ou égal à 1

[0013] [Fig.3A] et [Fig.3B] illustrent des passages composant un échangeur de chaleur de l'art antérieur avec des sections distinctes pour refroidir les liquides B,C.

[0014] [Fig.3A] illustre un des passages 1 de la série de n passages dédiés au liquide B entrant dans une première section S_B de l'échangeur S par une boîte B1 et sortant par une boîte B2. La zone hachurée représente une zone morte où aucun échange thermique n'a lieu puisqu'aucun fluide n'y circule.

[0015] [Fig.3B] illustre un des passages 2 de la série de p passages dédiés au liquide C entrant dans une deuxième section S_C de l'échangeur S par une boîte C1 et sortant par une boîte C2. La zone hachurée représente une zone morte où aucun échange thermique n'a lieu puisqu'aucun fluide n'y circule.

[0016] [Fig.3C] illustre un des passages 3 de la série des $n+p+1$ ou $2n+2p$ passages dédiés au gaz A qui parcourt toute la longueur de l'échangeur S afin de chauffer les passages des [Fig.3A] et [Fig.3B] qui se trouvent de part et d'autre des passages de la [Fig.3C]. Le gaz descend en partant de l'entrée A1 et se réchauffe dans une série dédiée de passages pour arriver à la sortie A2. Ainsi dans la première section le gaz A n'échange de la chaleur qu'avec le liquide B et dans la deuxième section le gaz A n'échange de la chaleur qu'avec le liquide C.

[0017] L'échangeur S est composé d'un empilement de passages qui combine les trois séries de passages des [Fig.3A], [Fig.3B] et [Fig.3C] avec un motif typiquement comme celui-ci lorsque $n=p$: $(3132)^{*n'3}$ ou $(313323)^{*n'}$, n' étant le nombre de répétitions du motif, supérieur ou égal à 1.

- [0018] [Fig.4A] , [Fig.4B] et [Fig.4C] illustrent une variante des [Fig.3A] , [Fig.3B] et [Fig.3C] dans laquelle le liquide B sort de l'échangeur à une température plus froide que celle à laquelle le liquide C rentre dans l'échangeur. Ainsi il existe une section centrale S_{BC} de l'échangeur où le gaz A échange de la chaleur simultanément avec les deux liquides B,C.
- [0019] Selon un objet de l'invention, il est prévu un échangeur de chaleur pour permettre un échange de chaleur indirect entre un premier et un deuxième fluides à refroidir et au moins un troisième fluide à réchauffer, l'échangeur étant constitué par un empilement de plaques rectangulaires espacées, l'empilement ayant une longueur, une largeur et une hauteur, les plaques ayant une longueur et une largeur qui sont respectivement la longueur et la largeur de l'empilement , les plaques étant parallèles les unes aux autres de façon à définir entre lesdites plaques une pluralité de passages dont une première série de passages pour l'écoulement au moins du premier et du deuxième fluides, une deuxième série de passages pour l'écoulement du troisième fluide à mettre en relation d'échange de chaleur avec les premier et deuxième fluides, lesdits passages étant délimités par des bords périphériques, l'échangeur comprenant trois sections, chacune définie par la hauteur et la largeur de l'empilement et une fraction de la longueur de l'empilement, les trois sections comprenant une première section comprenant une extrémité de l'empilement, une deuxième section et une troisième section comprenant l'autre extrémité de l'empilement, la deuxième section étant entre les première et troisième sections et au moins deux des première, deuxième et troisième sections se juxtaposant, des moyens bouchant la première série de passages là où la première et la deuxième section se juxtaposent et/ou là où la deuxième et la troisième section se juxtaposent, des moyens pour introduire le premier fluide dans les passages de la première série à une extrémité libre de la première section, des moyens pour sortir le premier fluide des passages de la première série de la première section, des moyens pour introduire le premier fluide dans une partie seulement des passages de la première série dans la deuxième section, des moyens pour sortir le premier fluide de la partie des passages de la première série, des moyens pour introduire le deuxième fluide dans une autre partie, voire le reste des passages de la première série dans la deuxième section, des moyens pour sortir le deuxième fluide de l'autre partie, voire du reste des passages de la première série de la deuxième section, des moyens pour introduire le deuxième fluide dans les passages de la première série dans la troisième section, des moyens pour sortir le deuxième fluide des passages de la première série à l'extrémité libre de la troisième section, des moyens pour introduire le troisième fluide dans la troisième section, des moyens pour faire parcourir le troisième fluide successivement dans les troisième, deuxième et première sections et des moyens pour retirer le troisième fluide de la première section.

[0020] Selon d'autres aspects facultatifs :

- [0021] – n passages de la première série sont dédiés au premier fluide dans la première section et n-m passages de la première série sont dédiés au premier fluide dans la deuxième section.
- aucun passage est relié pour l'écoulement du premier fluide dans la troisième section.
- n passages de la première série sont dédiés au deuxième fluide dans la troisième section et q où $q \leq m$ passages de la première série sont dédiés au deuxième fluide dans la deuxième section.
- $q \neq m$
- n passages de la première série sont dédiés au deuxième fluide dans la troisième section et m où $m < n$ passages de la première série sont dédiés au deuxième fluide dans la deuxième section.
- aucun passage est relié pour l'écoulement du deuxième fluide dans la première section.
- le nombre de passages de la première série dédiés au premier fluide dans la première section est n et le nombre de passages de la première série dédiés au premier fluide dans la deuxième section est $n/2$.
- le nombre de passages dédiés au deuxième fluide dans la deuxième section est $n/2$ et le nombre de passages dédiés au deuxième fluide dans la troisième section est n.
- l'échangeur est adapté pour refroidir seulement deux fluides
- les plaques sont en aluminium et sont séparées les unes des autres par des ailettes formant des canaux dans les passages, les plaques et les ailettes étant brasées ensemble.
- l'échangeur ne comprend que les première et deuxième séries de passages.
- l'échangeur comprend une troisième série de passages pour réchauffer un quatrième fluide
- la première série de passages comprend au moins un premier passage formé entre deux plaques successives et au moins un deuxième passage formé entre deux plaques successives, chacun desquels est adjacent à un passage de la deuxième série

