

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 16375

(54) Procédé d'exploitation de dispositifs de compression de gaz.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). F 17 D 1/07.

(22) Date de dépôt..... 27 août 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 29 août 1980, n° P 30 32 550.9.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 5-3-1982.

(71) Déposant : SCHMID Rudolf, résidant en RFA.

(72) Invention de : Rudolf Schmid.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Madeuf, conseils en propriété industrielle,
3, av. Bugeaud, 75116 Paris.

La présente invention se rapporte à un procédé d'exploitation de dispositifs de compression pour gaz, notamment de postes de compression dans des conduits destinés au transport de gaz sur de grandes distances, en particulier dans des zones de gel permanent.

Des gaz fortement comprimés et présentant une température déterminée doivent être utilisés pour des buts divers. Etant donné qu'il se produit une quantité de chaleur importante lors du processus de compression, on est obligé de refroidir le gaz provenant du compresseur et dans certains cas il est même nécessaire de refroidir le gaz à une température qui est inférieure à sa température initiale. A cet effet, on utilise, comme cela est connu, des échangeurs de chaleur gaz/air ou gaz/eau et si nécessaire des installations frigorifiques supplémentaires, montées en aval, et comportant des mécanismes d'entraînement propres et consommateurs d'énergie.

L'utilisation d'échangeurs de chaleur nécessite une mise en oeuvre importante lorsque la différence de température entre le gaz et le fluide de refroidissement, constitués par de l'air ou de l'eau, est relativement faible, cet inconvénient apparaissant notamment lorsqu'on utilise de l'air en tant que fluide de refroidissement. Le cas le plus défavorable se produit évidemment pendant l'été et aux heures de la journée durant lesquelles l'air présente la température la plus élevée. Lors de la construction de l'échangeur de chaleur, on doit normalement tenir compte de ces critères.

Des conditions extrêmes en ce qui concerne ces différences de température règnent dans des zones continentales de gel permanent. Dans ces zones les températures atteignent des valeurs extrêmement basses pendant les nuits d'hiver et des valeurs extrêmement élevées lors de la journée pendant l'été. Ces conditions sont représentées sous forme de diagrammes à la fig. 1.

La découverte de nombreux gisements de gaz naturel dans ces zones du globe nécessite le transport du gaz

naturel vers les centres d'utilisation fortement éloignés.

Les conduits tubulaires réalisés à cet effet nécessitent pour leur fonctionnement des stations de pompage, c'est-à-dire des stations de compression, qui sont
5 prévues à une certaine distance les unes des autres et par lesquelles le gaz arrivant est envoyé avec une plus grande pression dans le conduit monté en aval. Etant donné que le conduit posé dans la zone de gel permanent ne doit évidemment pas dégeler le sol qui le porte, le gaz réchauffé par
10 le processus de compression doit être refroidi à la température de transport, par exemple à -3°C . Il est alors nécessaire de prévoir des installations de refroidissement particulières dans lesquelles, en raison du gel, on ne peut pas utiliser, comme il est habituel dans des zones à
15 climat tempéré, de l'eau s'écoulant librement et on est obligé d'utiliser l'air en tant que fluide de refroidissement. Si on se basait sur les différences de température extrêmes se produisant selon les saisons et les heures de la journée, il serait nécessaire de réaliser des échangeurs
20 des chaleur et des installations de refroidissement compliqués et de dimensions énormes en raison des températures maximales pouvant se produire, et les pertes seraient également énormes.

La présente invention a pour objet de créer un
25 procédé qui permet de réaliser le nouveau refroidissement du gaz comprimé avec des pertes les plus faibles possibles et avec de faibles frais d'investissement tout en tenant compte des différences de température extrêmes se produisant au cours de la journée et de l'année.

30 Les problèmes définis ci-dessus sont résolus conformément à l'invention par un procédé qui est caractérisé en ce que le gaz est comprimé en fonction de la température de l'environnement à une pression de sortie plus élevée que nécessaire par un compresseur entraîné par une turbine
35 à gaz, en ce que seule une partie d'un niveau de température plus élevé de la chaleur totale créée par la compression est dissipée dans un échangeur de chaleur classique utili-

sant de préférence de l'air en tant que fluide de refroidissement et en ce qu'une autre partie de la chaleur de compression est dissipée en détendant le gaz à la pression de sortie désirée en lui demandant de fournir un travail.

5 Par suite de la trop forte compression suivant l'invention, le gaz est également surchauffé, c'est-à-dire qu'il quitte le compresseur avec une température très élevée de sorte qu'on obtient un effet de refroidissement relativement important avec un échangeur de chaleur gaz/air
10 de dimensions raisonnables et ceci même lorsque le fluide de refroidissement, constitué par de l'air, présente une température élevée. La pression en excès est éliminée en vue d'obtenir la pression de sortie souhaitée, de préférence, au moyen d'une turbine de détente relativement simple, cette détente du gaz provoquant également un refroidissement correspondant. Le travail fourni par la turbine de détente peut être appliqué, d'une part, à l'arbre du compresseur principal par l'intermédiaire d'un accouplement permanent ou débrayable ou être utilisé, d'autre part, à
20 la commande d'une installation de refroidissement supplémentaire si un refroidissement complémentaire du gaz s'avère nécessaire. Dans tous les cas la dépense en énergie nécessaire pour créer la surpression peut être récupérée presque complètement et les pertes en énergie sont extrêmement faibles.

