



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 058 106

A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 82400099.6

(51) Int. Cl.³: **F 25 J 1/02**
F 28 D 9/00

(22) Date de dépôt: 20.01.82

(30) Priorité: 05.02.81 FR 8102202

(43) Date de publication de la demande:
18.08.82 Bulletin 82/33

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

(71) Demandeur: L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES
GEORGES CLAUDE
75, Quai d'Orsay
F-75321 Paris Cedex 07(FR)

(72) Inventeur: Gauthier, Pierre
95 bis, bd Jean Jaurès
F-94260 Fresnes(FR)

(74) Mandataire: Leclercq, Maurice et al,
L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET
L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE
75, Quai d'Orsay
F-75321 Paris Cedex 7(FR)

(54) Procédé et installation de liquéfaction d'un gaz.

(57) L'invention concerne un procédé de liquéfaction d'un gaz.

Dans un échangeur unique du type à plaques brasées, avec des passages (23, 25, 27, 29, 31) pour un fluide de cycle basse pression (7), des passages (24, 28) pour le fluide de cycle haute pression (5) et des passages (26, 30) pour le gaz à liquéfier, on prévoit des moyens d'adjonction (63) de fluides de cycle secondaires (8) et (10).

Application notamment à la liquéfaction du gaz naturel.

EP 0 058 106 A2

./...

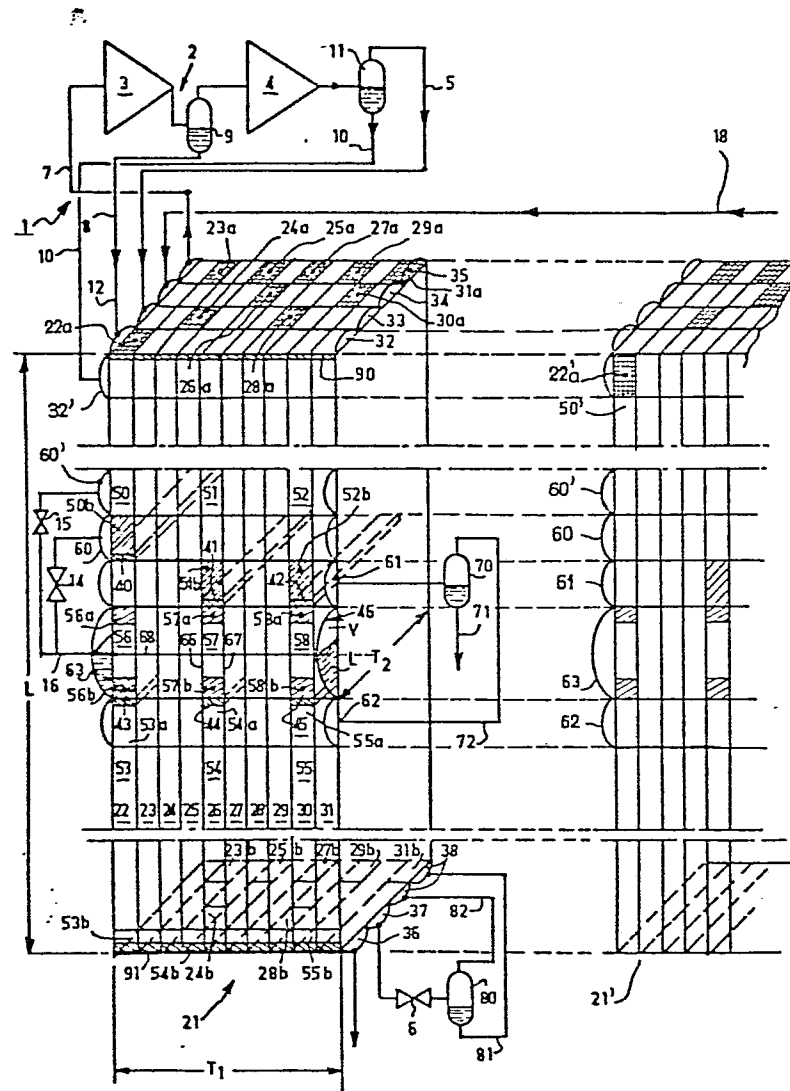


FIG.1

La présente invention concerne un procédé de liquéfaction d'un gaz, tel le gaz naturel, mettant en oeuvre un fluide de cycle à mélange réfrigérant, avec au moins un fluide de cycle principal sous une pression dite basse pression frigorigène, en échange thermique à contre-courant d'une part avec un fluide à liquéfier calorigène, d'autre part avec au moins un fluide de cycle principal calorigène, sous une pression dite haute pression, avec adjonction à un dit fluide de cycle principal sous une pression basse et à une température intermédiaire de réchauffement d'au moins un fluide de cycle secondaire obtenu par dérivation d'une partie à l'état liquide dudit mélange réfrigérant à une pression supérieure à sa basse pression, qui est détendu à une basse pression avant ladite adjonction. Dans des réalisations connues de ce procédé, on a toujours utilisé des échangeurs du type bobiné, placés en ligne permettant les extractions et adjonctions de fluide à l'extrémité froide de chaque échangeur. Cependant, la redistribution des fluides sous basse pression nécessite des dispositions relativement complexes et en tout cas très coûteuses. Au contraire, les échangeurs du type à empilage de plaques et barres-entretoises formant :

- au moins une pluralité de compartiments longitudinaux ininterrompus formant passages pour un tel fluide de cycle principal sous une basse pression, les dits compartiments s'étendant depuis une extrémité froide dudit échangeur;
- au moins une pluralité de compartiments longitudinaux formant passages pour au moins un des fluides suivants, à savoir au moins un tel fluide de cycle principal sous une haute pression et ledit fluide à liquéfier, les dits compartiments aboutissant à une extrémité froide dudit échangeur,

sont de réalisation peu coûteuse, mais également ici on est amené à prévoir plusieurs échangeurs en ligne, pour la réintroduction des fluides secondaires. C'est la raison pour laquelle, lorsqu'on a décidé, pour limiter les frais, de ne mettre en oeuvre qu'un échangeur unique assurant seul la liquéfaction du gaz traité, on a été amené à choisir un procédé simplifié sans formation de fluide de cycle secondaire nécessitant des réintroductions, mais la mise en oeuvre d'un tel procédé est assez onéreuse, car son énergie spécifique est élevée.