[0022] Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un appareil de séparation d'air comprenant une première colonne adaptée pour opérer à une première pression et une deuxième colonne adaptée pour opérer à une deuxième pression inférieure à la première pression, la tête de la première colonne étant thermiquement reliée à la cuve de la deuxième colonne, des moyens pour envoyer de l'air épuré et refroidi à au moins la première colonne, des moyens pour envoyer un premier fluide, qui est un liquide, de

la cuve de la première colonne à la deuxième colonne, des moyens pour envoyer un deuxième fluide, qui est un liquide, de la tête de la première colonne à la deuxième colonne, des moyens pour soutirer un troisième fluide, qui est un gaz enrichi en azote, de la deuxième colonne, des moyens pour soutirer un fluide enrichi en oxygène de la deuxième colonne et un échangeur de chaleur tel que décrit ci-dessus relié aux moyens pour envoyer le premier fluide de la cuve de la première colonne à la deuxième colonne, aux moyens pour envoyer le deuxième fluide de la tête de la première colonne à la deuxième colonne et aux moyens pour soutirer le troisième fluide de la deuxième colonne pour permettre le réchauffement au moins du troisième fluide par échange de chaleur indirect avec au moins les premier et deuxième fluides qui se refroidissent.

- [0023] L'invention consiste, dans une zone centrale de l'échangeur où coexistent le liquide riche et le liquide pauvre, à superposer les deux fluides dans l'échangeur en attribuant une partie des passages à un fluide et au moins une partie des autres passages à l'autre fluide, par exemple en divisant par 2 les nombres de passage pour chaque fluide, avec une boîte de redistribution externe qui permet de passer des n passages à $n/2$ dans cette zone centrale.
- [0024] On évite ainsi les zones mortes dans l'échangeur qui gagne en efficacité et compacité.
- [0025] L'invention s'applique pour un échangeur à courant-croisé, mais peut aussi s'appliquer à un échangeur à contre-courant.
- [0026] Il sera compris que l'échangeur peut également servir à réchauffer un troisième liquide.
- [0027] L'invention sera décrite de manière plus détaillée à l'aide de figures où:
- [0028] [Fig.5A] illustre un des passages 1 de la 1^{ère} série de passages dédiés au refroidissement de liquides dans l'échangeur
- [0029] [Fig.5B] illustre un autre des passages 2 de la 1^{ère} série de passages dédiés au refroidissement des liquides dans l'échangeur
- [0030] [Fig.4C] illustre un des passages 3 de la 2^{ème} série de passages dédiés au réchauffage d'un gaz dans l'échangeur.
- [0031] Un échangeur de chaleur selon l'invention est constitué par un empilement de plaques rectangulaires espacées, l'empilement ayant une longueur, une largeur et une hauteur, les plaques ayant une longueur et une largeur qui sont respectivement la longueur et la largeur de l'empilement, les plaques étant parallèles les unes aux autres de façon à définir entre lesdites plaques une pluralité de passages.
- [0032] Les passages comprennent une première série de passages pour l'écoulement des premier et deuxième fluides et une deuxième série de passages pour l'écoulement d'un troisième fluide à mettre en relation d'échange de chaleur avec les premier et deuxième fluides.

- [0033] Dans le cas décrit, l'échangeur ne comprend que la première et la deuxième série. Or dans d'autres cas, plus que deux liquides peuvent être refroidis.
- [0034] La première série de passages comprend au moins un premier passage 1 formé entre deux plaques successives et au moins un deuxième autre passage 2 formé entre deux plaques successives, chacun desquels est adjacent à un passage de la deuxième série.
- [0035] Les passages sont délimités par des bords périphériques.
- [0036] L'échangeur comprend trois sections, chacune définie par la hauteur et la largeur de l'empilement et une fraction de la longueur de l'empilement, les trois sections comprenant une première section comprenant une extrémité de l'empilement, une deuxième section et une troisième section comprenant l'autre extrémité de l'empilement, la deuxième section étant entre les première et troisième sections et les première, deuxième et troisième sections se juxtaposent dans cet exemple.
- [0037] Dans les sections en extrémité de l'échangeurs, tous les passages de la première série reçoivent de préférence un seul liquide à refroidir. Dans au moins une section centrale, seulement une partie des passages de la 1ère série sont alimentés par le liquide B, d'autres, voire le reste, étant alimentés par le liquide C.
- [0038] Dans la [Fig.5A], on voit un des passages 1 de la première série de passages de l'échangeur de chaleur où se refroidissent les liquides B et C et dans la [Fig.5B], on voit un autre des passages 2 de la première série de passages de l'échangeur de chaleur où se refroidissent les liquides B et C. Chacun de ces passages est en contact avec un passage 3 de réchauffage de gaz A selon la [Fig.5C].
- [0039] Chaque série de passage comporte une première section S_B , une deuxième section S_{BC} et une troisième section S_C . La référence en indice indique le liquide qui se refroidit dans la section : ainsi uniquement le liquide B se refroidit dans la première section S_B , les deux liquides B, C se refroidissent dans la deuxième section S_{BC} et uniquement le liquide C se refroidit dans la troisième section S_C .
- [0040] En étudiant les [Fig.5A] et [Fig.5B], le liquide B rentre dans l'échangeur à l'extrémité inférieure constituant le bout chaud dans les passages de chacune des figure dans la première section S_B . La boîte B1 d'entrée communique avec l'ensemble des passages et autres passages 1 et 2 permettant une circulation essentiellement dans un sens perpendiculaire à l'axe de l'échangeur. Le liquide B partiellement sous-refroidi sort d'une première section S_B dans une boîte R1 qui ne permet pas au liquide B de circuler les passages 1 de la [Fig.5A] mais qui l'envoie vers les autres passages 2 de la [FIG .5B] où il circule dans une partie de l'ensemble des passages, ici la moitié, de la deuxième section S_{BC} . Ensuite le liquide B sort de l'échangeur par la boîte B2 des autres passages 2 de la [FIG .5B] et ne traverse pas les passages de la troisième section S_C .
- [0041] Similairement le liquide C rentre directement dans la deuxième section S_{BC} sans