Grâce aux dimensions des différents éléments composant le dispositif de compression et l'installation de refroidissement avec ses échangeurs de chaleur et ses refroidisseurs, grâce à l'utilisation sélective de turbines
30 de détente et par suite d'un réglage approprié des rapports du mélange gazeux, en amont et en aval de chaque étage, par le montage de vannes de dérivation, on peut obtenir un rendement optimum pour chaque état déterminé des paramètres.

On peut obtenir un effet particulièrement avantageux
35 lorsque la chaleur de condensation produite par l'installation de refroidissement montée en aval du compresseur est déjà utilisée en amont de l'étage de compression au

préchauffage du gaz arrivant. De ce fait la température du gaz comprimé est encore augmentée davantage et en conséquence également la différence de température à l'intérieur de l'échangeur de chaleur gaz/air, ce qui permet de réduire
5 davantage les dimensions de ce dernier. Un autre avantage de cette mesure réside dans une économie d'énergie non négligeable parce qu'une pompe de circulation pour le circuit de liquide fermé ne nécessite qu'une fraction de l'énergie d'entraînement d'un dispositif comparable comportant une soufflerie pour l'air et du fait qu'on utilise
10 dans ce circuit évidemment un liquide en tant que caloporteur, de préférence de l'eau additionnée d'un agent anti-gel. Le processus de refroidissement se trouve également amélioré par l'abaissement de la température de condensation
15 d'environ 30°C, c'est-à-dire à la température d'environnement. Le prix de revient d'un condenseur refroidi à l'eau est de plus inférieur à celui d'un condenseur refroidi par de l'air.

Une autre solution, dans laquelle les frais d'investissement et la robustesse de l'installation constituent
20 des critères importants, prévoit le préchauffage du gaz arrivant par le gaz fortement comprimé lui-même. L'avantage de cette solution réside dans le fait qu'il n'est plus nécessaire de prévoir une installation de refroidissement parce que le refroidissement du gaz s'effectue
25 successivement dans trois éléments de construction, à savoir le refroidisseur air/gaz, le refroidisseur gaz/gaz et la turbine de détente. La turbine de détente délivre sa puissance au deuxième étage de compression et permet
30 ainsi d'économiser l'entraînement supplémentaire et onéreux par la turbine à gaz de cet étage de compression.

Le procédé suivant l'invention peut être utilisé partout où il s'agit de comprimer et de refroidir ensuite des gaz par exemple pour de nombreux cas dans l'industrie
35 chimique ou pétro-chimique.

Diverses autres caractéristiques de l'invention ressortent d'ailleurs de la description détaillée qui suit.

5

Des formes de réalisation de l'objet de l'invention sont représentées, à titre d'exemples non limitatifs, aux dessins annexés.

La fig. 1 montre sous forme de diagrammes les températures journalières et saisonnières pour les zones continentales de gel permanent auxquelles se rapporte l'exemple de réalisation.

La fig. 2 représente le schéma de principe d'une installation pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention.

La fig. 3 est le diagramme I-S lors de l'utilisation de l'invention pour un cas extrême en été.

La fig. 4 représente une variante au schéma de principe suivant la fig. 2.

La fig. 5 montre le schéma de montage d'une autre variante.

La fig. 6 représente le diagramme I-S se rapportant au montage suivant la fig. 5.

La fig. 7 est le schéma de montage d'une installation ne comportant pas le processus de refroidissement.

La fig. 8 représente la diagramme I-S de l'installation suivant la fig. 7.

La fig. 2 montre le principe de l'invention.

Le gaz présentant une température de -3°C et une pression de 50 bars arrive par le conduit 0 et il doit quitter la station de compression par le conduit 6 à une température de -3°C et une pression de 75 bars. 15 et 21 représentent les vannes de raccordement habituelles.

Après avoir traversé un filtre de nettoyage 26, le gaz arrive dans un compresseur 23 entraîné par une turbine à gaz 13, et il est conduit ensuite dans un échangeur de chaleur 22 destiné au refroidissement du gaz et qui ne peut transmettre la chaleur qu'à l'air environnant, comme déjà expliqué. En principe le procédé est alors terminé mais dans certains cas on prévoit encore en aval une installation de refroidissement commandée séparément et destinée à un refroidissement subséquent du gaz et qui com-

turbine de détente également en tant que turbine auxiliaire pour le démarrage de la turbine principale 13 du compresseur 23 en prélevant du gaz sous pression du conduit d'alimentation 0.

- 5 On obtient un très bon résultat lorsque, comme le montrent les fig. 5 et 6, le condenseur 8' de l'installation de refroidissement 4 à 6 transmet sa chaleur à dissiper au gaz provenant du conduit d'arrivée 0 au moyen d'un échangeur de chaleur 24 et par un circuit intermédiaire
- 10 rempli d'eau additionnée d'un agent antigel et comprenant une pompe de circulation 25. De ce fait le gaz arrivant est déjà à une température plus élevée. Le compresseur 23 augmente cette température encore davantage 1 et 2 et on trouve ainsi à l'intérieur de l'échangeur de chaleur une
- 15 plus grande différence de température 2 et 3. De ce fait et par suite de l'amélioration du processus de refroidissement consécutive à l'abaissement de la température de condensation, le rendement de la station de compression devient optimum et les frais d'investissement diminuent
- 20 grâce à la possibilité de pouvoir réduire l'ensemble de l'installation de refroidissement.