L'invention a pour objet un procédé de liquéfaction qui présente à la fois les avantages d'un échangeur de ligne unique pour tout le gradient de température jusqu'à la liquéfaction du gaz à traiter et d'un procédé mettant en oeuvre au moins une dérivation et réintroduction d'un fluide de cycle secondaire. Selon l'invention, le procédé du type rappelé ci-dessus est caractérisé en ce que ledit échange thermique s'effectue dans un échangeur du type à empilage de plaques avec barres entretoises, formant :

- au moins une pluralité de compartiments longitudinaux ininterrompus formant passages pour un tel fluide de cycle principal sous une basse pression, les dits compartiments s'étendant depuis une extrémité froide dudit échangeur;

- au moins une pluralité de compartiments longitudinaux formant passages pour au moins un des fluides suivants, à savoir au moins un tel fluide de cycle principal sous une haute pression et ledit fluide à liquéfier, les dits compartiments aboutissant à une extrémité froide dudit échangeur ;

- ladite adjonction d'un fluide secondaire à un fluide principal s'effectuant de façon répartie dans chaque compartiment basse pression en au moins une zone transversale s'étendant selon l'épaisseur de l'échangeur et située à distance d'échange thermique des entrées et sorties des dits compartiments formant passages pour un fluide principal sous une basse pression.

Un échangeur selon l'invention utilisé pour la mise en oeuvre du procédé ci-dessus est du type compact, à plaques brasées sur barres-entretoises formant une pluralité de compartiments plats de forme générale rectangulaire empilés selon une direction transversale dite d'épaisseur d'échangeur, et ayant une autre dimension transversale, ou largeur d'échangeur, et une dimension longitudinale ou longueur d'échangeur, caractérisé en ce qu'une pluralité de compartiments démunis de toute paroi transversale, adjacents individuellement à au moins une autre pluralité de compartiments est équipée, outre les moyens d'entrée et sortie, de moyens d'admission intermédiaire entre les dits moyens d'entrée - sortie débouchant latéralement à l'échangeur le long d'une même zone intermédiaire de la longueur d'échangeur et comportant, pour chaque compartiment, des moyens de distribution répartis sur toute la largeur de compartiment.

Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui suit dans laquelle :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un échangeur selon l'invention;
- 5 - les figures 2 et 3 sont des vues en coupe selon II-II et III-III des figures 1 et 2;
- les figures 4 et 5 d'une part et les figures 6 et 7 d'autre part sont des vues en coupe transversale de deux variantes de réalisation.
- les figures 8 et 9 sont des vues schématiques d'une installation
- 10 selon l'invention mettant en oeuvre une batterie d'échangeurs.

En se référant aux figures 1, 2 et 3, une installation de liquéfaction d'un gaz (par exemple du gaz naturel) comprend un circuit fermé 1 pour un fluide de cycle formé d'un mélange réfrigérant, ou mélange de cycle, incorporant des hydrocarbures de C_1 à C_4

15 et le cas échéant de l'azote, avec essentiellement un compresseur de cycle 2 à deux étages 3 et 4, un conduit 7 pour un fluide de cycle principal sous basse pression, ou conduit basse pression (frigorigène), aboutissant à l'étage 3 du compresseur 2, un conduit pour un fluide de cycle sous haute pression 5, ou conduit haute pression

20 (calorigène), une vanne de détente 6, un conduit de dérivation 8 pour un fluide de cycle secondaire dérivé à l'état liquide et sous moyenne pression à la base d'un séparateur moyenne pression 9 intercalé entre les deux étages de compression 3 et 4, et un conduit de dérivation 10 pour un fluide de cycle secondaire prélevé à l'état liquide

25 et sous haute pression à la base d'un séparateur haute pression 11 placé à la sortie de l'étage haute pression 4, ces conduits de dérivation de fluide secondaire de cycle 8 et 9 ayant chacun une première section sous pression (calorigène) 12 et 13, respectivement sous moyenne pression et sous haute pression, et, au-delà de deux vannes de détente 14 et 15, une seconde section sous basse pression 16,

30 aboutissant directement dans le conduit 7 pour le fluide principal de cycle sous basse pression.

Dans l'exemple décrit, le fluide de cycle principal dans le conduit basse pression 7 provoque le refroidissement jusqu'à li-

35 quéfaction d'un gaz à liquéfier circulant dans un conduit 18 et également le refroidissement du fluide de cycle principal sous haute

pression dans le conduit 5, ainsi que le sous-refroidissement du fluide de cycle secondaire à l'état liquide de cycle dans les premières sections sous moyenne pression 12 et sous haute pression 13.

Comme on le voit, l'ensemble de ces opérations de refroidissement ou plus généralement de transfert thermique s'effectue dans un même échangeur de chaleur 20, du type à plaques brasées et constitué d'une pluralité de modules, dont l'un est représenté en détails en 21, à la figure 1 et qui sont disposés côte à côte. Chaque module d'échange thermique 21 forme, dans l'exemple décrit, un empilage selon une direction transversale (T_1) de dix compartiments plats de forme rectangulaire selon une deuxième direction transversale, ou largeur (T_2), et une direction longitudinale (L), désignés par les chiffres 22 à 31, tous comprenant aux extrémités longitudinales dans, (ou au voisinage de), leurs barres d'extrémité supérieures ou "chaudes" 90 des fenêtres "chaudes", chacune débouchant dans une des quatre boîtes 32 à 35, à savoir une boîte d'entrée du fluide de cycle secondaire à l'état liquide et sous moyenne pression 32, une boîte d'entrée du fluide de cycle principal sous haute pression 33, une boîte d'entrée du gaz naturel 34, une boîte de sortie du fluide de cycle principal basse pression 35. Les compartiments 22 à 31 présentent également dans (ou au voisinage de) leurs barres d'extrémité inférieures ou "froides" 91 des fenêtres "basses" ou "froides", chacune débouchant dans trois boîtes 36, 37 et 38, à savoir une boîte de sortie du gaz naturel liquéfié 36, une boîte de sortie du fluide de cycle sous haute pression 37 et une boîte double d'entrée du fluide de cycle principal sous basse pression 38.

Ainsi, pour le module 21, et en partant de la gauche vers la droite de la figure, vers le haut, (ou du côté de l'extrémité chaude 90) le compartiment 22 s'ouvre par une fenêtre "chaude" 22a (zone hachurée) dans la boîte d'entrée du fluide de cycle secondaire à l'état liquide et sous moyenne pression 32, les compartiments 23, 25, 27 et 29, et 31 débouchant par des fenêtres "chaudes" 23a, 25a, 27a, 29a, 31a dans la boîte de sortie du fluide de cycle basse pression 35, les compartiments 24 et 28 s'ouvrant par des fenêtres "chaudes" 24a et 28a dans la boîte d'entrée de fluide de cycle sous haute pression 33 et les compartiments 26 et 30 débouchant par des fenêtres "chaudes" en 26a et 30a dans la boîte d'entrée de gaz naturel 34.