traverser la première section S_B . Le liquide C se refroidit seulement dans les autres passages 2 de la [Fig.5A] et pas dans les passages 1 de la [FIG .5B] dans la deuxième section S_{BC} . Ensuite la boîte R2 distribue le liquide C partiellement refroidi sur l'ensemble des passages et autres passages 1 et 2 [Fig.5A] et [Fig.5B], pour sortir complètement refroidi de la boîte C2.

- [0042] Le gaz A parcourt l'échangeur successivement dans les troisième, deuxième et première sections et est retiré réchauffé de la première section.
- [0043] Les trois sections comprennent donc une première section comprenant une extrémité de l'empilement, une deuxième section et une troisième section comprenant l'autre extrémité de l'empilement, la deuxième section étant entre les première et troisième sections. Chacune des trois sections est définie par la hauteur et la largeur de l'empilement et une fraction de la longueur de l'empilement.
- [0044] L'invention est décrite ici avec le même nombre de passages dans la deuxième section pour les liquides B, C, par exemple du liquide riche et du liquide pauvre d'un appareil de séparation d'air. Elle peut être extrapolée avec des nombres de passages différents et des fluides différents ou supplémentaires.
- [0045] L'échangeur comporte une première série de passages composé des passages 1 et autres passages 2 des [Fig.5A] et [Fig.5B], et une deuxième série de passages composé des passages 3 de la [Fig.4C].
- [0046] L'échangeur S est composé d'un empilement de passages qui combinent les deux séries de passages, avec un motif typiquement comme celui-ci : $(3132)^{*n'3}$ ou $(313323)^{*n'}$, n' étant le nombre de répétitions du motif, supérieur ou égal à 1
- [0047] Dans la configuration de l'échangeur, il n'y a pas de zone morte sans échange thermique.
- [0048] L'échangeur est « découpé » en 3 sections :
- [0049]
- Une section S_B avec uniquement le liquide riche B qui circule
 - Une section commune S_{BC} où le liquide riche B et le liquide pauvre C co-existent
 - Une section S_C avec uniquement le liquide pauvre C qui circule
- [0050] Dans l'exemple concret de la séparation de l'air, le liquide riche B rentre en partie basse dans n passages dans la section S_B , puis sort dans une boîte externe, pour rentrer de nouveau dans une partie, par exemple $n/2$, passages en bas de la section commune S_{BC} , pour sortir ensuite en haut de la zone commune.
- [0051] Le liquide pauvre C rentre dans une partie, voire le reste des passages, par exemple $n/2$ passages en partie basse de la section commune S_{BC} , puis sort dans une boîte externe en haut de la section commune, et rentre de nouveau dans n passages en partie basse de la section S_C , pour sortir ensuite en haut de la section S_C .
- [0052] Les boîtes externes R1, R2 permettent de changer le nombre de passages dans

lesquels circule le fluide le long de l'échangeur.

- [0053] Les entrées/sorties B1, B2, C1, C2 peuvent être sur la même face ou des faces opposées selon le nombre de passes.
- [0054] Le principe peut être étendu à un nombre différent de passages entre liquide riche et liquide pauvre, et la répartition dans la zone commune peut être autre que moitié-moitié.
- [0055] Il peut y avoir aussi d'autres fluides que liquide riche et liquide pauvre, typiquement de l'air liquide, de l'azote liquide et de l'oxygène liquide. De même, on avoir de l'azote pur en plus de l'azote résiduaire.
- [0056] L'échangeur comprend des parois P bouchant la première série de passages là où la première et la deuxième section se juxtaposent et/ou là où la deuxième et la troisième section se juxtaposent.
- [0057] De préférence, les plaques de l'échangeur sont en aluminium et sont séparées les unes des autres par des ailettes formant des canaux dans les passages, les plaques et les ailettes étant brasées ensemble.
- [0058] L'échangeur selon l'invention peut être de type à courant-croisé, mais peut aussi s'appliquer à un échangeur à contre-courant.
- [0059] L'échangeur peut être intégré dans un appareil de séparation d'air comprenant une première colonne adaptée pour opérer à une première pression et une deuxième colonne adaptée pour opérer à une deuxième pression inférieure à la première pression, la tête de la première colonne étant thermiquement reliée à la cuve de la deuxième colonne, des moyens pour envoyer de l'air épuré et refroidi à au moins la première colonne, des moyens pour envoyer un premier fluide B, qui est un liquide, de la cuve de la première colonne à la deuxième colonne, des moyens pour envoyer un deuxième fluide C, qui est un liquide, de la tête de la première colonne à la deuxième colonne, des moyens pour soutirer un troisième fluide A, qui est un gaz enrichi en azote, de la deuxième colonne, des moyens pour soutirer un fluide enrichi en oxygène de la deuxième colonne. L'échangeur de chaleur est relié pour permettre le réchauffement du troisième fluide par échange de chaleur indirect avec les premier et deuxième fluides, de préférence avec son axe principal à la verticale.
- [0060] L'échangeur de chaleur peut servir à réchauffer au moins deux fluides, par exemple deux débits d'azote gazeux, en rajoutant au moins une série additionnelle de passages de réchauffement ou en partageant les passages de la deuxième série.
- [0061] L'échangeur de chaleur peut servir à refroidir au moins trois fluides en partageant les passages de la deuxième section en au moins trois.