- Les fig. 7 et 8 illustrent une autre forme de réalisation avantageuse permettant la suppression de l'installation de refroidissement. Dans cette forme de réalisation
- 25 le réchauffement partiel du gaz de transport s'effectue dans l'échangeur de chaleur gaz/gaz 24 branché à la suite du filtre 26 et ensuite on procède à une compression à deux étages au moyen du compresseur principal 23 et du compresseur auxiliaire 23'. La température surélevée désirée
- 30 et permettant de refroidir le gaz de manière économique dans l'échangeur de chaleur air/gaz 22, dans l'échangeur de chaleur gaz/gaz 24 et dans la turbine de détente 14, se compose de la température de compression et de la température provenant du réchauffage dans l'échangeur de
- 35 chaleur 24.

prend le circuit d'un compresseur 7, un condenseur 8, une soupape de détente 9 et un évaporateur et échangeur de chaleur 10.

Le procédé suivant l'invention est décrit ci-après
5 en référence au diagramme I-S de la fig. 3.

Dans le compresseur 23 le gaz est comprimé à une pression qui est nettement supérieure à celle nécessaire à son transport ultérieur et de ce fait le gaz présente également une température trop élevée 0 à 2. Seule une
10 partie de la chaleur du gaz est dissipée dans l'échangeur de chaleur 22 de petites dimensions et dans lequel règne une plus grande différence de température entre le gaz et l'air utilisé en tant que fluide de refroidissement 2 et 3. Dans la turbine de détente 14 qui entraîne l'ins-
15 tallation de refroidissement 7, 8, 9, 10, le gaz est ensuite détendu à sa pression de transport en se refroidissant en même temps 3 et 4. La chaleur résiduelle par rapport à la température de transport est dissipée par
l'échangeur de chaleur 10 de l'installation de refroidis-
20 sement qui fait circuler le gaz grâce à sa propre surpression 4 à 6 et, lorsque les différents éléments de construction présentent des dimensions appropriées et lors d'un réglage correct, le gaz quitte en 6 la station de compres-
sion par le conduit monté en aval en présentant la tempé-
25 rature et la pression désirées, c'est-à-dire -3°C et 75 bars. Les vannes et les soupapes 15, 17, 21 insérées dans le conduit principal permettent de régler le débit et les vannes de dérivation 16, 20 les rapports de mélange en amont et en aval des différents étages du procédé.

30 Le gaz présentant une surpression peut également être détendu et être refroidi en fournissant du travail au moyen d'une turbine de détente 11 reliée en permanence ou sélectivement à l'arbre du compresseur 23 par l'intermédiaire d'un accouplement débrayable 12. Il est également
35 possible de prévoir deux turbines de détente 11 et 14 qui peuvent être entraînées individuellement ou en commun.

Les vannes 16, 18 et 19 permettent d'utiliser la

REVENDEICATIONS

1 - Procédé d'exploitation de dispositifs de compression pour gaz, notamment de postes de compression dans des conduits destinés au transport de gaz sur des grandes distances en particulier dans des zones de gel permanent, caractérisé en ce que le gaz est comprimé en fonction de la température de l'environnement à une pression de sortie plus élevée que nécessaire par un compresseur (23) entraîné par une turbine à gaz (13), en ce que seule une partie d'un niveau de température plus élevé, de la chaleur totale créée par la compression, est dissipée dans un échangeur de chaleur classique (22) utilisant de préférence de l'air en tant que fluide de refroidissement et en ce qu'une autre partie de la chaleur de compression est dissipée en détendant le gaz à la pression de sortie désirée en lui demandant de fournir un travail.

2 - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le gaz est détendu dans une turbine de détente (11, 14).

3 - Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la turbine de détente (14) entraîne le compresseur (7) d'une installation de refroidissement (7, 8, 9, 10) montée en aval.

4 - Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la turbine de détente (11) peut être reliée à l'arbre d'entraînement (13) du compresseur principal (23) par l'intermédiaire d'un accouplement débrayable (12).

5 - Procédé suivant l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce qu'une partie du gaz surpressé entraîne la turbine de détente (14) de l'installation de refroidissement (7, 8, 9, 10) montée en aval et en ce qu'une autre partie du gaz surpressé entraîne une turbine de détente (11) pouvant être accouplée sélectivement à l'arbre d'entraînement (13) du compresseur principal.

6 - Procédé suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la chaleur de compression et de condensation de l'agent de refroidissement de l'instal-

lation de refroidissement (7, 8, 9, 10) montée en aval est transmise au gaz arrivant dans la station de compression par le conduit (0), par l'intermédiaire des échangeurs de chaleur (8', 24).