A une certaine distance de l'extrémité chaude 90 de l'échangeur et également à distance de l'extrémité froide 91, les compartiments 22, 26 et 30 sont cloisonnés chacun par deux barres transversales 40, 41, 42 et 43, 44, 45 situées à deux niveaux différents longitudinaux ou de température, (la barre 40 étant à un niveau plus haut que les barres 41 et 42, tandis que les barres 43, 44 et 45 sont toutes au même niveau), avec ménagement, entre ces niveaux, d'une zone intermédiaire, dite zone d'adjonction 46, définissant ainsi, dans les compartiments 22, 26, 30 et en prolongement l'une de l'autre, un tronçon de compartiment "haut" (ou "chaud") respectivement 50, 51, 52, le tronçon de compartiment 50 étant moins long que les tronçons de compartiments 51 et 52, un tronçon de compartiment "bas" (ou "froid") respectivement 53, 54, 55 tous d'égales longueurs et un tronçon de compartiment intermédiaire respectivement 56, 57, 58.

Le tronçon de compartiment "chaud" 50 débouche vers le bas par une fenêtre latérale 50b dans une boîte de sortie de fluide de cycle à l'état liquide sous moyenne pression 60, tandis que les tronçons de compartiment "chauds" 51 et 52 débouchent vers le bas et par des fenêtres latérales 51b et 52b dans un collecteur de sortie de gaz naturel 61 disposé juste en dessous de la boîte de sortie 60.

Les tronçons de compartiment "bas" 53, 54 et 55 débouchent en 53a, 54a, 55a vers le haut dans une boîte d'entrée de gaz naturel 62.

Les tronçons de compartiment intermédiaires 56, 57, 58 communiquent par des fenêtres latérales doubles 56a, 56b; 57a, 57b, 58a, 58b à la fois vers le haut et vers le bas avec une boîte-séparatrice 63 raccordée par la canalisation 16 incorporant la vanne 14, à la boîte de sortie du fluide de cycle secondaire 60, et ces tronçons intermédiaires 56, 57, 58 ont des parois 66 et 67, adjacentes aux compartiments basse pression 23, 25, 27, 29 et 31 qui sont pourvues d'une pluralité de perforations 68 régulièrement réparties sur toute la largeur entre un niveau haut N_1 et un niveau bas N_2 de moindre extension verticale que la hauteur du dégagement, ou zone d'adjonction 46.

Vers le bas, c'est-à-dire vers l'extrémité froide 91, d'une part les compartiments basse pression 23, 25, 27, 29 et 31

s'ouvrent en 23b, 25b, 27b, 29b et 31b dans la boîte d'entrée basse pression 38, les compartiments 24 et 28 débouchant en 24b et 28b dans la boîte de sortie haute pression 37, d'autre part les tronçons des compartiments 53, 54 et 55 débouchent en 53b, 54b, 55b dans la
5 boîte de sortie de gaz naturel 36.

Ainsi, le conduit pour le fluide de cycle principal sous basse pression 7 incorpore une pluralité (égale à cinq fois le nombre de modules 21) de passages d'échange thermique formés par les compartiments tels que 23, 25, 27, 29 et 31 depuis l'alimentation à
10 partir de la boîte d'entrée "froide" 38 jusqu'à l'évacuation par la boîte de sortie "chaude" 35; le conduit pour le fluide de cycle sous haute pression 5 incorpore une pluralité (égale à deux fois le nombre de modules 21) de passages d'échange thermique formés par les compartiments tels que 24 et 28 depuis l'alimentation par la boîte
15 d'entrée "chaude" 33 jusqu'à la boîte de sortie froide 37, et le conduit de gaz à liquéfier 18 incorpore d'une part les tronçons de compartiment "hauts" ou "chauds" tels que les deux tronçons de compartiment 51 et 52 et les tronçons de compartiment "bas" ou "froid" tels que 53, 54 et 55 entre la boîte d'entrée 34 et la
20 boîte de sortie 36. Avantagement, entre les boîtes de sortie 61 et d'entrée 62 est aménagé un séparateur de phases 70 avec extraction, en 71, de la fraction liquide formée des condensats "lourds" indésirables, tandis que la fraction gazeuse 72 est réintroduite en 62.

25 Certains modules, tels que 21, sont alimentés à l'endroit de leur tronçon de compartiment 50 par le fluide de cycle sous moyenne pression 8 au moyen de la boîte d'entrée 32, tandis que d'autres modules tels que 21', de construction identique à celle des modules 21, (à droite sur la figure 1) sont alimentés de la
30 même façon, à l'exception du tronçon de compartiment haut ou "chaud" 50' (homologue au tronçon de compartiment haut ou chaud 50 des modules 21) qui est alimenté par la fenêtre 22'a et le collecteur 32' par le fluide de cycle secondaire à l'état liquide et sous haute pression 10, les deux fluides de cycle moyenne pression 8 et haute pres-
35 sion 10 étant ensuite chacun détendu l'un par la vanne 14, l'autre par la vanne 15, à la même pression, égale à la basse pression de cycle, avant d'être introduits dans la boîte-séparatrice commune 63.

On note également que la détente du fluide à haute pression à l'endroit de la vanne 6 a généralement pour effet de créer un mélange diphasique et la réinjection du fluide de cycle principal basse pression à l'extrémité froide 91 de l'échangeur 20 doit s'effectuer par un séparateur 80, un conduit pour une fraction liquide 81 et un conduit pour une fraction vapeur 82 aboutissant à la boîte d'entrée double 38 via des moyens connus en soi de recombinaison des phases liquide et vapeur.