Revendications

[Revendication 1]

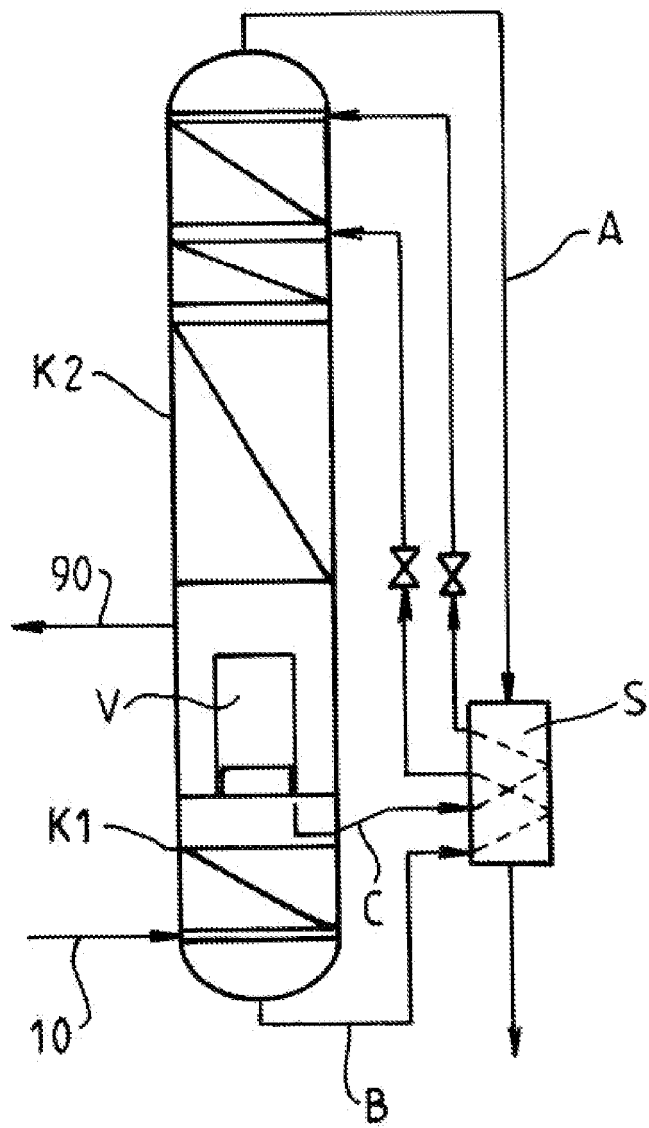
Echangeur de chaleur pour permettre un échange de chaleur indirect entre un premier et un deuxième fluides (B, C) à refroidir et au moins un troisième fluide (A) à réchauffer, l'échangeur étant constitué par un empilement de plaques rectangulaires espacées, l'empilement ayant une longueur, une largeur et une hauteur, les plaques ayant une longueur et une largeur qui sont respectivement la longueur et la largeur de l'empilement, les plaques étant parallèles les unes aux autres de façon à définir entre lesdites plaques une pluralité de passages dont une première série de passages (1,2) pour l'écoulement au moins du premier et du deuxième fluides, une deuxième série de passages (3) pour l'écoulement du troisième fluide à mettre en relation d'échange de chaleur avec les premier et deuxième fluides, lesdits passages étant délimités par des bords périphériques, l'échangeur comprenant trois sections chacune définie par la hauteur et la largeur de l'empilement et une fraction de la longueur de l'empilement, les trois sections comprenant une première section (SB) comprenant une extrémité de l'empilement, une deuxième section (SBC) et une troisième section (SC) comprenant l'autre extrémité de l'empilement, la deuxième section étant entre les première et troisième sections et au moins deux des première, deuxième et troisième sections se juxtaposant, des moyens (P) bouchant la première série de passages là où la première et la deuxième section se juxtaposent et/ou là où la deuxième et la troisième section se juxtaposent, des moyens (B1) pour introduire le premier fluide dans les passages de la première série à une extrémité libre de la première section, des moyens (R1) pour sortir le premier fluide des passages de la première série de la première section, des moyens (R1) pour introduire le premier fluide dans une partie seulement des passages de la première série dans la deuxième section, des moyens pour sortir le premier fluide (B2) de la partie des passages de la première série, des moyens pour introduire le deuxième fluide (C1) dans une autre partie, voire le reste des passages de la première série dans la deuxième section, des moyens (R2) pour sortir le deuxième fluide de l'autre partie, voire du reste des passages de la première série de la deuxième section, des moyens (R2) pour introduire le deuxième fluide dans les passages de la première série dans la troisième section, des moyens (C2) pour sortir le deuxième fluide des passages de la première série à l'extrémité libre de la

troisième section, des moyens pour introduire le troisième fluide dans la troisième section, des moyens pour faire parcourir le troisième fluide successivement dans les troisième, deuxième et première sections et des moyens pour retirer le troisième fluide de la première section.