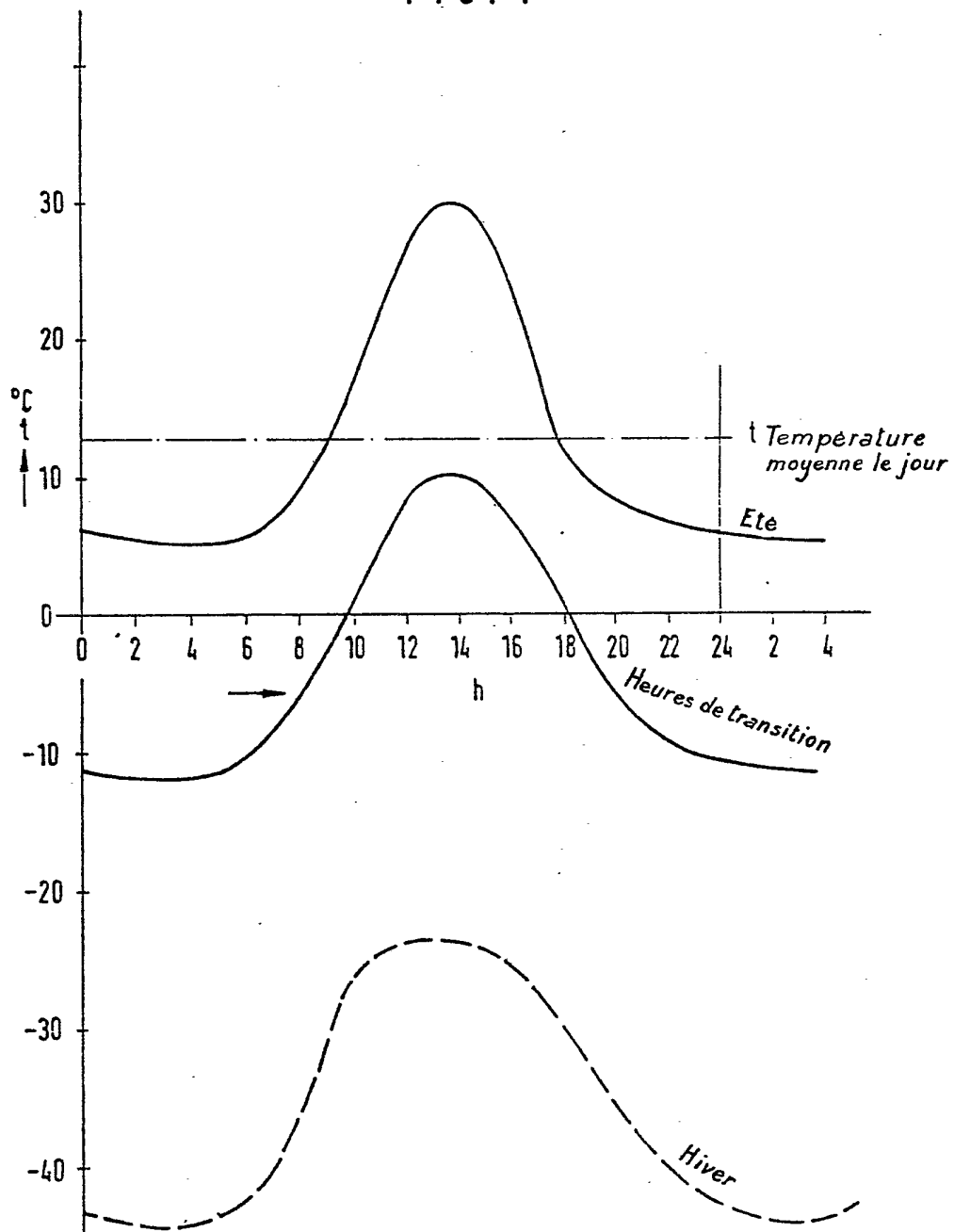
5 7 - Procédé suivant la revendication 6, caractérisé en ce que le caloporteur entre les échangeurs (8') et (24) est un liquide, de préférence de l'eau additionnée d'un agent anti-gel.

 8 - Procédé suivant la revendication 2, caractérisé
10 en ce que la turbine de détente (14) sert à l'entraînement du deuxième étage (23') du compresseur principal (23).

 9 - Procédé suivant la revendication 8, caractérisé en ce que la quantité de la chaleur de compression subsistant après le passage du gaz dans le refroidisseur air/gaz
15 (22) est transmise au gaz arrivant dans la station par le conduit (0) par l'intermédiaire du refroidisseur gaz/gaz (24) et cette chaleur résiduelle est ramenée à sa température initiale désirée au moyen de la turbine de détente (14).

20 10 - Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les différents éléments de construction sont réalisés en ce qui concerne leurs dimensions de façon à obtenir un rendement optimum tout en tenant compte des paramètres
25 tels que la température et la pression du gaz à l'entrée et à la sortie et les températures d'environnement maximales et minimales.