Ainsi, on peut résumer maintenant les différents circuits:

- 10 - le conduit pour un fluide de cycle haute pression 5 comprend dans l'échangeur 20, une paire de boîtes d'extrémité 33, 37 de part et d'autre d'une pluralité de compartiments longitudinaux tels 24 et 28 s'étendant pratiquement de part en part sur toute la hauteur de l'échangeur 20.
- 15 - le conduit pour un fluide de cycle basse pression 7 comprend dans l'échangeur 20 une paire de boîtes d'extrémité 35, 38, de part et d'autre d'une pluralité de compartiments longitudinaux tels 23, 25, 27, 29, 31 ;
- le conduit de fluide de cycle secondaire sous moyenne pression 8 comprend, dans les modules 21, une partie amont sous ladite moyenne pression comprenant une boîte d'entrée haute ou "chaude" 32, une pluralité de tronçons de compartiments "amont" 50, une boîte de sortie intermédiaire 60, une vanne de détente 14 et une partie aval basse pression incorporant le conduit 16 et la boîte séparatrice intermédiaire 63 et une pluralité (identique à la somme des tronçons de compartiments amont 50 et 51, 52) de tronçons de compartiment intermédiaire 56, 57, 58 et des orifices de réinjection 68.
- le conduit de fluide de cycle secondaire sous haute pression 10 comprend, dans les modules 21', une partie amont sous ladite haute pression comprenant une boîte d'entrée haute ou "chaude" 32', une pluralité de tronçons de compartiments amont 50', une boîte de sortie intermédiaire 60', une vanne de détente 15 et une partie aval basse pression incorporant le conduit 16 et la boîte-séparatrice intermédiaire 63 et une pluralité (identique à celle de tronçons de compartiments amont 50' et 51', 52' de tronçons de compartiments intermédiaires 56' et des orifices de réinjection 68;

- le circuit de gaz naturel 18 comprend, dans l'échangeur 20, une boîte d'entrée haute ou "chaude" 34, une pluralité de tronçons de compartiment amont tels que 51 et 52, une boîte de sortie intermédiaire 61, le séparateur 70, une boîte d'entrée intermédiaire 62, 5 et une pluralité (égale à la somme de la pluralité de tronçons de compartiments amont 50 pour le fluide de cycle secondaire sous moyenne pression 8 (ou 50' sous haute pression 10 dans les modules 21')) et de la pluralité de tronçons de compartiment amont 51, 52 pour le gaz naturel à liquéfier 18, de tronçons de compartiments 10 aval tels 53, 54, 55, et la boîte de sortie basse ou "froide" 36.

En se référant plus particulièrement aux figures 2 et 3, on voit que la zone intermédiaire d'adjonction 46 comprenant les tronçons des compartiments 56, 57, 58 de réception du fluide de cycle secondaire détendu (8 et 10) présente, de part et d'autre de la 15 rangée transversale - selon la largeur (T_2) - d'orifices 68, des ondes d'écoulement 101 - 102 associées respectivement à des zones "liquide" 103 et "vapeur" 104, comprenant chacune essentiellement deux ondes distributrices 105 et 106, 105' et 106', les ondes 106 et 106' débouchant respectivement par les fenêtres 56a, 56b (57a, 57b) 20 (58a, 58b) en des points "bas" et "haut" de la boîte séparatrice 63.

Selon la variante de réalisation représentée à la figure 4, l'échangeur de chaleur 110 comprend ici une pluralité de compartiments pour un fluide de cycle sous haute pression 111 s'étendant de part en part et sans interruption d'une extrémité chaude 112 à une 25 extrémité froide 113 de l'échangeur 110 et une pluralité de compartiments pour un gaz à liquéfier 114 s'étendant de l'extrémité chaude 112 à l'extrémité froide 113, avec, dans une zone intermédiaire 115, extraction en 116, séparation des lourds en 117 et réintroduction de la fraction vapeur en 118. Ici, on dispose d'un cycle frigorigène 30 primaire indépendant 119 et les compartiments pour le fluide principal de cycle basse pression 120 ne s'étendent que sur une partie restreinte (L_1) de la longueur (L) de l'échangeur 110 dans le prolongement des tronçons de compartiment servant à véhiculer également le fluide de cycle primaire 119. Le fluide de cycle secondaire 121 est 35 également réintroduit dans une zone d'adjonction confondue avec la zone d'extraction des lourds 115, de la même façon que décrite en référence à la figure 1, mais ici, puisqu'il n'existe pas de tronçon

de compartiment pour le sous-refroidissement du fluide de cycle secondaire (121) le gaz à liquéfier est réintroduit seulement dans les tronçons de compartiment aval 114_a prolongeant les tronçons de compartiment amont 114_b, situés de l'autre côté de la zone d'ad-
5 jonction-extraction 115.

Dans un tel cas, l'adjonction du fluide de cycle secondaire 121 s'effectue directement dans les compartiments pour le fluide de cycle principal sous basse pression 120 - par exemple comme décrit à la figure 5 par l'intermédiaire d'un ou plusieurs
10 tubes 122 à perforations réparties 123, s'étendant sous toute la largeur T_2 de l'échangeur, de préférence, pour chaque compartiment, un tube "vapeur" en position haute 122' et un tube "liquide" en position basse 122" raccordés respectivement par des boîtes d'entrée 124 et 125 aux points haut et bas d'un séparateur 126, ou comme
15 décrit aux figures 6 et 7 par des tronçons de compartiments étroits de réinjection 130 ménagés dans une partie de l'épaisseur (T_1) des compartiments 131 pour le fluide de cycle principal sous basse pression 120, alimentés par une boîte d'entrée basse 133 pour une fraction liquide 134 de ce fluide de cycle secondaire et une boîte
20 d'entrée haute 135 pour une fraction "vapeur" 136 de ce fluide de cycle secondaire, la séparation s'effectuant dans un séparateur de phase 137 alimenté via une vanne de détente 138 par un collecteur 139 pour le fluide de cycle secondaire sous pression, l'adjonction dans les compartiments 120 s'effectuant par des rangées de perfora-
25 tions 140.

Selon la variante de réalisation représentée à la figure 8, une installation de liquéfaction comporte une batterie d'échangeurs 140, 140', 140" montés en parallèle et comportant une pluralité de compartiments longitudinaux 141, 141', 141" pour un fluide de
30 cycle sous haute pression 142, une pluralité de compartiments longitudinaux 143, 143', 143" pour un fluide de cycle sous basse pression 144, avec réinjection individuelle à l'extrémité froide de chaque échangeur 140, 140', 140" via une vanne de détente 145, 145', 145", un séparateur 146, 146', 146". On dispose également ici de deux
35 fluides de cycle secondaire 147 et 148 prélevés à l'état liquide au bas des séparateurs 149 et 150 à la sortie de l'étage de compression

moyenne pression 151 et de l'étage haute pression 152. Les fluides de cycle secondaire 147 et 148 sont sous-refroidis dans un échangeur auxiliaire 153 et de là détendus en 154 et 155 à la basse pression et séparés en deux courants partiels liquides 156 et 157, le courant
5 partiel 156 étant dirigé à titre de fluide frigorigène dans l'échangeur auxiliaire 153, tandis que le courant partiel 157 est séparé en autant de courants subdivisés 158, 158', 158" qu'il y a d'échangeurs 140, 140', 140" ... et adjoint, dans les zones intermédiaires des dits échangeurs, individuellement à chacun des fluides de cycle
10 principaux sous basse pression 143, 143', 143".