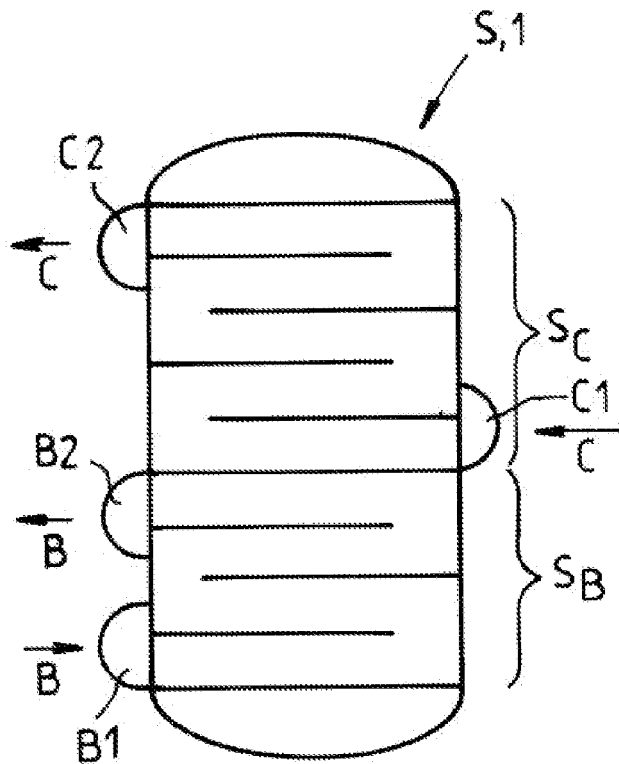
- [Revendication 2] Echangeur selon la revendication 1 dans lequel n passages de la première série sont dédiés au premier fluide dans la première section (SB) et $n-m$ passages de la première série sont dédiés au premier fluide dans la deuxième section(SBC).
- [Revendication 3] Echangeur selon l'une des revendications précédentes dans lequel aucun passage est relié pour l'écoulement du premier fluide dans la troisième section(SC).
- [Revendication 4] Echangeur selon l'une des revendications précédentes dans lequel n passages de la première série sont dédiés au deuxième fluide dans la troisième section (SC) et m où $m < n$ passages de la première série sont dédiés au deuxième fluide dans la deuxième section(SBC).
- [Revendication 5] Echangeur selon l'une des revendications précédentes dans lequel aucun passage est relié pour l'écoulement du deuxième fluide dans la première section(SB).
- [Revendication 6] Echangeur selon l'une des revendications précédentes dans lequel le nombre de passages de la première série dédiés au premier fluide dans la première section (SB) est n et le nombre de passages de la première série dédiés au premier fluide dans la deuxième section (SBC) est $n/2$.
- [Revendication 7] Echangeur selon l'une des revendications précédentes dans lequel le nombre de passages dédiés au deuxième fluide dans la deuxième section (SBC) est $n/2$ et le nombre de passages dédiés au deuxième fluide dans la troisième section (SC) est n .
- [Revendication 8] Echangeur selon l'une des revendications précédentes dans lequel les plaques sont en aluminium et sont séparées les unes des autres par des ailettes formant des canaux dans les passages, les plaques et les ailettes étant brasées ensemble.
- [Revendication 9] Échangeur selon l'une des revendications précédentes ne comprenant que la première et deuxième séries de passages (1,2,3).
- [Revendication 10] Appareil de séparation d'air comprenant une première colonne adaptée (K1) pour opérer à une première pression et une deuxième colonne (K2) adaptée pour opérer à une deuxième pression inférieure à la première pression, la tête de la première colonne étant thermiquement reliée à la cuve de la deuxième colonne, des moyens pour envoyer de l'air (10) épuré et refroidi à au moins la première colonne, des moyens pour

envoyer un premier fluide (B), qui est un liquide, de la cuve de la première colonne à la deuxième colonne, des moyens pour envoyer un deuxième fluide (C) , qui est un liquide, de la tête de la première colonne à la deuxième colonne, des moyens pour soutirer un troisième fluide (A), qui est un gaz enrichi en azote, de la deuxième colonne, des moyens pour soutirer un fluide enrichi en oxygène (90) de la deuxième colonne et un échangeur de chaleur (S) selon l'une des revendications précédentes relié aux moyens pour envoyer le premier fluide de la cuve de la première colonne à la deuxième colonne, aux moyens pour envoyer le deuxième fluide de la tête de la première colonne à la deuxième colonne et aux moyens pour soutirer le troisième fluide de la deuxième colonne pour permettre le réchauffement au moins du troisième fluide par échange de chaleur indirect avec au moins les premier et deuxième fluides qui se refroidissent.

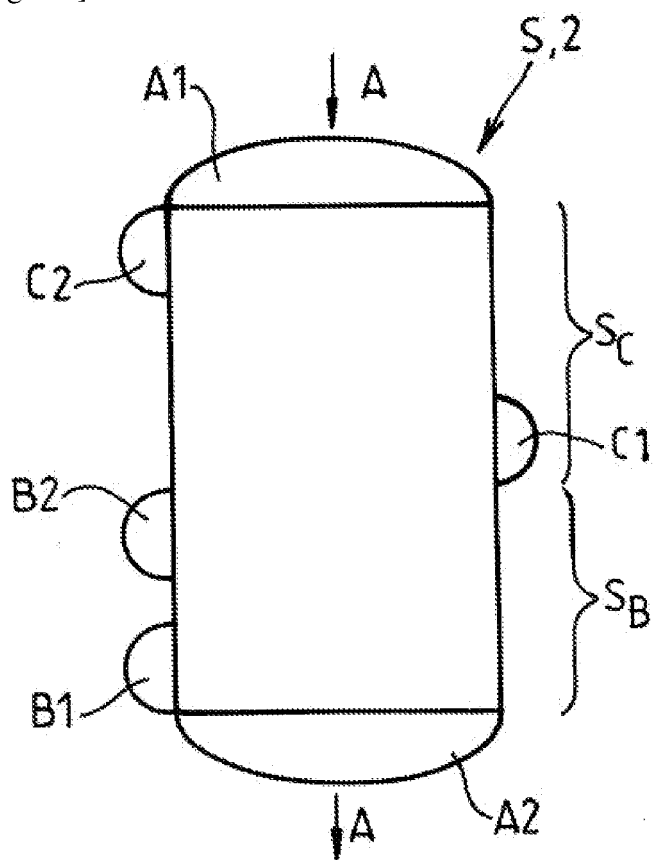
[Fig. 1]