FIG. 1



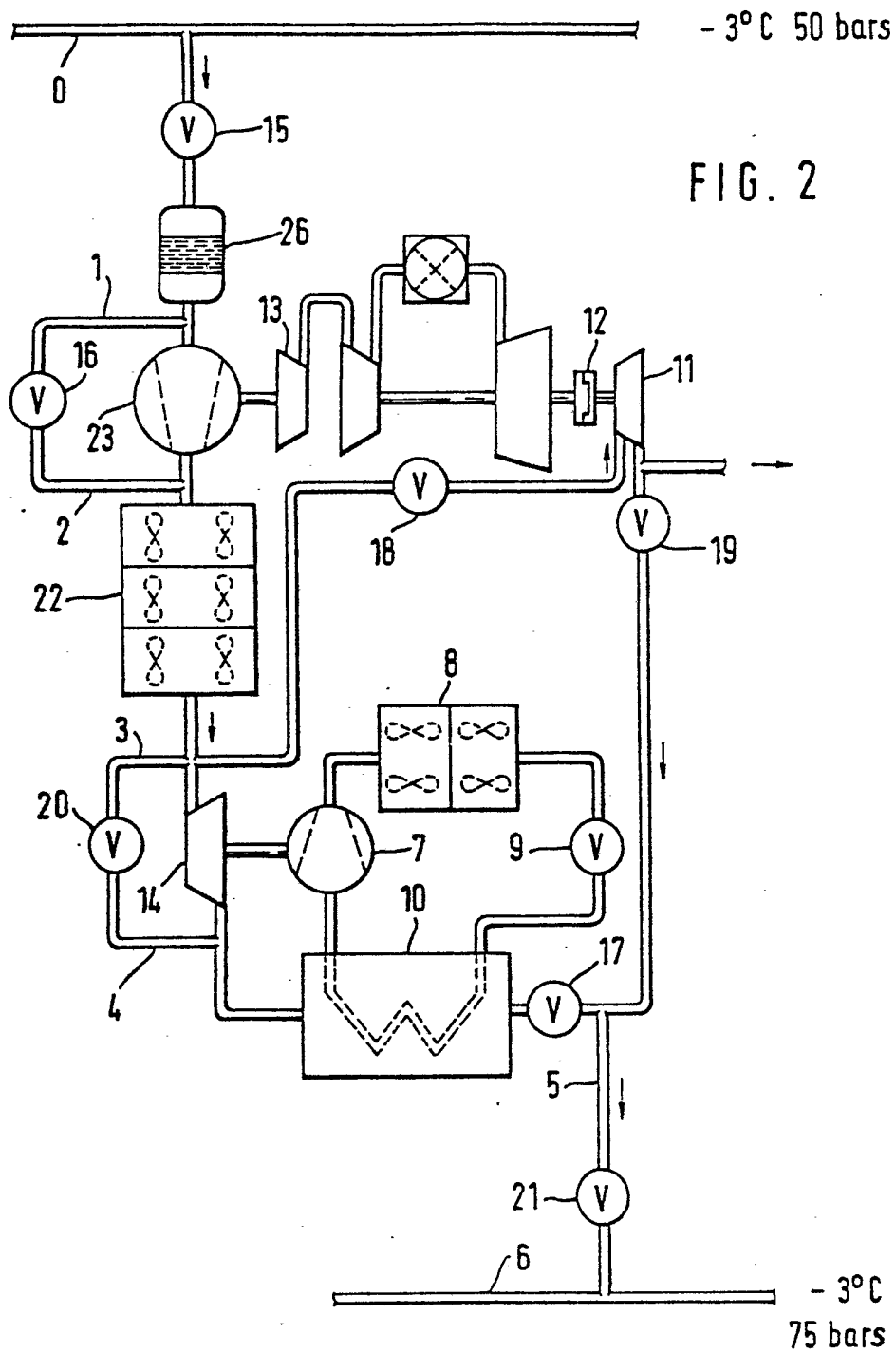