Selon la figure 9, on dispose d'une batterie de plusieurs échangeurs, par exemple trois, 161, 162, 163 dont l'un 161, est destiné au refroidissement du gaz à liquéfier 164 et dont les deux autres 162 et 163 servent au refroidissement du fluide de cycle
15 sous haute pression 165 subdivisé à cet effet en deux courants 165' et 165", et cela au moyen de trois courants de fluide de cycles . principaux basse pression 166, 166', 166" issus des deux courants de fluide de cycle sous haute pression 165' et 165" détendu en 167, 168 dans un séparateur 169 à partir duquel sont dérivés trois courants
20 partiels liquides 170, 170' et 170" et trois courants partiels gazeux 171, 171', 171", les courants 170 et 171, 170' et 171', 170" et 171" étant recombines à l'extrémité froide des échangeurs 161, 162, 163 pour former les trois fluides de cycle principaux sous basse pression 166, 166', 166"... Des liquides de cycle secondaire 172 et
25 173 sous moyenne et haute pression occupant des tronçons de compartiment amont 174 et 175 de l'échangeur 166, sont soutirés de l'échangeur 166 en 176 et 177, détendus en 178, 179 à la basse pression et conduits dans un séparateur commun 180 à partir duquel sont soutirés trois courants liquides 181, 181', 181" et trois courants vapeur
30 182, 182', 182" recombines deux à deux pour être adjoints respectivement aux trois fluides de cycle principaux 166, 166', 166".

REVENDECATIONS

1. Procédé de liquéfaction d'un gaz, tel le gaz naturel, mettant en oeuvre au moins un fluide de cycle à mélange réfrigérant (1), avec au moins un fluide de cycle principal sous une pression dite basse pression frigorigène (7) (120) (143) (166), en échange thermique à contre-courant d'une part avec un fluide à liquéfier calorigène (18) (114) (159) (164), d'autre part avec au moins un fluide de cycle principal calorigène sous une pression dite haute pression (5) (111) (142) (165), avec adjonction à un dit fluide de cycle principal sous une pression basse (7) (120) (143) (166) et à une température intermédiaire de réchauffement d'au moins un fluide de cycle secondaire (10) et/ou (8) (121) (158) (181-182) obtenu par dérivation d'une partie à l'état liquide dudit mélange réfrigérant à une pression supérieure à sa basse pression, qui est détendu (14, 15) (138)(154, 155) (178-179) à une basse pression avant ladite adjonction, caractérisé en ce que ledit échange thermique s'effectue dans un échangeur du type à empilage de plaques avec barres-entretoises formant :
- de façon connue en soi au moins une pluralité de compartiments longitudinaux ininterrompus (23, 25, 27, 29, 31) formant passages pour un tel fluide de cycle principal sous une basse pression (7), les dits compartiments s'étendant depuis une extrémité froide (91) dudit échangeur ;
 - de façon connue en soi au moins une pluralité de compartiments longitudinaux (24 et 28)/ ; (26 et 30) formant passages pour au moins un des fluides suivants, à savoir au moins un tel fluide de cycle principal sous une haute pression (5) et ledit fluide à liquéfier (18), les dits compartiments (24 et 28)/ ; (26 et 30) aboutissant à une extrémité froide (91) dudit échangeur ;
 - ladite adjonction d'un fluide secondaire (8 et 10) (121) (158), (181-182) à un fluide principal (7) s'effectuant, de façon connue en soi, de façon répartie dans chaque compartiment basse pression (23-25-27, 29, 31) en au moins une zone transversale (46) (115) s'étendant selon l'épaisseur (T_1) de l'échangeur, la dite zone (46) (115) étant située à distance d'échange thermique des entrées (23_b, 25_b, 27_b, 29_b, 31_b) et sorties (23_a, 25_a, 27_a, 29_a, 31_a) des dits compartiments formant passages pour un fluide principal sous une basse pression (23, 25, 27, 29, 31).

2. Procédé de liquéfaction selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un fluide de cycle principal calorigène sous une haute pression (5) s'écoule, de l'extrémité chaude (90) à l'extrémité froide (91) en totalité et exclusivement dans une pluralité
5 de tels compartiments (24 et 28).

3. Procédé de liquéfaction selon la revendication 1 ou la revendication 2, du genre où l'on extrait (61) hors de l'échangeur le fluide à liquéfier (18) où l'on réintroduit (62) dans ledit échangeur au moins une partie dudit fluide à liquéfier, caractérisé
10 en ce que ladite extraction s'effectue en une position (61 selon la direction L) et dans le sens extrémité chaude (90) vers extrémité froide (91) qui est en amont de ladite zone transversale d'adjonction (46) d'un fluide secondaire (8, 10), tandis que ladite réintroduction (62) s'effectue en aval de ladite zone transversale d'adjonction (46) d'un fluide de cycle secondaire (8, 10).
15

4. Procédé de liquéfaction selon la revendication 3, du genre où l'on sous-refroidit un fluide de cycle secondaire dans une pluralité de tronçons de compartiments (50, 50'), caractérisé en ce que l'on soutire ledit fluide hors des dits tronçons de compartiment
20 (50, 50') en amont de la zone transversale d'adjonction (46) dudit fluide de cycle secondaire à un fluide principal sous une basse pression (7).

5. Procédé de liquéfaction selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'on sous-refroidit un fluide de cycle secondaire (8, 10) dans une pluralité de tronçons de compartiment (50, 50') s'étendant à partir de l'extrémité chaude (90) de l'échangeur.
25

6. Procédé de liquéfaction selon la revendication 4, caractérisé en ce que la réintroduction (62) du fluide à liquéfier (18) s'effectue dans une double pluralité (53a), 54a et 55a) de tronçons
30 de compartiments situés en aval par rapport à ladite zone transversale d'adjonction (46), qui prolongent la pluralité des tronçons de compartiments amont pour le fluide à liquéfier (51, 52) et la pluralité de tronçons de compartiments amont (50, 50') pour le fluide de cycle secondaire (8, 10).