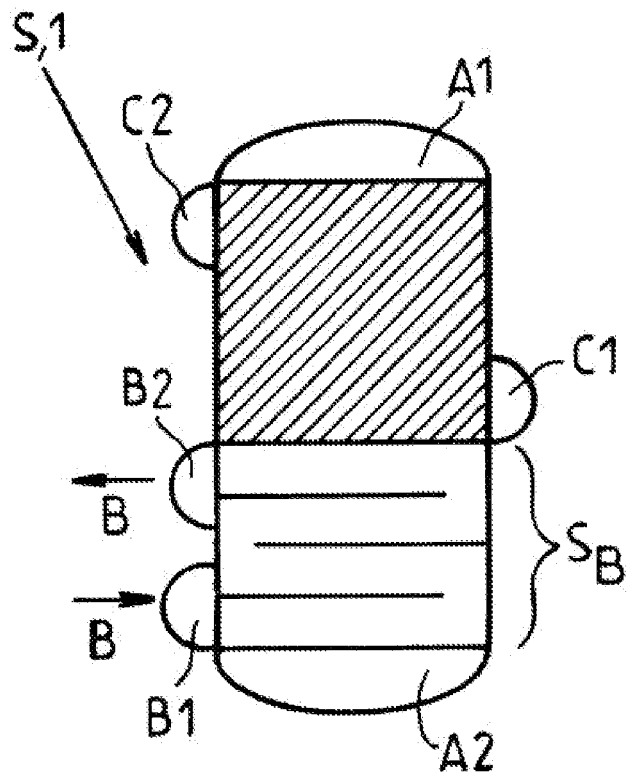
[Fig. 2A]



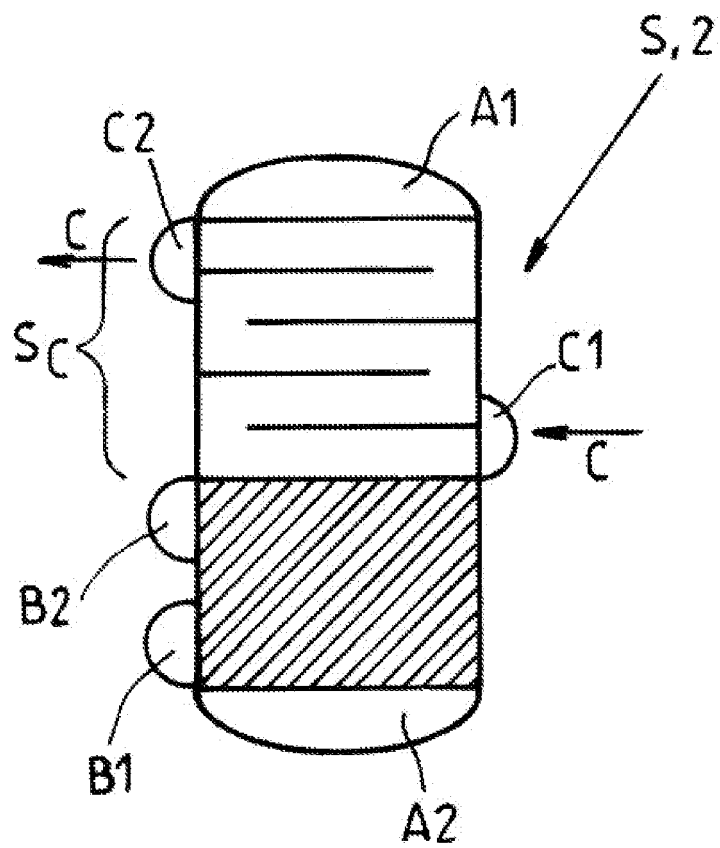
[Fig. 2B]



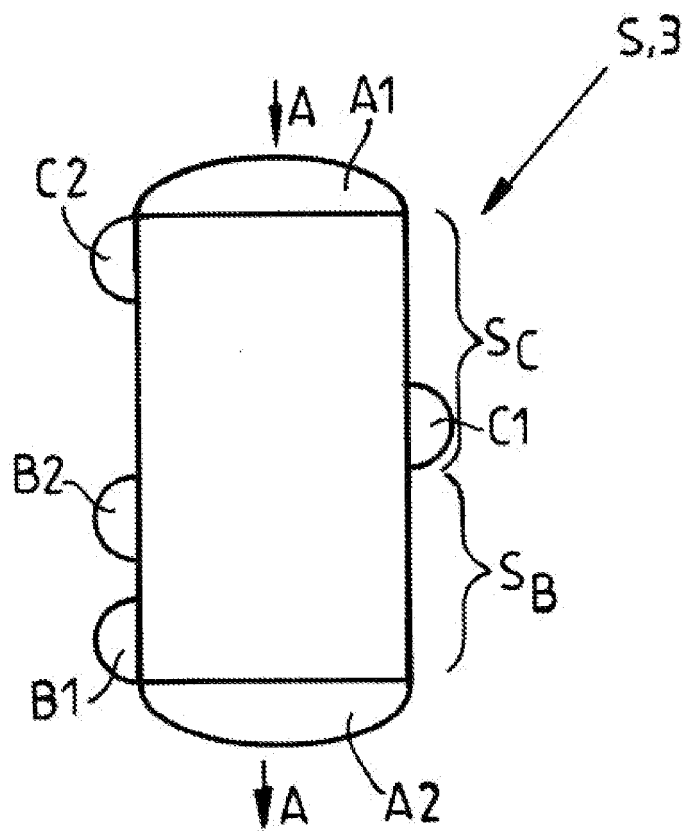
[Fig. 3A]



