

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 649 192

(21) N° d'enregistrement national :

89 08856

(51) Int Cl⁵ : F 28 C 3/08.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 30 juin 1989.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 1 du 4 janvier 1991.

(60) Références à d'autres documents nationaux appartenants :

(71) Demandeur(s) : INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, Organisme Professionnel. — FR.

(72) Inventeur(s) : Jean-Claude Collin ; Joseph Larue ; Alexandre Rojey ; Jean-Charles Viltard.

(73) Titulaire(s) :

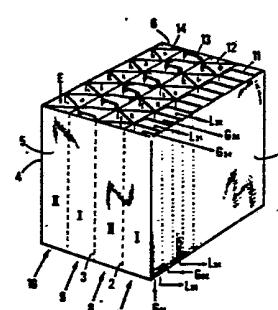
(74) Mandataire(s) :

(54) Procédé et dispositif de transfert simultané de matière et de chaleur.

(57) La présente invention concerne un procédé et un dispositif d'échange de matière entre une phase gazeuse G21, G22 et au moins une phase liquide L21, L22.

Le procédé se caractérise en ce que l'on réalise la mise en contact d'une fraction au moins de chacune desdites phases entre-elles par circulation dans des directions opposées de ladite phase gazeuse G21, G22 et de ladite phase liquide L21, L22, et en ce que l'on réalise simultanément un échange de chaleur entre d'une part lesdites phases gazeuse et liquide et d'autre part un fluide.

Application à la rectification et la déshydratation d'un gaz.



- 1 -

L'invention concerne un procédé et un dispositif permettant de réaliser simultanément un transfert de matière entre une phase gazeuse et une ou deux phases liquides et des échanges de chaleur avec un autre fluide.

5 Cette invention fait appel à un dispositif comportant plusieurs compartiments délimités notamment par un empilement de plaques planes, chaque plaque étant espacée de la suivante. Cet espace de séparation peut être occupé par des plaques ondulées intercalaires. Ce type de disposition est déjà utilisé pour réaliser des échanges de chaleur. Les fluides circulent dans des passages formés entre deux 10 plaques consécutives. Ces passages sont alternés et permettent de réaliser entre le flux chaud et le flux froid des circulations à co-courant, ou à courant croisés, ou à contre-courant. Ce type d'échangeur apporte un gain sur le coefficient de transfert thermique, 15 mais ne permet pas un transfert de matière.

D'une manière générale la technologie développée pour la réalisation de tels échangeurs de chaleur est largement connue. Comme cela a été dit, ces échangeurs sont composés par un empilage de tôles embouties. L'écartement entre chaque plaque est assuré par des 20 intercalaires, constitués par des chicanes formées directement dans la tôle par emboutissage, ou par des plaques intercalaires appelées ondes, faites de métal déployé.

Les ondes intercalaires, permettent de maintenir un écartement uniforme entre les plaques, et pour certain de créer une surface d'échange secondaire. De façon générale, les ondes intercalaires augmentent la vitesse de passage des flux, et améliorent 5 la tenue en pression de l'appareil. Toutes ces tôles sont assemblées entre elles, soit par soudage, ou brasage, ce qui permet une bonne étanchéité entre les plaques, mais interdit pratiquement le nettoyage mécanique de l'ensembl, soit par boulonnage ce qui oblige à utiliser 10 des joints d'étanchéité entre les plaques pour éviter la communication entre les deux fluides et les fuites vers l'extérieur. Quel que soit le type de ces appareils, ils permettent tous plus ou moins d'augmenter par rapport à des échangeurs de type tubulaire la surface 15 d'échange spécifique et le coéfficient de transfert de chaleur.

Toutes les entrées des compartiments recevant le même fluide (par exemple du fluide chaud) communiquent entre elles et sont en communication avec une boite appelée tête d'échangeur. Cette boite est solidaire de l'ensemble soit par soudage, soit par boulonnage avec 20 joint d'étanchéité. On réalise le même type d'assemblage pour les connections de sortie. Ainsi, généralement, un échangeur alimenté par deux fluides distincts possède quatre têtes; deux têtes d'entrée, une pour chaque fluide, et deux têtes de sortie, une pour chaque fluide.

Ainsi, la présente invention concerne un procédé d'échange de matière entre une phase gazeuse et au moins une phase liquide, selon lequel on réalise la mise en contact d'une fraction au moins de 25 chacune de ces phases entre elles par circulation dans des directions opposées de la phase gazeuse et de la phase liquide, et de plus, l'on réalise simultanément un échange de chaleur entre, d'une part, les phases gazeuse et liquide, et d'autre part un fluide.

Selon la présente invention, on pourra faire ruisseler la 30 phase liquide le long ou à travers d'une paroi comportant des perforations et l'on pourra faire traverser ces perforations par une fraction au moins de la phase gazeuse. Cette paroi comportant des perforations pourra être une onde.

Cette paroi pourra être disposée verticalement ou

horizontalement.

La totalité de la phase gazeuse pourra traverser ces perforations.

On pourra réaliser la circulation de la phase liquide par 5 gravité.

Le contact à contre-courant pourra être réalisé entre une phase vapeur G et une phase liquide L formée au moins en partie par condensation d'au moins une partie de la phase vapeur. La réfrigération nécessaire pour condenser une fraction de la phase 10 gazeuse en vue d'obtenir la phase liquide pourra être fournie au moins en partie par échange de chaleur avec le fluide F.