7. Procédé de liquéfaction selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, du genre mettant en oeuvre plusieurs tels échangeurs (140, 140', 140'') et un seul groupe de compression (151, 152) entre un fluide de cycle basse pression (144) et un fluide
35

de cycle haute pression (142) et au moins un fluide de cycle secondaire (147, 148) (172-173), sous-refroidi en (153) (174, 175) et détendu en (154, 155) (178, 179), séparé en (160) (180) en une fraction liquide et une fraction vapeur, caractérisé en ce qu'on sépare
5 au moins les dites fractions liquides en autant de fractions subdivisées (158, 158', 158'') (181, 181', 181'') que l'on adjoint individuellement à chaque fluide de cycle à basse pression de chaque échangeur (140, 140', 140'') (161, 162, 163).

8. Procédé de liquéfaction selon la revendication 7, caractérisé en ce que la fraction vapeur est adjointe entièrement
10 (182) à un fluide de cycle basse pression circulant dans un seul échangeur (153) (161).

9. Procédé de liquéfaction selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'au moins un échangeur (161) est utilisé pour
15 refroidir le gaz à liquéfier (164) à l'exclusion du fluide sous haute pression et au moins un autre échangeur (162, 163) est utilisé pour refroidir le fluide de cycle sous haute pression (165', 165'') à l'exclusion du gaz à liquéfier, caractérisé en ce que ledit échangeur (164) est utilisé pour refroidir au moins un fluide de
20 cycle secondaire (174, 175) qui après détente et séparation a au moins sa fraction liquide subdivisée en autant de courants partiels qu'il y a d'échangeurs et adjoint à chaque fluide de cycle principal basse pression (166, 166', 166'') des dits échangeurs.

10. Procédé de liquéfaction selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'extraction hors de l'échangeur du fluide à
25 liquéfier s'effectue (en 61) à un niveau de température où ledit fluide à liquéfier est à l'état partiellement condensé (70) et en ce qu'on soutire (71) et élimine la fraction liquide lourde, tandis que seule la fraction vapeur (72) est réintroduite (en 62).

30 11. Procédé de liquéfaction selon la revendication 3, caractérisé en ce que la réintroduction (62) du fluide à liquéfier (72) s'effectue dans une pluralité de tronçons de compartiments (54, 55) situés en aval par rapport à la zone transversale d'adjonction (46), qui prolongent la pluralité de tronçons de compartiment
35 amont (51, 52) pour ledit fluide à liquéfier (18).

12. Procédé de liquéfaction selon la revendication 1, caractérisé en ce que le fluide (157) adjoint au fluide de cycle sous une pression basse (143) est sous forme monophasique, liquide ou
car.

13. Procédé de liquéfaction selon la revendication 1, caractérisé en ce que le fluide (8, 10) adjoint au fluide de cycle sous une pression basse est sous forme diphasique gaz et liquide, de préférence avec séparation des phases (63) (134) et recombinaison (68) (140) de courants fluide diphasique au niveau de chaque compartiment.

14. Procédé de liquéfaction d'un gaz selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on met en oeuvre plusieurs fluides de cycle (111 - 120) (119), le fluide (119) d'un des cycles circulant dans des tronçons de compartiments longitudinaux prolongeant en alignement d'autres tronçons de compartiments longitudinaux dans lesquels circule l'autre fluide de cycle (120).

15. Echangeur de chaleur du type à plaques brasées sur barres-entretoises formant des compartiments plats de forme générale rectangulaire empilés selon une direction transversale dite d'épaisseur d'échangeur (T_1), et ayant une autre dimension transversale, ou largeur d'échangeur (T_2), et une dimension longitudinale ou longueur d'échangeur (L), avec une pluralité de compartiments démunis de toute paroi transversale (23, 25, 27, 29, 31), adjacents individuellement à au moins une autre pluralité de compartiments (24, 26), (28, 30) et ayant des moyens d'entrée (23_b, 25_b, 27_b, 29_b, 31_b) et sortie (23_a, 25_a, 27_a, 29_a, 31_a), caractérisé en ce que la dite pluralité de compartiments est équipée de moyens d'admission intermédiaire (56, 57, 58 et 68) entre les dits moyens d'entrée-sortie, débouchant latéralement à l'échangeur le long d'une même zone intermédiaire (46) de la longueur d'échangeur (L) et comportant, pour chaque compartiment (23, 25, 27, 29, 31), de façon connue en soi des moyens de distribution répartis (105, 106, 105', 106') (123) sur toute la largeur de compartiment (T_2).

16. Echangeur de chaleur selon la revendication 15, caractérisé en ce que les moyens d'admission intermédiaires comprennent, dans chaque compartiment (120) et sur toute sa largeur, au moins un tube (122) à perforations radiales réparties (123) sur toute la dimension (T_2) dudit tube (122).

17. Echangeur de chaleur selon la revendication 16, caractérisé par deux tubes agencés parallèlement (122' et 122'') à faible écartement longitudinal selon (L).

18. Echangeur de chaleur selon la revendication 15, caractérisé en ce que les moyens d'admission intermédiaires comprennent un tronçon de compartiment intermédiaire (56, 57, 58) (130) à extension selon la largeur (T_2) et pourvu sur toute la largeur (T_2) d'une série médiane d'orifices (68, 140) de communication avec ladite pluralité de compartiments (23, 25, 27, 29, 31) (120).

19. Echangeur selon la revendication 18, caractérisé en ce que les tronçons de compartiment intermédiaire (130) sont d'épaisseur (selon T_1) nettement plus faible que l'épaisseur d'un compartiment (120) et sont placés dans chaque compartiment (120) de ladite pluralité de compartiments.

20. Echangeur selon la revendication 18, caractérisé en ce que le tronçon de compartiment intermédiaire (56, 57, 58) est délimité, dans un compartiment (22) (26) (30) par deux parois, ou 15 barres (40, 43) (41, 44) (42, 45) de séparation d'avec deux tronçons de compartiment (50, 53) (51, 54) (52, 55), ladite série d'orifices (68) étant ménagée dans au moins une paroi séparatrice (66) d'un compartiment (23, 25, 27, 29, 31) de ladite pluralité de compartiments.

21. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des 20 revendications 15 à 18, caractérisé en ce que chaque compartiment (23, 25, 27, 29) ou tronçon de compartiment (50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58) (130) ou tubes (122, 122', 122'') est équipé de deux boîtes d'alimentation (38-35, 133-135, 33-37) (32-60, 34-61) (62, 36) (63) (124, 125) (135, 136) écartés longitudinalement, les boîtes 25 d'alimentation des moyens d'admission intermédiaires (63) (124, 125) (135, 136) étant latérales à l'échangeur.

22. Echangeur selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'une boîte d'alimentation (63) d'un tronçon intermédiaire (56, 57, 58) forme une boîte-séparatrice de phases (63) et 30 s'étend donc dans le sens (L) jusqu'à recouvrir deux passages d'introduction (56a, 57a, 58a).

23. Echangeur de chaleur selon la revendication 19, caractérisé en ce que la boîte d'alimentation (62) d'une pluralité de tronçons de compartiment d'extrémité (54, 55) située d'un côté 35 de la paroi de séparation (44, 45) d'avec le tronçon de compartiment intermédiaire (57, 58) est raccordée avec la boîte d'alimenta-

tion homologue (61) d'au moins la pluralité de compartiment d'extrémité homologue (51-52) situé de l'autre côté d'une paroi (41, 42) délimitant ladite pluralité de tronçons de compartiments intermédiaires (57, 58).

- 5 24. Echangeur de chaleur selon la revendication 23, caractérisé en ce que d'autres tronçons de compartiments non homologues (53) sont raccordés, par les dites boîtes d'alimentation (62,61) avec les tronçons de compartiment (51,52).

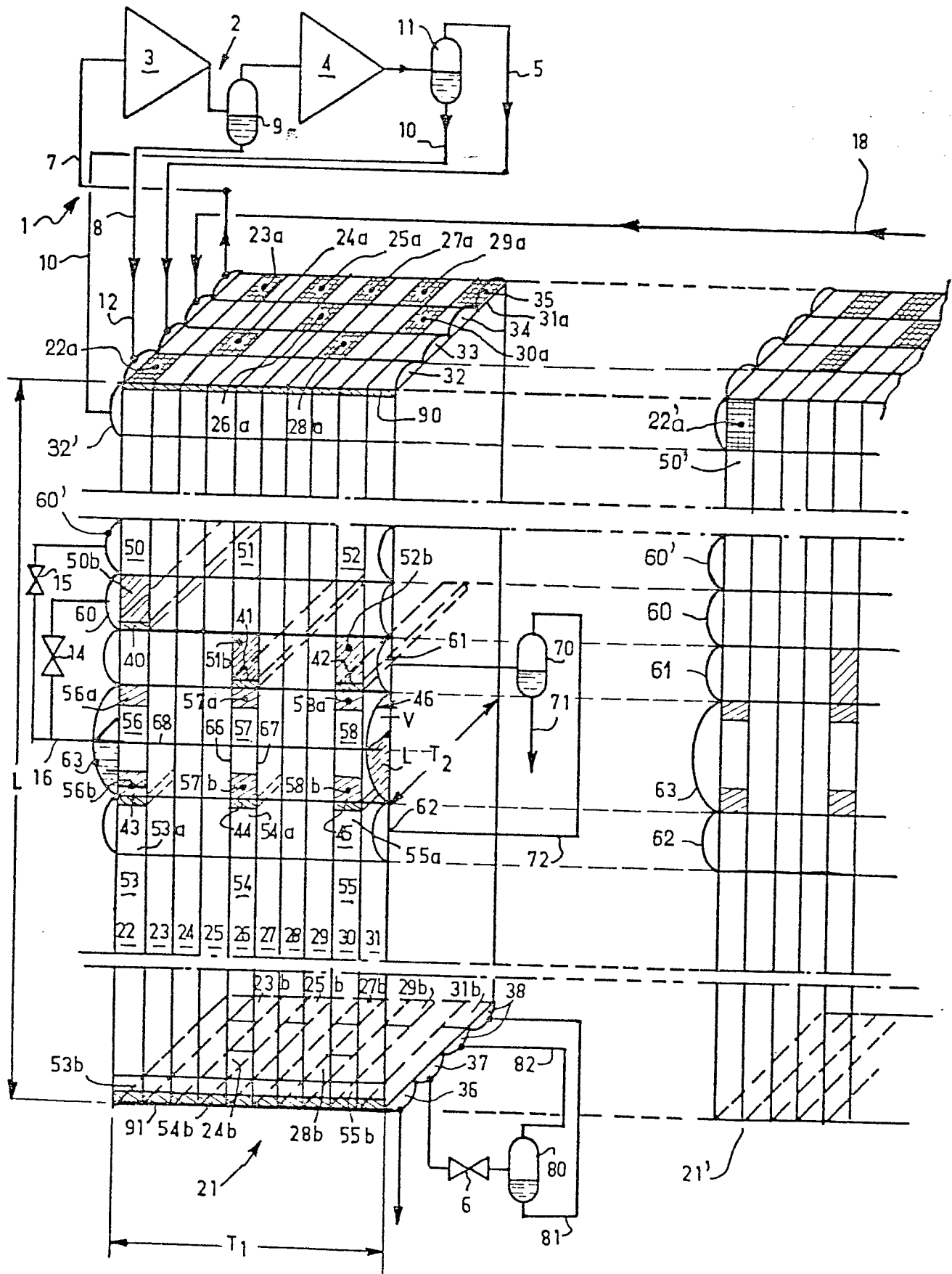


FIG.1

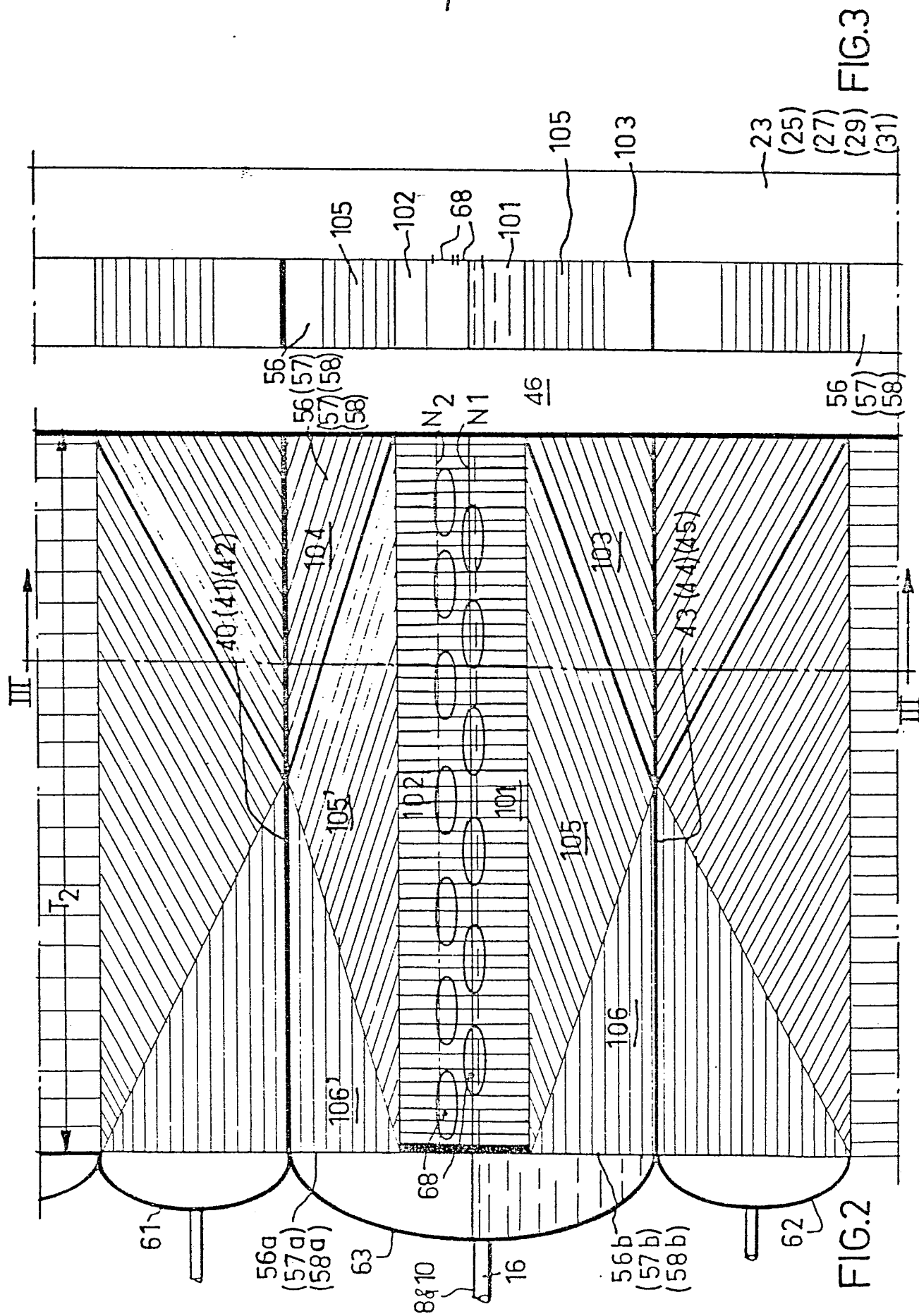


FIG. 4

FIG. 6

FIG. 7

FIG.5

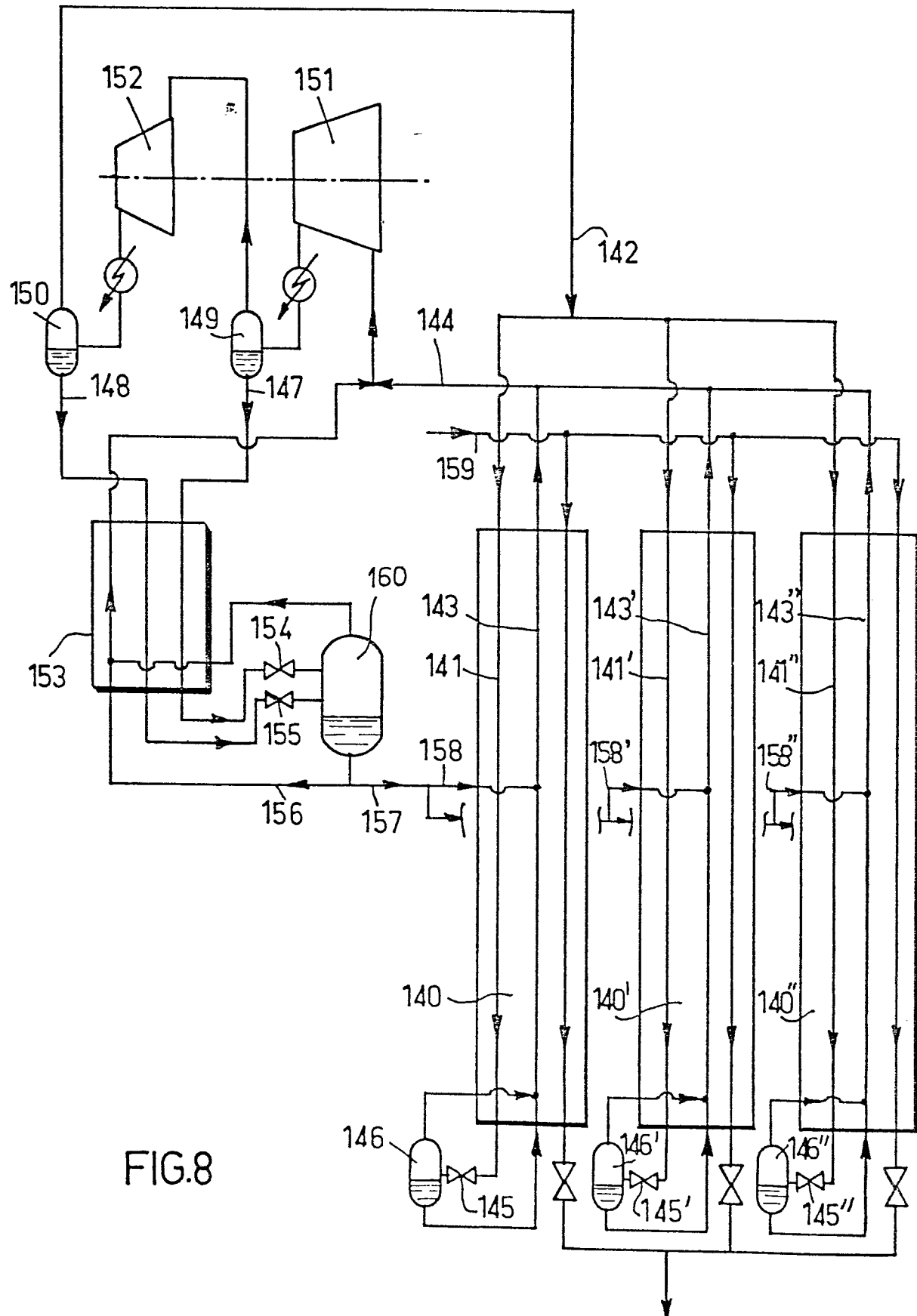


FIG.8