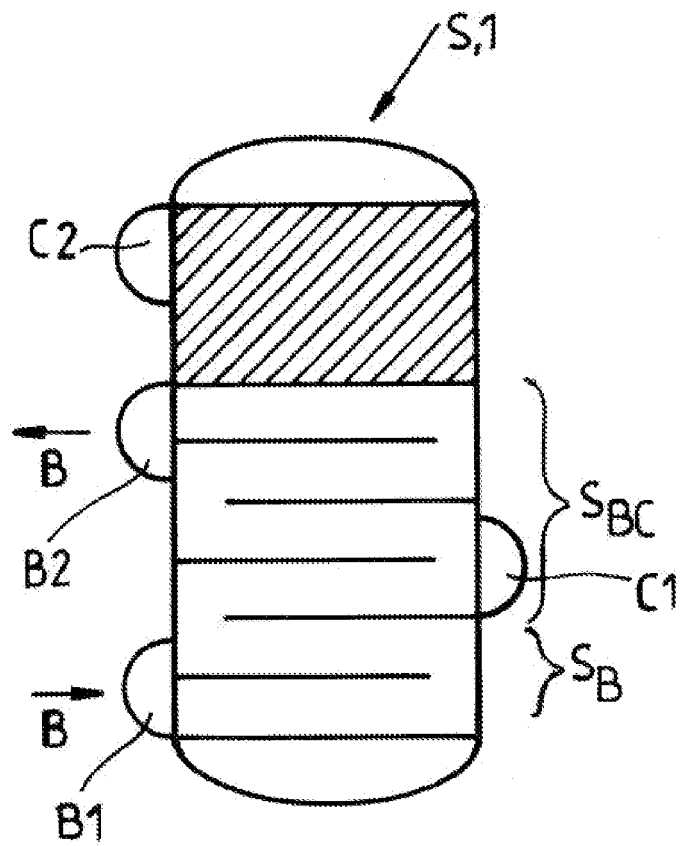
[Fig. 3B]



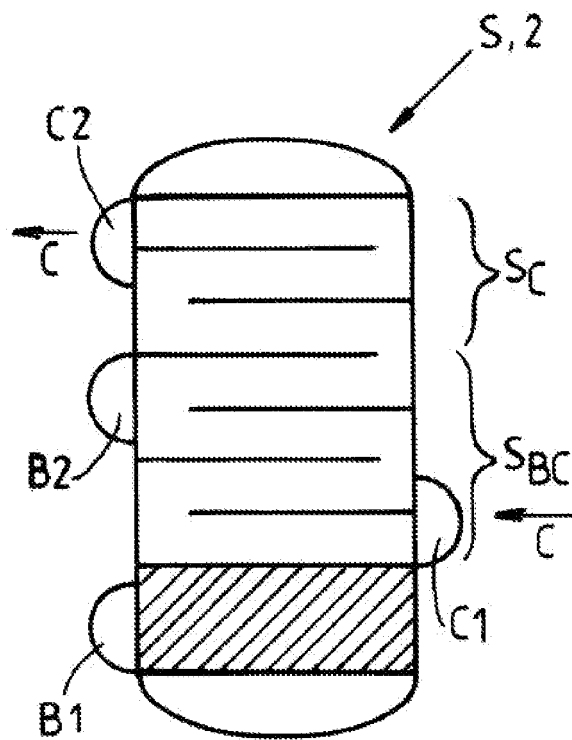
[Fig. 3C]



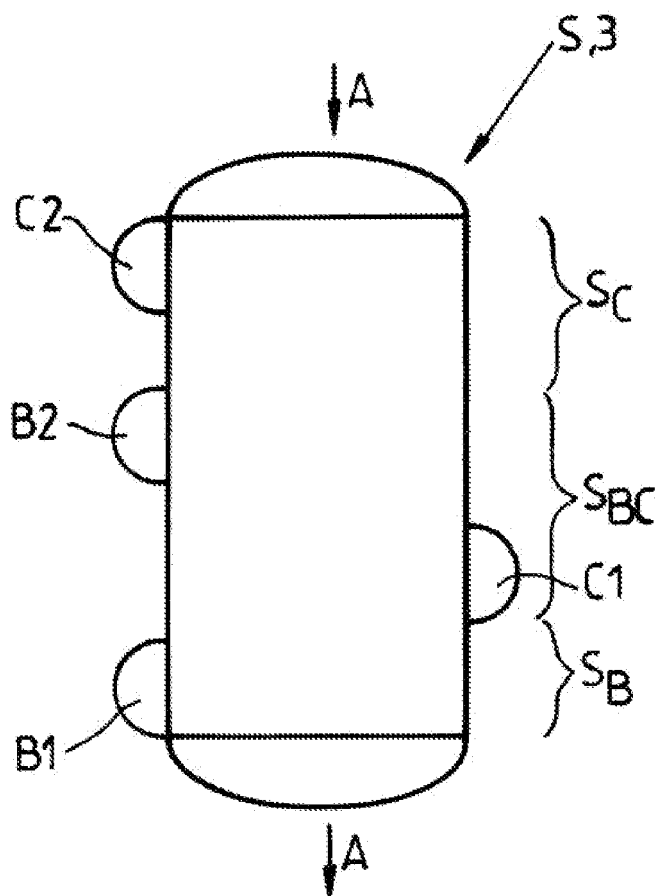
[Fig. 4A]