Le contact à contre-courant pourra être réalisé entre une phase liquide L et une phase vapeur G formée au moins en partie par vaporisation d'au moins une partie de la phase liquide, la puissance 15 thermique nécessaire pour vaporiser une fraction de la phase liquide en vue d'obtenir la phase gazeuse pourra être fournie, au moins en partie, par échange de chaleur avec le fluide F.

Le contact à contre-courant pourra être réalisé entre un gaz G contenant du méthane, des hydrocarbures dont le nombre de 20 carbone est supérieur à 1, de l'eau et du méthanol et deux phases liquides L1 et L2, formées par condensation d'au moins une partie du gaz G. La phase liquide L1 pourra être formée principalement d'hydrocarbures autres que le méthane et la phase liquide L2 pourra être formée principalement par une solution de méthanol dans l'eau.

La présente invention concerne également un dispositif 25 pour réaliser simultanément un échange de matière entre une phase gazeuse G et au moins une phase liquide L par contact à contre-courant, ainsi qu'un échange de chaleur avec au moins un fluide E. Selon l'invention, ce dispositif comporte un empilement de plaques 30 sensiblement planes et verticales séparées par des plaques intercalaires ondulées, constituant au moins deux séries alternées I et II de compartiments, les compartiments de la première série I étant parcourus à contre-courant par la phase liquide L et la phase gazeuse G et les compartiments de la deuxième série étant parcourus par le

fluide E échangeant de la chaleur avec les phases liquide L et gazeuse G et en ce que les plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de la première série I sont perforées.

La fraction ouverte formée par les perforations pourra
5 être comprise entre 3 % et 30 % relativement à la surface des plaques ondulées, ladite phase liquide pourra former un film à la surface des dites plaques ondulées et la dite phase gazeuse traversant les dites plaques ondulées de part en part à travers les dites perforations.

Les compartiments de la première série pourront être du
10 type I et ceux de la deuxième série du type II. Les plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de la première série I pourront former des ondes de direction verticale (Figs 1, 2), la phase gazeuse entrant dans le dispositif par des sous-compartiments dont les ouvertures sont situées d'un côté desdites plaques
15 intercalaires ondulées et sortant du dispositif par d'autres sous-compartiments dont les sorties sont situées du côté opposé desdites plaques intercalaires ondulées.

Les plaques intercalaires ondulées situées dans les
20 compartiments de type I pourront former des ondes de direction horizontale. Les plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de type I pourront également former des ondes inclinées alternativement selon des directions symétriques par rapport à la verticale. Les plaques intercalaires ondulées situées dans les
25 compartiments de type I pourront former des ondes de section carrée ou sinusoïdale.

Les perforations pourront être de forme circulaire et de diamètre compris entre 1 et 5 millimètres.

Les plaques intercalaires ondulées pourront être munies de promoteurs de turbulence.

30 L'espacement entre les plaques formant les compartiments du type I pourra être compris entre 3 et 50 millimètres.

Le dispositif selon l'invention pourra être réalisé au moyen de plaques en aluminium, assemblées par brasage.

Le dispositif selon l'invention pourra être appliqué à la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Ainsi, la présente invention permet de réaliser dans des compartiments dits de type I un contact intime entre deux phases, 5 l'une liquide L et l'autre gazeuse G en formant un film liquide à la surface de plaques et en faisant traverser ce film liquide par la phase gazeuse à travers des perforations réalisées dans les plaques ondulées intercalaires.

Le contact intime obtenu par le procédé et le dispositif 10 selon l'invention, entre la phase liquide L et la phase gazeuse G, permet et favorise le transfert de matière entre les phases. Les dispositions différentes des plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de type I peuvent former des ondes de direction verticale, ou horizontale, ou inclinées alternativement. Ces 15 dispositions interviennent sur l'efficacité du transfert de matière, et sur la perte de charge dans les compartiments de type I.

C'est pour ces raisons que l'invention porte sur 20 différentes géométries et différents agencements des plaques intercalaires ondulées des compartiments de type I. Le choix des géométries et des agencements est fonction des cas à traiter, et doit répondre aux conditions opératoires imposées par les conditions particulières de mise en oeuvre. Les possibilités de choix portent essentiellement sur l'orientation de l'axe des ondulations par rapport à l'écoulement des fluides, sur la forme et la perforation des 25 ondes.

La présente invention sera mieux comprise et ses avantages apparaîtront plus clairement à la description qui suit d'exemples particuliers nullement limitatifs, illustrés par les figures ci-annexées parmi lesquelles :

30 - La figure 1 représente un premier mode de réalisation du dispositif selon l'invention où les plaques ondulées intercalaires sont disposées verticalement,

- les figures 2 et 3 représentent un mode de réalisation dérivé du précédent, où les sous-compartiments d'un même compartiment dans

lequel s'effectuent les échanges de matière sont obturés alternativement à leur partie supérieure,

- la figure 4 représente un échangeur selon la présente invention pour lequel les ondes ont des axes de direction horizontale,
- 5 - la figure 5 représente un échangeur selon l'invention comportant des plaques intercalaires ondulées dont chacune comporte une succession de plans inclinés éventuellement symétriques deux à deux par rapport à un plan vertical,
- la figure 6 illustre le procédé selon la présente invention appliqué 10 à la rectification et à la déshydratation d'un gaz,
- les figures 7 et 8 illustrent les ondes de forme sinusoïdale et celles de type carré, et
- les figures 9 à 11 illustrent différents exemples de perforations.

Le dispositif de la figure 1 comporte un empilement de 15 plaques 1, 2, 3, 4..., ainsi que deux autres plaques 5 et 6 perpendiculaires aux précédentes.

Cet ensemble de plaques forme des compartiments 7, 8, 9 et 20 10 qui sont de types différents alternativement, le type I et le type II. Les compartiments du type I, ou première série de compartiments, sont destinés à recevoir les fluides pour lesquels il y a échange de matière. L'un, G, de ces fluides est essentiellement gazeux, l'autre, L, est essentiellement liquide. Les compartiments du type II, ou 25 deuxième série de compartiments, sont destinés à recevoir le fluide E avec lequel les fluides circulant dans les compartiments I échangent de la chaleur.

Des plaques ondulées intercalées 11, 12, 13 et 14 sont 30 disposées entre les plaques empilées 1, 2, 3, 4. Ces plaques intercalaires maintiennent l'écartement entre les plaques empilées et participent à la cohésion de l'ensemble. De plus, elles favorisent les échanges thermiques. Enfin, selon la présente invention, les plaques intercalaires se trouvant dans les compartiments du type I comportent des perforations qui vont favoriser les échanges de matières entre les phases G et L.

Sur la figure 1, les plaques 1, 2, 3, 4, 5 et 6 sont

verticales et les plaques intercalaires ondulées, notamment celles perforées des compartiments du type I, ont les axes des ondulations de direction verticale. Des espaces libres ou sous-compartiments, sont formés par les ondulations des plaques 11 et 13, la ou les plaques intercalaires 11 ont la forme de créneaux et la ou les plaques intercalaires 13 ont des formes sinusoïdales. Le liquide est injecté dans la partie supérieure du dispositif dans ces espaces par exemple en L21, L22. Ce liquide ou la phase liquide issue de la condensation d'un gaz, ou l'ensemble des deux forment en ruissellement de haut en bas d'un film liquide sur l'ensemble ou sur une partie de la surface ou parois des ondes. Le gaz est injecté dans la partie inférieure du dispositif en G21, G22 réalisant ainsi une circulation à contre-courant de la phase liquide L relativement à la phase gazeuse G. Les perforations des plaques intercalaires des compartiments I permettent au moins à une partie du gaz de circuler d'un espace ou sous-compartiment vers un espace ou un sous-compartiment adjacent en traversant ainsi le film liquide qui ruisselle sur l'onde. Le contact intime ainsi réalisé entre la phase gazeuse G et la ou les phases liquides L entraîne un transfert de matière entre ces phases et cela tout en échangeant simultanément de la chaleur avec le fluide E circulant dans les compartiments de type II. La phase gazeuse G est récupérée dans la partie supérieure du dispositif en G23, G24, la phase liquide est évacuée dans la partie inférieure en L23, L24.

Bien entendu, lorsque l'on fait référence à des perforations, il s'agit de celles portées par une paroi commune à deux sous-compartiments différents et pour lequel il peut y avoir passage du gaz d'un sous-compartiment à l'autre.

La figure 2 représente une version préférée de l'invention qui impose le passage de la phase vapeur, ou phase gazeuse, d'un espace vers les espaces adjacents. Cette version peut être décrite en partant de l'exemple de la figure 1.

L'échangeur selon l'invention est toujours en position verticale. L'axe des ondes 15 est disposé dans les compartiments de type I selon la direction générale de l'écoulement, c'est à dire

verticalement. Les plaques intercalaires ondulées 16 des compartiment de type I forment des ondes, par exemple de section rectangulaire ou carrée. Les sous-compartiments ou espaces 17, 18, 19, 20 ainsi formés sont obturés alternativement dans leur partie supérieure par des bouchons 21, 22. Les espaces obturés 18, 20 sont de type dit GL, les autres de type dit LG. Ces bouchons peuvent être constitués par des morceaux de tôle soudés.

La figure 3 est une vue du dessus de l'échangeur de la figure 2.

Les parois délimitant les espaces LG et GL sont d'une part les parois A et B (Fig. 3) commune aux espaces LG et GL, perpendiculaires aux plaques de séparation des compartiments I et II, et perforées pour permettre la circulation du gaz de l'espace GL vers l'espace LG, d'autre part les parois C formées par l'onde, et les parois D formées par la plaque de séparation des compartiments I et II. Toutes deux sont munies de promoteurs de turbulence ayant pour rôle de casser le film liquide ruisselant sur les parois D et C afin d'augmenter le contact entre phase gazeuse et phase liquide. Le fluide E circule dans le compartiment II en échangeant de la chaleur avec la phase gazeuse et la ou les phases liquides circulant à contre-courant dans le compartiment I.

Sur la figure 2, les ondes des plaques ondulées intercalaires des compartiments II ont également un axe vertical et sont en forme de dents de scie.

La phase liquide est injectée dans la partie transversale supérieure en L32 L33 dans les espaces de type LG, de manière à ruisseler de haut en bas sous forme de film liquide le long des parois des ondes. Le gaz est injecté dans la partie transversale inférieure du dispositif en G31 G32, dans les espaces de type GL et se déplace verticalement de bas en haut.

Cette disposition impose la circulation des différentes phases. La phase vapeur G circule de bas en haut dans l'espace de type GL. Les promoteurs de turbulence 23 favorisent le contact entre la phase vapeur et la phase liquide, notamment celle provenant d'une

condensation de la phase vapeur G. De plus, la phase vapeur G introduite dans un compartiment GL est obligée, du fait des bouchons d'obturation 21, 22 en partie supérieure des espaces GL, de pénétrer dans les espaces LG par les perforations des ondes sur les parois A et 5 B, et de ce fait est obligée de traverser la phase liquide L qui ruisselle sous forme d'un film liquide de haut en bas tout le long des parois perforées des ondes, comme cela est représenté par les flèches 24 et 25. Ceci entraîne un contact intime à contre-courant entre la phase gazeuse G et la phase liquide L, permettant un échange de 10 matière important entre ces phases. Cette configuration permet, par transfert de matière, un enrichissement de la phase gazeuse G en composés légers provenant de la phase liquide L et de ce fait un enrichissement de la phase liquide en composés lourds provenant de la phase gazeuse. Ce transfert de matière d'une phase vers l'autre est 15 accompagné d'un transfert de chaleur avec le fluide E, par l'intermédiaire des ondes qui sont réalisées de préférence en matériau conducteur. La phase liquide L est récupérée en L35 L36 dans la partie inférieure du dispositif en dessous de l'injection de gaz. La phase vapeur est récupérée dans la partie supérieure en G35, G36 placée au 20 dessus de l'injection liquide L32 L33.

Pour éviter que les gaz G31, G32 ne pénètrent dans les 25 compartiments du type LG 18, 20, par leur partie basse, ces compartiments du type LG pourront se prolonger jusqu'à pénétrer dans la phase liquide se trouvant à la partie basse du dispositif selon l'invention. Les compartiments du type GL ne pénétrant pas dans cette phase liquide, il sera possible de les alimenter en gaz par les espaces libres se trouvant entre l'interface de la phase liquide au fond du dispositif et la partie basse de ces compartiments GL.

Ainsi, le procédé selon l'invention consiste à réaliser 30 simultanément un échange de matière entre une phase gazeuse G et au moins une phase liquide L par contact à contre-courant et un échange de chaleur avec au moins un fluide E. Le contact est réalisé dans un dispositif comportant un empilement de plaques planes verticales séparées par des plaques intercalaires ondulées, constituant au moins

deux séries alternées I et II de compartiments, les compartiments I étant parcourus à contre-courant par la phase liquide L et la phase gazeuse G et les compartiments II par le fluide E échangeant de la chaleur avec les phases liquide L et gazeuse G. Les plaques 5 intercalaires ondulées situées dans les compartiments I sont perforées, la fraction ouverte formée par les perforations est comprise entre 3 % et 30 %, ladite phase liquide formant un film à la surface desdites plaques ondulées et la phase gazeuse traverse les plaques ondulées de part en part à travers les perforations.

10 Dans l'exemple des figures 1 et 2, les plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de type I formaient des ondes de direction verticale.

Dans l'exemple de la figure 4, les plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de type I forment des ondes de direction horizontale. Le fluide E circule dans les compartiments de 15 type II en échangeant de la chaleur avec le ou les fluides circulant dans le compartiment I. Un compartiment de type I est constitué par une ou des plaques intercalaires 26 ondulées d'ondes carrées ou rectangulaires, par exemple, et dont l'axe 27 est horizontal. Le 20 dispositif autorise une circulation à contre-courant entre la phase gazeuse et la phase liquide. Le gaz est injecté dans la partie inférieure en G42, il circule de bas en haut au travers des perforations des ondes. La phase liquide est injectée en L41 et s'écoule de haut en bas en formant une interface liquide sur les 25 ondes. Cette interface est traversée par le gaz, ce qui provoque un contact intime entre la phase liquide L et la phase gazeuse G, entraînant ainsi un transfert de matière entre phases, et le renouvellement de l'interface liquide. L'échange de chaleur avec le fluide E est simultané et se fait par l'intérmédiaire des plaques 30 intercalaires ondulées réalisées en matériaux conducteurs de chaleur. La phase liquide est récupérée en L44 dans la partie inférieure du dispositif, la phase gazeuse en G43 dans la partie supérieure. L'axe des ondes des plaques intercalaires des compartiments de type II peut être vertical, horizontal ou autre.

Cet agencement apporte un excellent contact entre les phases et favorise donc le transfert de matière.

Dans un autre mode de réalisation, les ondes sont inclinées alternativement selon des directions symétriques par rapport à la verticale (Fig. 5).

De même que pour les modes de réalisation précédents, le dispositif est placé verticalement, le fluide E circule dans les compartiments II en échangeant de la chaleur avec les différentes phases circulant dans le compartiment I. Ledit compartiment I est constitué de plaques intercalaires ondulées 28 qui forment des ondes inclinées alternativement selon des directions symétriques par rapport à la verticale. Ces ondes sont perforées afin de permettre la circulation et le contact des différentes phases. La phase liquide est injectée dans la partie supérieure et ruisselle de haut en bas sur les ondes, en formant un film liquide sur les parties inclinées des ondes et une interface liquide dans les points bas B (Fig. 5) des ondes. Le gaz est injecté en partie basse du dispositif. Il circule de bas en haut dans les perforations des ondes en traversant le film et l'interface liquide permettant ainsi un contact intime entre la phase vapeur G et la phase liquide L, favorisant le transfert de matière.

L'échange de chaleur avec le fluide E est simultané et se fait par l'intermédiaire des plaques intercalaires ondulées réalisées en matériau conducteur de chaleur. La phase liquide s'écoule au travers des perforations et elle est récupérée dans la partie inférieure du dispositif, la phase gazeuse étant évacuée dans la partie supérieure.

La comparaison des différents agencements des ondes, axés horizontaux, verticaux ou inclinés et à lignes ou parois brisées, porte essentiellement sur l'efficacité du transfert de matière. La variante du procédé dans lequel les ondes sont inclinées alternativement peut pour certaines applications présenter les avantages de l'agencement avec ondes verticales au niveau de la perte de charge dans les compartiments I, tout en associant l'efficacité du transfert de matière obtenu avec un agencement composé d'ondes

horizontales.

Le procédé selon l'invention ne nécessite pas obligatoirement, comme cela a été décrit dans les différents modes de réalisation décrits précédemment, l'injection d'une phase liquide dans la partie supérieure du dispositif. En effet, pour certaines applications, par exemple pour certains traitements de gaz riche, il n'est pas nécessaire de prévoir une injection liquide. Dans ce cas le gaz est injecté en partie inférieure du dispositif, dans les compartiments I. Le transfert de chaleur entre le compartiment I et le compartiment II entraîne une condensation des composés les plus lourds du gaz à traiter. Ce condensat se forme sur la surface des ondes, ruiselle de haut en bas en formant un film liquide ou une interface liquide, ou encore les deux à la fois en fonction de l'agencement retenu. Dans ces conditions, le condensat est en contact intime avec la phase gazeuse qui circule de bas en haut à travers les perforations des ondes, et traverse ainsi le film liquide ou l'interface liquide entraînant un transfert de matière entre la phase gazeuse et la phase liquide. Le gaz ainsi traité sort dans la partie supérieure du dispositif, la phase liquide composée des produits les plus lourds du gaz est évacuée en partie basse du dispositif.

Le procédé selon l'invention ne nécessite pas obligatoirement l'injection d'un gaz dans la partie inférieure du dispositif. En effet dans certaines applications, par exemple pour la régénération d'un solvant d'absorption pollué par des composés volatils, le procédé permet une purification de ce solvant par vaporisation des composés volatils. Dans ce cas le solvant est injecté en partie supérieure du dispositif, dans les compartiments de type I, et circule de haut en bas. Le fluide caloporteur E circule dans les compartiments de type II et apporte de l'énergie thermique au solvant circulant dans les compartiments I. L'échange de chaleur ainsi réalisé entraîne une vaporisation des composés les plus volatils du solvant en formant une phase gazeuse, qui circule de bas en haut à travers les perforations des ondes, traversant ainsi l'interface liquide, ou le film liquide, ou les deux en fonction du choix du dit agencement. Dans

ces conditions, la phase gazeuse et la phase liquide circulent à contre-courant, sont en contact intime, ce qui permet un transfert de matière entre phase. Le solvant ainsi débarrassé des composés volatils est recueilli dans la partie inférieure du dispositif, la phase 5 gazeuse ainsi générée est évacuée en partie supérieure du dispositif.

Le procédé selon l'invention, permet également un contact à contre-courant entre une phase gazeuse G et deux phases liquides L1 et L2 non miscibles. Cette possibilité permet de réaliser, par exemple, dans un même dispositif la rectification et la déshydratation 10 d'un gaz. Le schéma d'un tel procédé peut être décrit à partir d'un exemple de réalisation illustré par le schéma de la figure 6. Le gaz est injecté dans la partie inférieure du dispositif en 29 dans les compartiments de type I. Ce gaz est composé par exemple de méthane, d'hydrocarbures dont le nombre de carbone est supérieur à celui du méthane, d'eau et de méthanol. Le refroidissement de ce gaz est assuré 15 par le fluide circulant dans les compartiments de type II de la zone 6B. Cet apport de frigories entraîne une condensation d'une partie du gaz injecté en deux phases liquides distinctes. La phase liquide L1 est composée essentiellement d'hydrocarbures autres que le méthane, la phase liquide L2 est constituée majoritairement de méthanol et d'eau. 20 La phase gazeuse G circule de bas en haut et pénètre dans les compartiments I de la zone 6A du dispositif. La zone 6A surmonte et prolonge la zone 6B. Cette phase G est refroidie par l'intermédiaire d'un fluide E circulant dans les compartiments II de ladite zone 6A. 25 Les phases liquides L1 et L2 formées par condensation circulent de haut en bas dans toute ou partie du dispositif. Le gaz traité évacué en 30 dans la partie supérieure de la zone 6A, est réinjecté en 31 dans les compartiments de type II de la zone 6B du dispositif, afin de réaliser un échange thermique pour apporter les frigories du gaz traité au gaz à traiter. La condensation de ce dernier entraîne ainsi 30 la formation des phases Liquides L1 et L2. Le gaz traité est évacué du dispositif en 32. Les phases liquides L1 et L2 sont séparées par décantation dans la partie inférieure de la zone B, et évacuées respectivement par les lignes 33 et 34. Le transfert de matière entre

phases est lié, d'une part, comme dans les exemples précédents, à la circulation à contre-courant de la phase vapeur et des deux phases liquides et, d'autre part, au contact intime entre phases réalisé par la circulation de la phase vapeur au travers des perforations des ondes, permettant ainsi à cette phase gazeuse de pénétrer le film liquide ou l'interface liquide formé sur la paroi des ondes par les dites phases liquides L1 et L2. Ce transfert de matière entre phases est accompagné simultanément d'un transfert thermique avec un fluide caloporeur E et dans la partie inférieure avec le gaz traité, pour récupérer les frigories contenues dans ce gaz, afin d'améliorer le bilan énergétique du procédé.

Ainsi, le dispositif de mise en oeuvre de ce procédé comporte des compartiments II dont chacun est séparé en deux. On réalise ainsi deux circuits différents de fluide caloporeur, ces circuits étant superposés et délimitant les zones 6A et 6B.

Les ondes peuvent être de formes différentes. La section peut être sinusoïdale (Fig. 7), ou carrée, ou encore à créneaux (Fig. 8), permettant une surface plus grande de l'interface liquide et un meilleur contact entre les plaques séparant les compartiments I et II, favorisant ainsi le transfert thermique.

Les perforations peuvent être réalisées selon différentes géométries, circulaires (Fig. 9), carrées (Fig. 10), hexagonales, oblongues (Fig. 11). Dans le cas où les trous sont oblongs, la génératrice de ces trous est de préférence parallèle à l'axe des ondes.

La distance entre plaques d'un compartiment est comprise par exemple entre 3 et 50 millimètres, de préférence entre 3 et 20 ou encore entre 3 et 15 millimètres. Dans ce cas les trous de forme circulaire auront de préférence un diamètre inférieur au tiers de l'écartement entre plaques, ce qui donne pour l'exemple considéré des diamètres compris entre 1 et 5 millimètres. La fraction des passages perforée est comprise entre 3 % et 30 %, de préférence entre 3 % et 20 %.

L'ensemble du dispositif peut être réalisé à l'aide de

- 15 -

différents matériaux. Il peut être réalisé, par exemple, en aluminium ou en alliages légers (duralumin ...), l'assemblage étant alors, par exemple, effectué par brasage. Il peut être réalisé aussi en acier, par exemple en acier inoxydable (316, 304...). L'emploi de matériaux non métalliques, en particulier matériaux polymères et céramiques peut être également envisagé, à condition que ces matériaux présentent des caractéristiques de conductivité thermique compatibles avec l'application visée.

L'alimentation des différents compartiments se fait de manière connue de l'homme de l'art.

R E V E N D I C A T I O N S

1. - Procédé d'échange de matière entre une phase gazeuse et au moins une phase liquide, caractérisé en ce que l'on réalise la mise en contact d'une fraction au moins de chacune desdites phases entre-elles par circulation dans des directions opposées de ladite phase gazeuse et de ladite phase liquide, en ce que l'on réalise simultanément un échange de chaleur entre d'une part lesdites phases gazeuse et liquide et d'autre part un fluide, en ce que l'on fait ruisseler ladite phase liquide le long ou à travers une paroi comportant des perforations et en ce que l'on fait traverser lesdites perforations par une fraction au moins de ladite phase gazeuse.

5 2. - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite paroi est verticale.

10 3. - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite paroi est horizontale.

15 4. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on fait traverser lesdites perforations par la totalité de ladite phase gazeuse.

20 5. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on réalise la circulation de ladite phase liquide par gravité.

25 6. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le contact à contre-courant est réalisé entre une phase vapeur G et une phase liquide L formée au moins en partie par condensation d'au moins une partie de la phase vapeur, la réfrigération nécessaire pour condenser une fraction de la phase gazeuse en vue d'obtenir la phase liquide étant fournie au moins en partie par échange de chaleur avec le fluide F.

30 7. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le contact à contre-courant est réalisé entre une phase liquide L et une phase vapeur G formée au moins en partie par vaporisation d'au moins une partie de la phase liquide, la

puissance thermique nécessaire pour vaporiser une fraction de la phase liquide en vue d'obtenir la phase gazeuse étant fournie au moins en partie par échange de chaleur avec le fluide F.

8. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7,
5 caractérisé en ce que le contact à contre-courant est réalisé entre un gaz G contenant du méthane, des hydrocarbures dont le nombre de carbone est supérieur à celui du méthane, de l'eau et du méthanol et deux phases liquides L1 et L2, formées par condensation d'au moins une partie du gaz G, la phase liquide L1 étant formée principalement 10 d'hydrocarbures autres que le méthane et la phase liquide L2 étant formée principalement par une solution de méthanol dans l'eau.

9. - Dispositif pour réaliser simultanément un échange de matière entre une phase gazeuse (G) et au moins une phase liquide (L) par contact à contre-courant, ainsi qu'un échange de chaleur avec au moins un fluide E, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte un empilement de plaques sensiblement planes et verticales (1, 2, 3, 4) séparées par des plaques intercalaires (11, 12, 13, 14) ondulées, constituant au moins deux séries alternées (I) et (II) de compartiments, les compartiments de la première série (I) étant parcourus à contre-courant par la phase liquide (L) et la phase gazeuse (G) et les compartiments de la deuxième série étant parcourus (II) par le fluide (E) échangeant de la chaleur avec les phases liquide (L) et gazeuse (G) et en ce que les plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de la première série (I) sont 20 perforées.
25

10. - Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que la fraction ouverte formée par les perforations est comprise entre 3 % et 30% relativement à la surface des plaques ondulées, ladite phase liquide formant un film à la surface desdites plaques ondulées et ladite phase gazeuse traversant lesdites plaques ondulées de part en part à travers lesdites perforations.

11. - Dispositif selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que les plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de la première série (I) forment des ondes de

direction verticale (Figs 1, 2), la phase gazeuse entrant dans le dispositif par des sous-compartiments dont les ouvertures sont situées d'un côté desdites plaques intercalaires ondulées et sortant du dispositif par les sous-compartiments dont les sorties sont situées du côté opposé desdites plaques intercalaires ondulées.

5 12. - Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de type (I) forment des ondes de direction horizontale (Fig. 4).

10 13. - Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de type (I) forment des ondes inclinées alternativement selon des directions symétriques par rapport à la verticale (Fig. 5).

15 14. - Dispositif selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que les plaques intercalaires ondulées situées dans les compartiments de type (I) forment des ondes de section carrée ou sinusoïdale (Figs 7, 8).

20 15. - Dispositif selon l'une des revendications 9 à 14, caractérisé en ce que les perforations sont de forme circulaire et de diamètre compris entre 1 et 5 millimètres.

16. - Dispositif selon l'une des revendications 9 à 15, caractérisé en ce que les plaques intercalaires ondulées sont munies de promoteurs de turbulence.

25 17. - Dispositif selon l'une des revendications 9 à 16, caractérisé en ce que l'espacement entre les plaques formant les compartiments (I) est compris entre 3 et 50 millimètres.

18. - Dispositif selon l'une des revendications 9 à 17, caractérisé en ce que le dispositif D est réalisé au moyen de plaques en aluminium, assemblées par brasage.

30 19. - Application du dispositif selon l'une des revendications 9 à 18, au procédé de l'une des revendications 1 à 8.

FIG.1

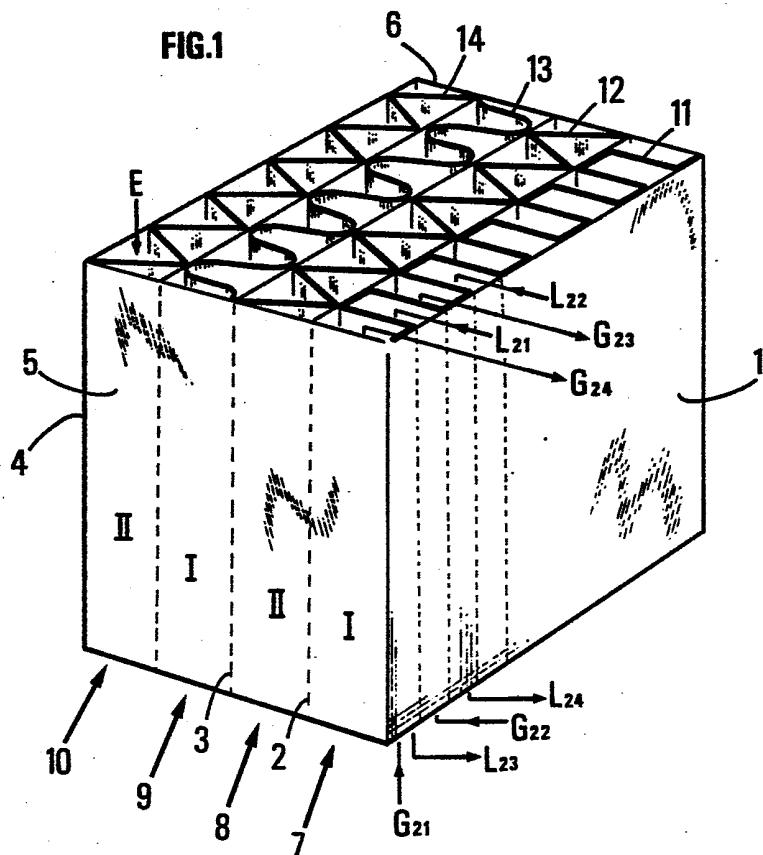


FIG.2

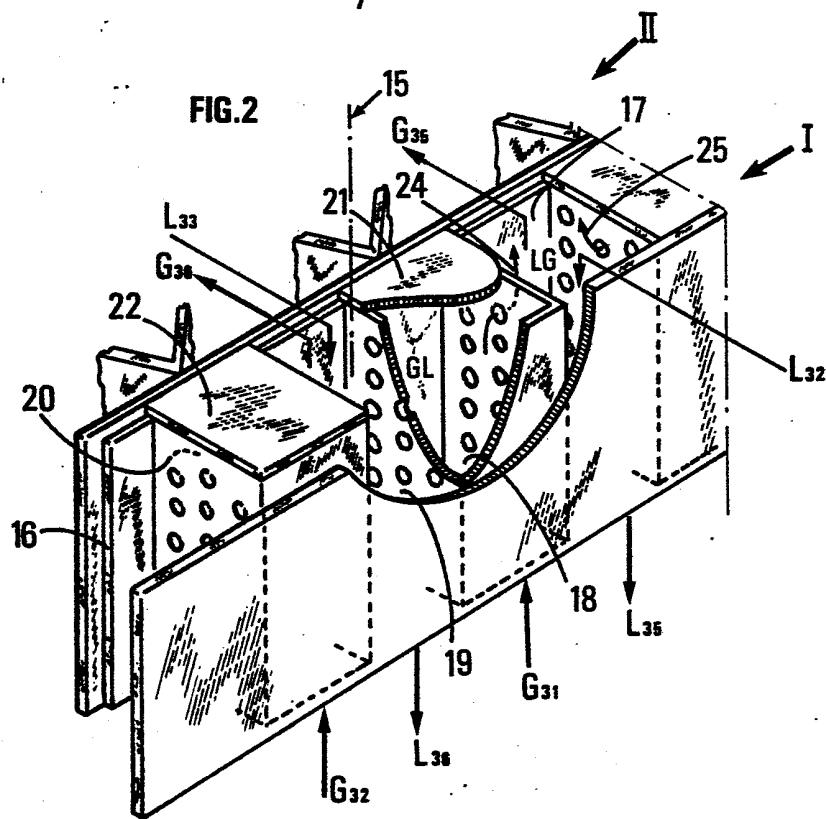


FIG.3

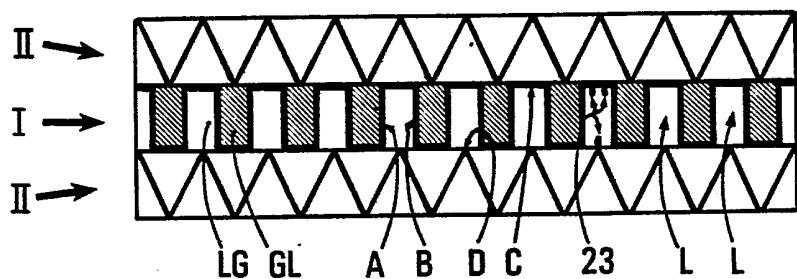


FIG.4

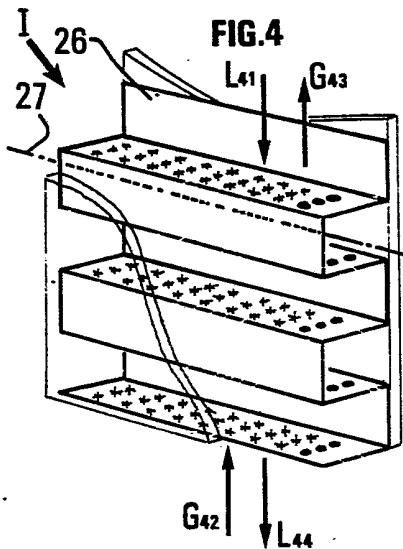


FIG.5

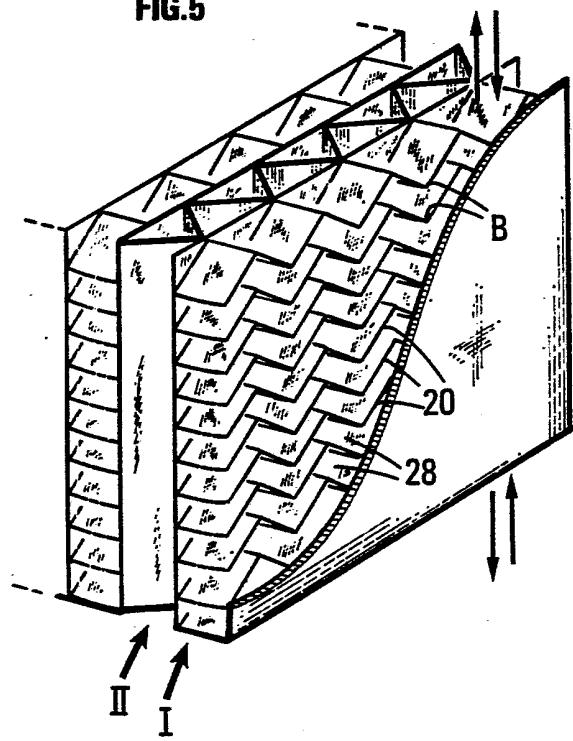


FIG.9

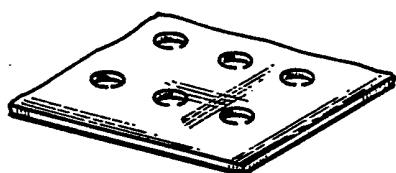


FIG.11

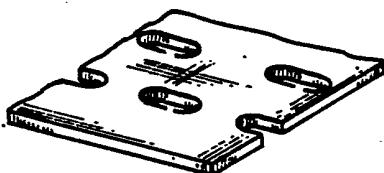


FIG.10

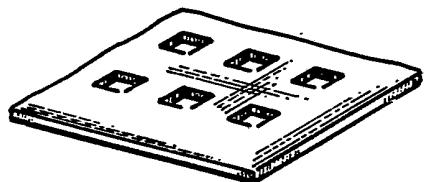


FIG.6

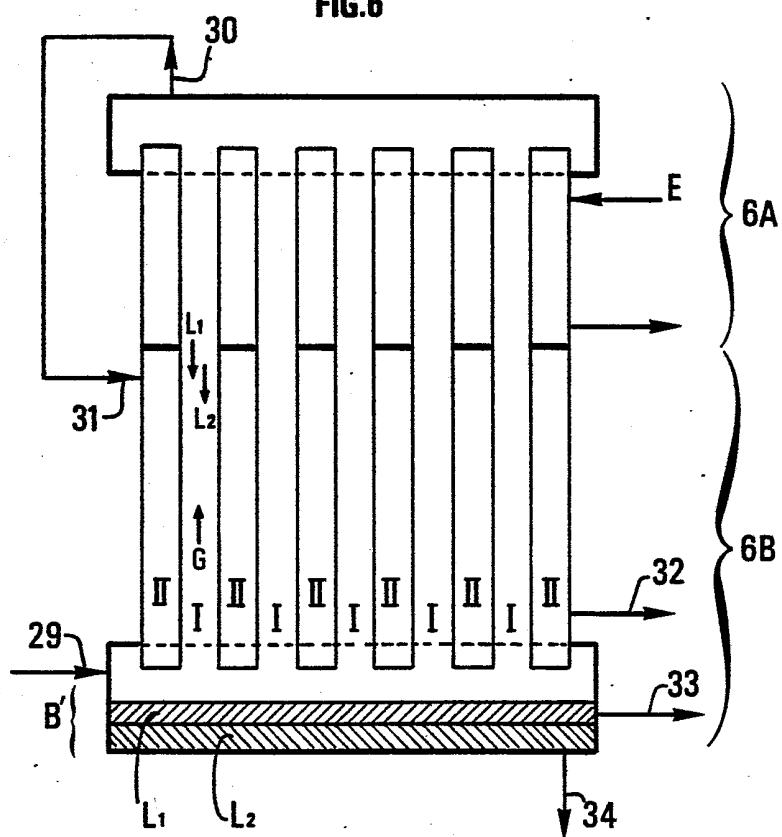


FIG.7

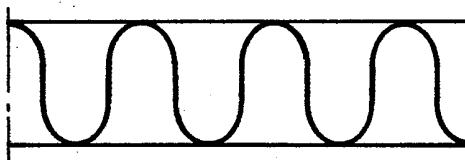


FIG.8