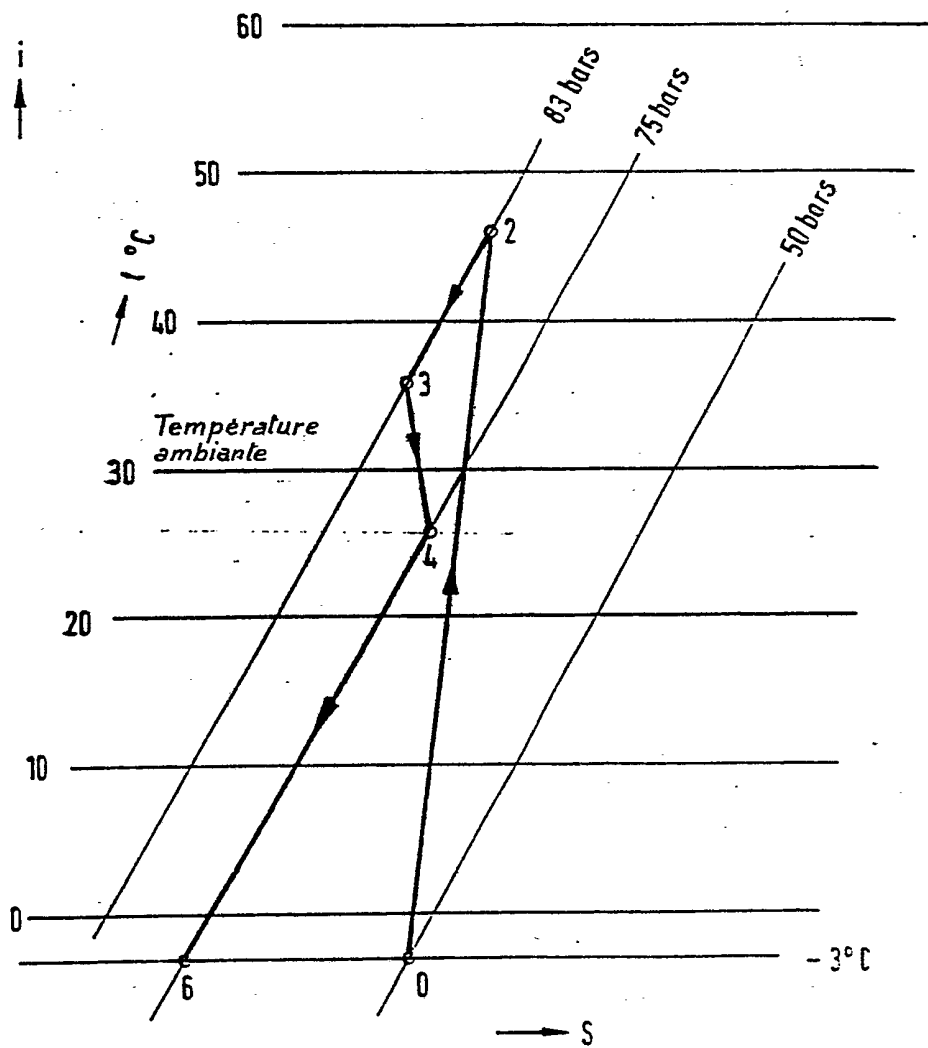
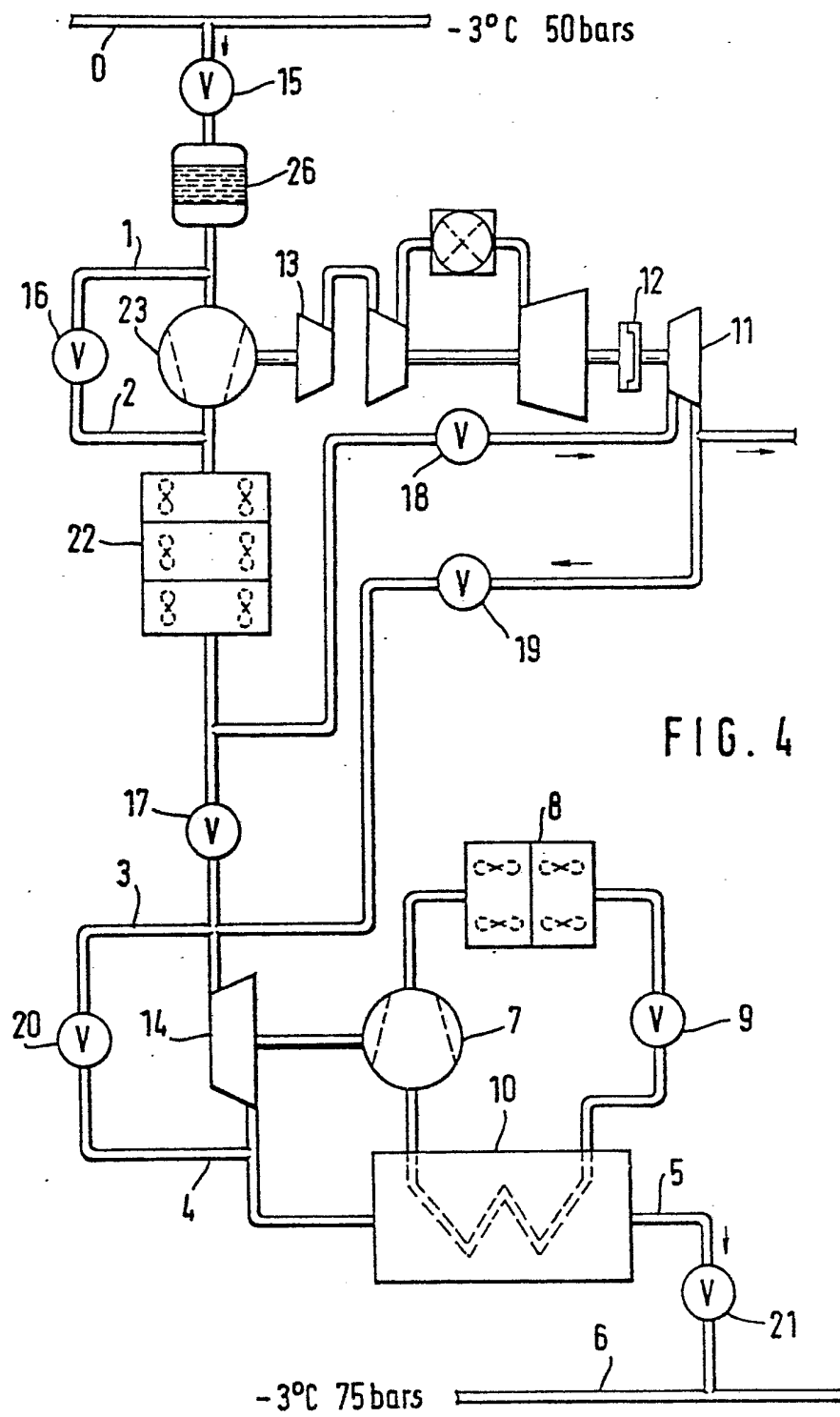


FIG. 3

J-S - DIAGRAMME





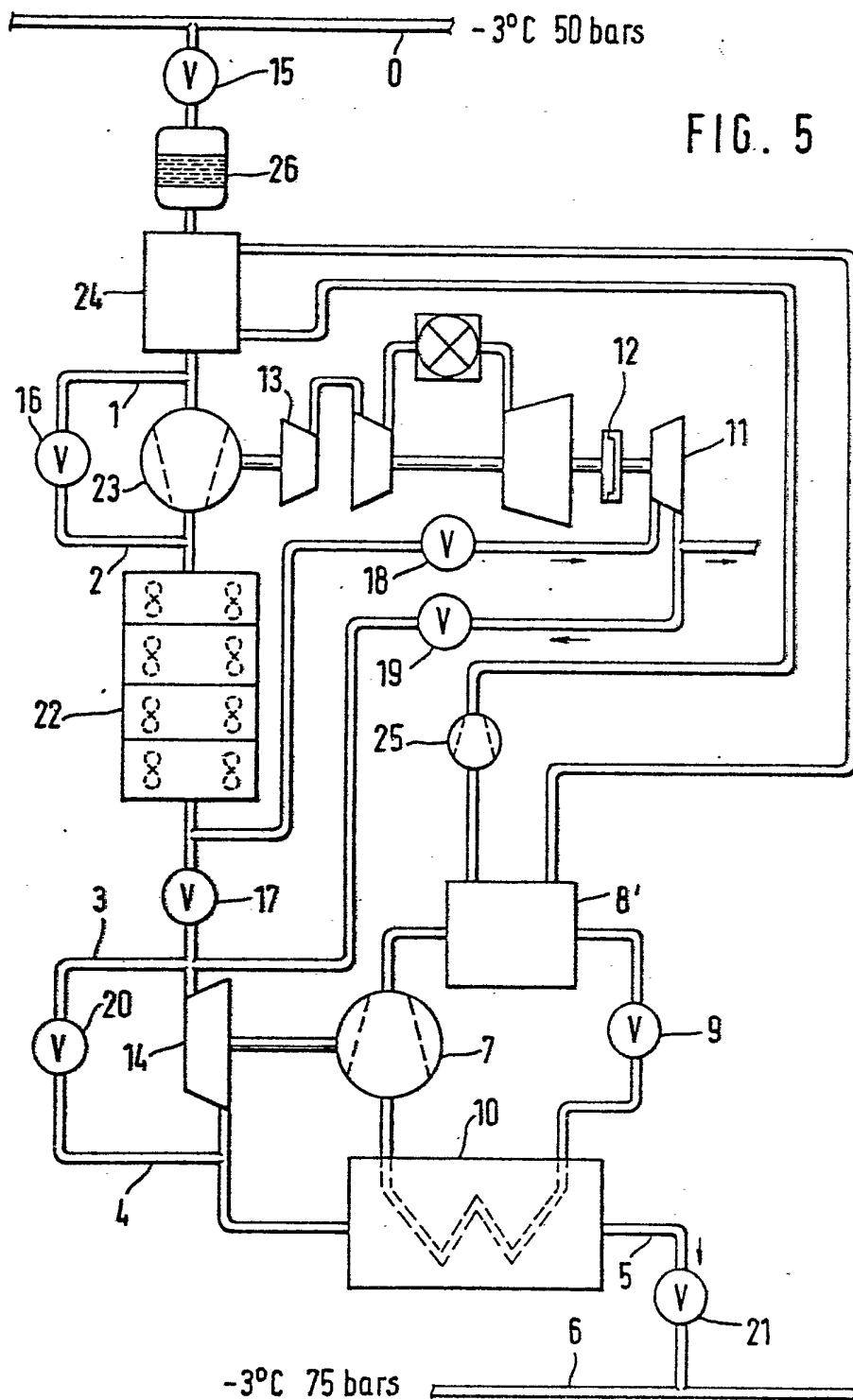


FIG. 6

J-S-DIAGRAMME

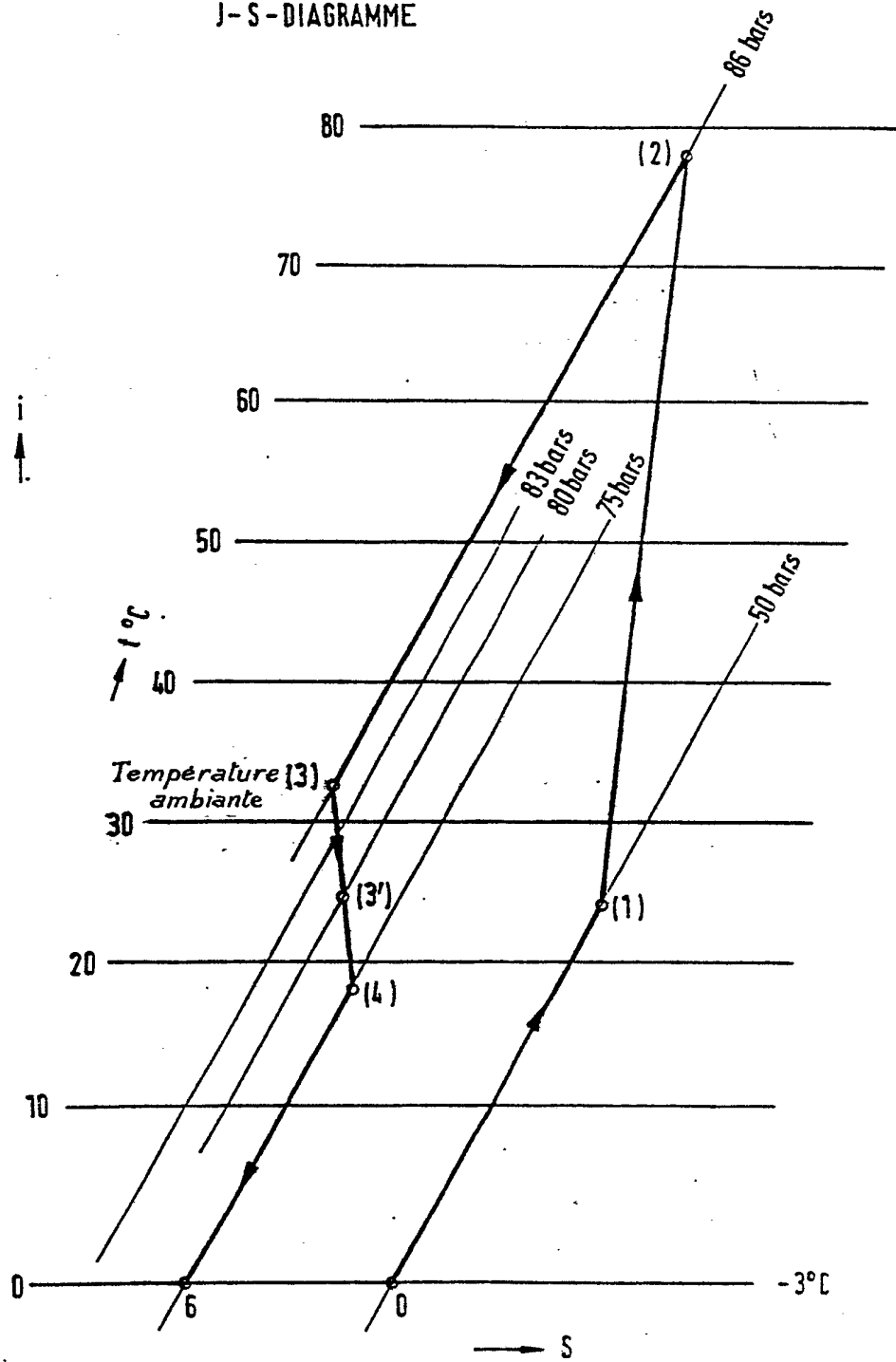


FIG. 7

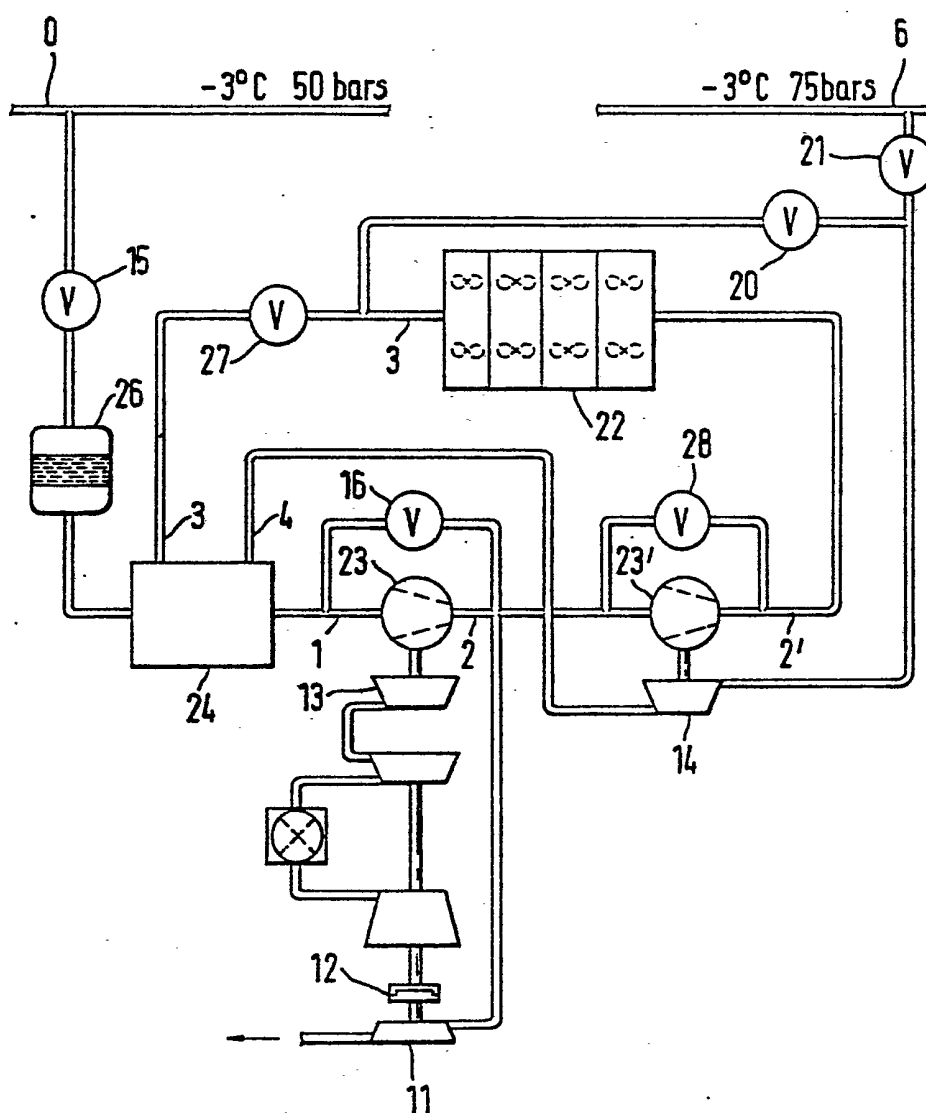


FIG. 8

J-S-DIAGRAMME