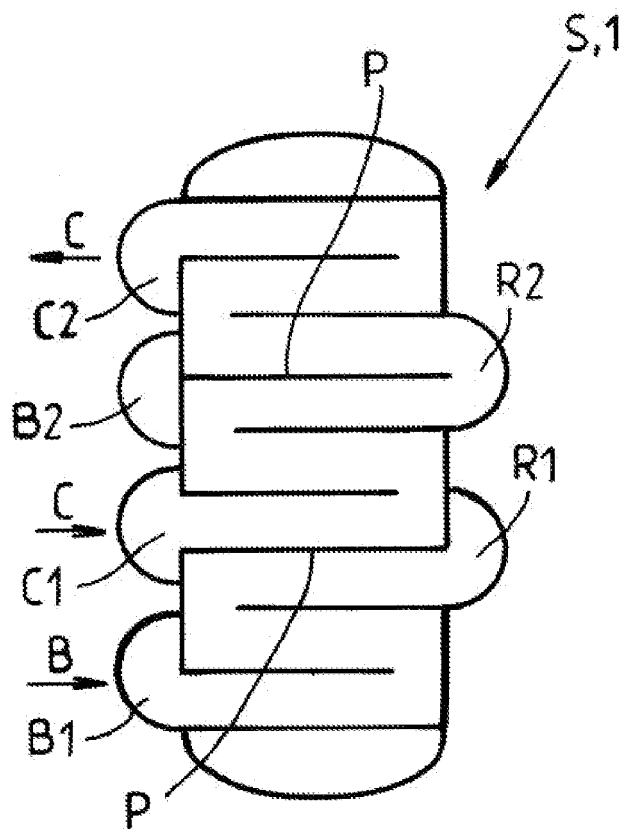
[Fig. 4B]



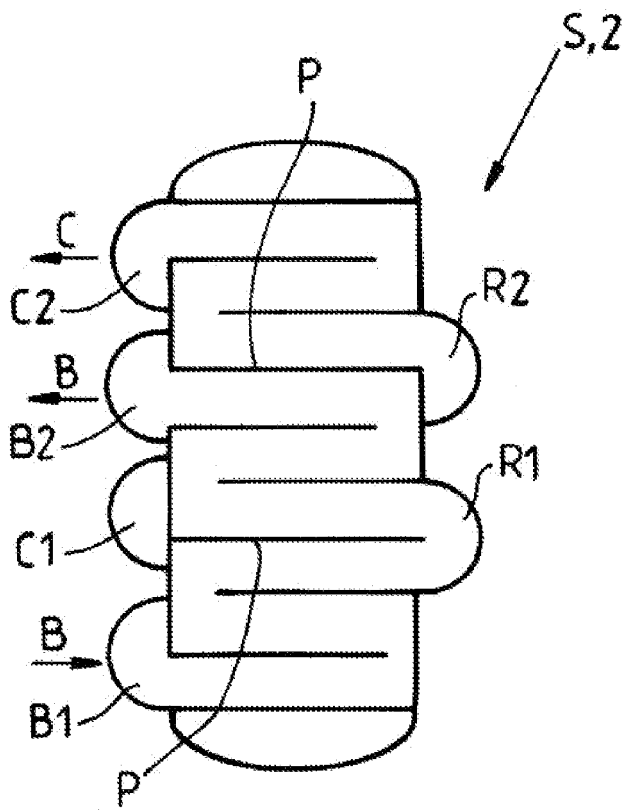
[Fig. 4C]



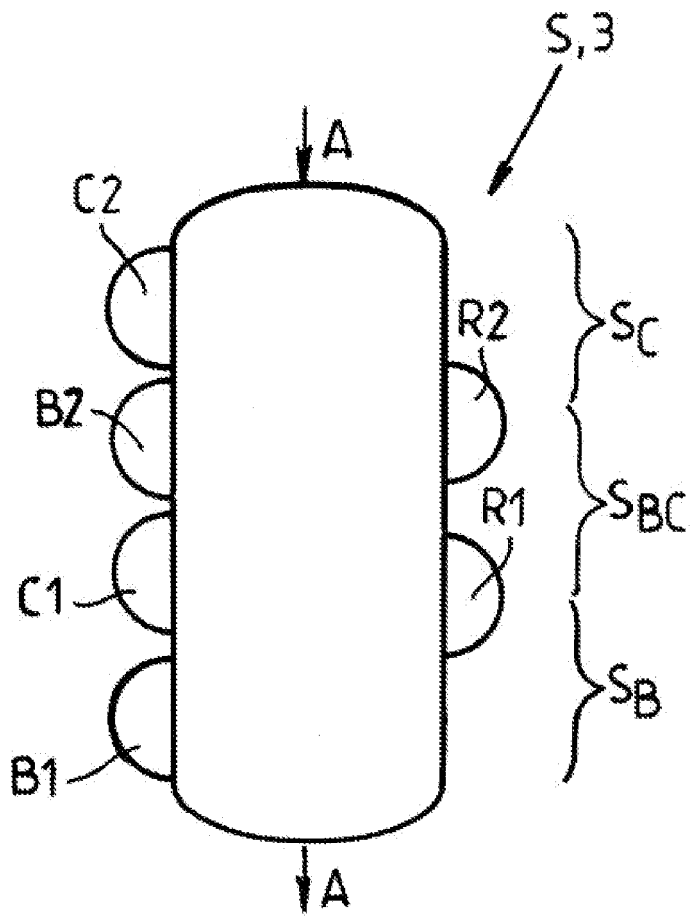
[Fig. 5A]



[Fig. 5B]



[Fig. 5C]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

WO 2021/019160 A1 (AIR LIQUIDE [FR])
4 février 2021 (2021-02-04)

US 6 044 902 A (PAHADE RAVI FULCHAND [US]
ET AL) 4 avril 2000 (2000-04-04)

WO 2015/166191 A1 (AIR LIQUIDE [FR])
5 novembre 2015 (2015-11-05)

EP 1 338 856 A2 (AIR LIQUIDE [FR])
27 août 2003 (2003-08-27)

US 2 840 994 A (LOBO WALTER E ET AL)
1 juillet 1958 (1958-07-01)

DE 10 2018 009780 A1 (LINDE AG [DE])
18 juin 2020 (2020-06-18)

FR 2 844 040 A1 (AIR LIQUIDE [FR])
5 mars 2004 (2004-03-05)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT