

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 80400127.9

51 Int. Cl.³: **F 01 K 25/10**
F 25 B 27/00

22 Date de dépôt: 25.01.80

30 Priorité: 29.01.79 FR 7902218

43 Date de publication de la demande:
20.08.80 Bulletin 80/17

84 Etats Contractants Désignés:
DE GB

71 Demandeur: Clavier, Philippe
2, Allée des Lierres
F-78110 Le Vesinet(FR)

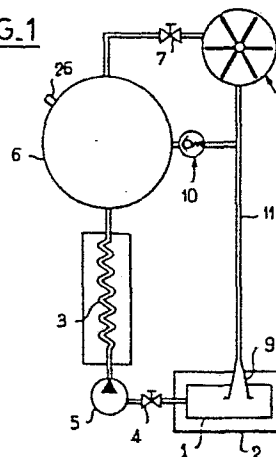
72 Inventeur: Clavier, Philippe
2, Allée des Lierres
F-78110 Le Vesinet(FR)

74 Mandataire: Petit, Alain et al,
OFFICE JOSSE & PETIT 126 Boulevard Haussmann
F-75008 Paris(FR)

64 Machine thermodynamique et son utilisation comme moteur ou comme machine frigorifique.

57 Machine thermodynamique à circuit de travail à fluide travaillant en phase liquide-vapeur entre une source chaude (3) et une source froide (2), comportant un moteur (8) d'utilisation de la détente gazeuse du fluide intercalé entre la source chaude (3) et la source froide (2) comprenant chacune un échangeur, et des moyens de circulation forcée (5) du fluide dans le circuit de travail entraînés à partir dudit moteur d'utilisation (8), caractérisée en ce qu'il est associé audit circuit de travail un circuit frigorifique à fluide frigorigène travaillant en phase liquide-vapeur pour créer une source froide (2) coopérant avec l'échangeur (1) de source froide du circuit de travail, tandis que l'échangeur de source chaude (3) du circuit de travail coopère avec un milieu pouvant n'être que l'atmosphère ou de température plus élevée que cette dernière, ledit circuit frigorifique comprenant des moyens de circulation forcée du fluide frigorigène également entraînés à partir dudit moteur d'utilisation.

FIG.1



Machine thermodynamique.

L'invention se rapporte à une machine thermodynamique à circuit de travail à fluide travaillant en phase liquide-vapeur entre une source chaude qui peut n'être que l'atmosphère et une source froide créée, suivant une conception nouvelle, à l'aide de la machine elle-même, de principe de fonctionnement purement thermique reposant sur l'emprunt de calories à l'atmosphère pouvant être, le cas échéant, augmenté en exploitant l'énergie solaire ou par une combustion externe d'apport additionnel, ce qui conduit à éliminer ou réduire la consommation d'énergie chimique ainsi que la pollution résultante habituelle dans des applications de machines motrices ou frigorifiques notamment.

Essentiellement, à cet effet, la machine thermodynamique selon l'invention, comprenant un circuit de travail à fluide travaillant en phase liquide-vapeur entre une source chaude et une source froide, comportant un moteur d'utilisation de la détente gazeuse du fluide intercalé entre la source chaude et la source froide comprenant chacune un échangeur, et des moyens de circulation forcée du fluide dans le circuit de travail entraînés à partir dudit moteur d'utilisation, est caractérisée en ce qu'il est associé audit circuit de travail un circuit frigorifique à fluide frigorigène travaillant en phase liquide-vapeur pour créer une source froide coopérant avec l'échangeur de source froide du circuit de travail, tandis que l'échangeur de source chaude du circuit de travail, coopère avec un milieu

5 pouvant n'être que l'atmosphère ou de température plus élevée que cette dernière, ledit circuit frigorifique comprenant des moyens de circulation forcée du fluide frigorigène également entraînés à partir dudit moteur d'utilisation.

L'invention s'étend également à un mode de réalisation particulier du circuit frigorifique, tandis que le choix des fluides dans les deux circuits conditionne aussi son optimisation ainsi qu'on le verra plus loin.

10 Une forme de réalisation d'une machine thermodynamique selon l'invention est d'ailleurs ci-après décrite, à titre d'exemple, et en référence au dessin annexé, dans lequel :

- la figure 1 est une vue schématique d'un circuit de travail de la machine thermodynamique selon l'invention ;

15 - la figure 2 est un diagramme température-pression de l'évolution du fluide du circuit de travail au cours d'un cycle complet ;

- la figure 3 est une vue schématique d'un circuit frigorifique de la machine thermodynamique selon l'invention ;

20 - la figure 4 est un diagramme température-pression de l'évolution du fluide frigorigène au cours d'un cycle complet ;

- la figure 5 est un diagramme partiel illustratif d'une variante du cycle du circuit de travail ;

25 - la figure 6 est un diagramme entropique des cycles du circuit de travail et du circuit frigorifique illustratif du rendement d'une machine thermodynamique selon l'invention.

Le circuit de travail de la machine objet de la figure 1

comprend un échangeur 1 constituant source froide de ce circuit et dans lequel le fluide de travail est destiné à être liquéfié. Cet échangeur 1 est disposé dans une enceinte 2 constituant la source froide d'un circuit frigorifique qui sera décrit plus loin.

Le circuit de travail comprend un autre échangeur 3 formant évaporateur et coopérant avec l'atmosphère.

Entre l'échangeur 1 et l'échangeur 3 sont disposées une vanne 4 suivie d'une pompe 5 destinée à pomper le fluide liquéfié pour l'injecter sous une certaine pression dans l'échangeur 3.

Entre l'échangeur 3 et l'échangeur 1 sont disposés successivement un ballon accumulateur 6 de fluide gazeux sous pression, une vanne 7, une turbine 8 constituant moteur d'utilisation et un détendeur 9 débouchant directement dans l'échangeur 1. La turbine 8 sert notamment à entraîner la pompe 5. Initialement les vannes 4 et 7 sont fermées et le circuit est chargé en éthylène gazeux sous pression dans sa partie incluant la pompe 5, l'échangeur 3 et le ballon accumulateur 6.

La source froide étant considérée comme établie, le fonctionnement de la machine, pour lequel les vannes 4 et 7 sont mises en position d'ouverture, se déroule dans le circuit de travail suivant le cycle objet du diagramme température-pression de la figure 2, la température T y étant exprimée en degrés Kelvin et la pression P en bars. Ce cycle est établi à titre d'exemple pour l'éthylène (C_2H_4) choisi comme fluide de travail parmi d'autres possibles, et pour une pression maximale de 30 bars dans le ballon, dont l'excès éventuel peut être dérivé par la voie d'une soupape de décharge 10 sur la conduite 11 intercalée entre turbine 8 et détendeur 9, cette conduite 11 pouvant comporter un clapet de non-retour interdisant toute décharge vers la turbine lorsque la vanne 7 est fermée.

On a représenté de A à B la phase de détente considérée adiabatique de l'éthylène admis dans la turbine 8 à partir du ballon accumulateur 6 jusqu'à son passage dans le détenteur 9, à la sortie duquel il se détend suivant la portion BC de sa courbe de liquéfaction L, en pénétrant dans l'échangeur 1 de source froide, où il va se trouver entièrement liquéfié suivant CD et amené en D à une température plus basse que celle de sa température de liquéfaction sous la pression résiduelle régnante, qui est la température correspondant au point C.

Cette température en D dépend bien entendu de la température atteinte dans l'enceinte 2 de source froide et le diagramme de la figure 2 est ici établi pour une source froide obtenue en se servant de Xénon sous 1 bar, ce qui correspond à une température de 165°K.

L'éthylène ainsi liquéfié est ensuite refoulé par la pompe 5 sous une certaine pression dans l'échangeur 1, cette montée en pression correspondant à la phase DE du diagramme. Dans l'échangeur 1, l'éthylène liquéfié est alors échauffé par les calories captées sur l'atmosphère par l'échangeur, et sa température en phase liquide s'élève suivant la phase illustrée de E à F, tandis qu'à partir de ce dernier point F placé sur la courbe de liquéfaction L, l'éthylène se trouve vaporisé dans l'échangeur 1 et ici considéré échauffé à volume constant suivant la phase illustrée de F à A, où l'on se retrouve au point initial A du cycle correspondant à l'état de l'éthylène gazeux dans le ballon accumulateur 6 (un diagramme à échauffement à pression constante passerait par D, E1, A, le diagramme pratique s'établissant entre les deux).

Pour arrêter le fonctionnement du circuit de travail on ferme d'abord la vanne 7 et l'on refoule jusqu'à épuisement l'éthylène liquide présent dans l'échangeur 1 à l'aide de la pompe 5, vers l'échangeur 3 et le ballon 6, où l'éthy-

lène reste stocké en phase gazeuse, après fermeture de la vanne 4. Ce reconditionnement du circuit est prévu avec recours à une énergie extérieure pour entraîner la pompe 5 en raison de l'arrêt de la turbine 8, le temps nécessaire au simple pompage volumétrique de la quantité d'éthylène liquide présente dans l'échangeur 1, de sorte qu'après un actionnement temporisé prédéterminé de la pompe 5 la vanne 4 peut être refermée et le circuit de travail remplacé en condition initiale de démarrage.

10 Cette énergie extérieure peut être prise en dehors de la machine ou prélevée sur des moyens de stockage associés à celle-ci et chargés par prélèvement sur le travail de la turbine (tels que des batteries d'accumulateurs alimentant un moteur électrique d'entraînement de la pompe). Un bilan
15 énergétique d'un tel cycle sera exposé plus loin après la description du circuit frigorifique créateur de la source froide.

Le circuit frigorifique de la machine objet de la figure 3, à fluide frigorigène travaillant en phase liquide-vapeur, comprend un ballon accumulateur 12 de fluide gazeux
20 sous pression qui est relié par un conduit 13 pourvu d'une vanne 14 à un détendeur 15 débouchant dans l'enceinte 2 de source froide.

La phase vapeur de cette dernière est aspirée par l'intermédiaire d'un conduit 16 et d'un compresseur 17, qui la
25 recomprime pour la faire passer, par la voie d'une vanne 18 et d'un conduit 19 au travers d'un échangeur 20 disposé dans l'enceinte 2 et dont le conduit de sortie 21 débouche dans cette dernière par un détendeur 22.

30 Sur un conduit 23 reliant la vanne 18 au ballon accumulateur 12 sont également disposés un compresseur 24 suivi d'un échangeur 25 baignant dans l'atmosphère.

La vanne 18 est une vanne de sélection à deux positions comprenant :

- une position I de mise en communication du compresseur 17 avec le conduit 19 vers l'échangeur 20 (celle représentée au dessin),

- et une position II de mise en communication du compresseur 17 avec le conduit 23 vers le compresseur complémentaire 24 (celle obtenue par une rotation indiquée par la flèche F au dessin).

10 Le fonctionnement de ce circuit frigorifique est ci-après décrit à l'aide du diagramme température-pression de la figure 4, correspondant à l'utilisation du Xénon comme fluide frigorigène, étant supposé qu'initialement la vanne 14 est fermée, la vanne 18 est en position I, et que le Xénon à l'état gazeux est stocké sous une pression d'environ 10 bars, à la température atmosphérique d'environ 290°K, dans le ballon 12, en fait dans la partie de circuit comprise entre les vannes 18 et 14 incluant l'échangeur 25 et le ballon 12.

20 En ouvrant la vanne 14, le Xénon gazeux du ballon 12 parvient au détendeur 15 où il se détend suivant la portion d'adiabatique A, Bx suivie de la portion BxCx de sa courbe L de liquéfaction, qui correspond ici à peu près à une liquéfaction à 50 % (rapport de A1 Cx sur ordonnée de A1) la phase gazeuse résiduelle étant pompée dans l'enceinte 2 par le compresseur 17 qui la recomprime suivant CxDx, en l'envoyant dans l'échangeur 20 où elle est ici considérée refroidie à volume constant suivant la portion de courbe DxBx du diagramme, avant d'être détendue de nouveau dans le détendeur 22 suivant la portion BxCx de la courbe de liquéfaction L, où elle se trouve alors encore liquéfiée à environ 50 % (un refroidissement à pression constante ferait passer le diagramme par DxB1, BxCx, le diagramme pratique s'établissant entre les deux).

Ce fonctionnement se poursuit ainsi selon le cycle BxCxDx avec influx de phase gazeuse provenant du ballon 12 selon le cycle ABxCxDxBxCx jusqu'à ce que l'on ferme la vanne 14 pour ne plus laisser subsister que le cycle BxCxDx entretenu par l'entraînement du compresseur 17.

Pour arrêter avec le fonctionnement de la machine, circuit de travail compris comme déjà exposé, le fonctionnement du circuit frigorifique, on fait passer la vanne 18 en position II de branchement du compresseur 17 sur le compresseur complémentaire 24 qui comprime la phase gazeuse du Xénon jusqu'à épuisement de sa phase liquide dans l'enceinte 2, en l'échauffant suivant la portion d'adiabatique CxDxE de la figure 4, tandis qu'elle est ensuite refroidie dans l'échangeur 25 pour s'accumuler dans le ballon 12 à la température ambiante suivant la portion de courbe EA ramenant au point de départ du cycle, la vanne 18 étant ramenée en position I à la fin de cette phase pour maintenir la portion de circuit incluant le ballon 12 et comprise entre vannes 18 et 14 en phase gazeuse sous pression.

Ce reconditionnement du circuit frigorifique est prévu aussi avec recours à une énergie extérieure pour entraîner les compresseurs 17 et 24 en raison de l'arrêt de la turbine 8, jusqu'à ce que, par exemple, la pression dans l'enceinte 2 de source froide soit tombée à une valeur correspondant à l'absence de Xénon liquide. Cette énergie peut être prise comme indiqué à l'occasion de l'exposé de reconditionnement du circuit de travail.

Un bilan énergétique des deux circuits peut être établi comme suit :

Dans le diagramme de la figure 2, le travail utile de A à B est donné par la formule :

$$W = \frac{2}{(\gamma-1)} T_0 \left(1 - \frac{P}{P_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (\text{calories/mole})$$

5 avec γ exposant adiabatique égal à $\frac{C_p}{C_v}$ (rapport des chaleurs massiques à pression et volume constants), T_0 la température correspondant à P_0 en A et p la pression en B. Puisque γ peut varier entre 1,1 et 1,7, il est préférable de choisir un fluide à petit γ . L'éthylène, par exemple, a un γ de 1,255 dans la zone des pressions et température mises en jeu, correspondant à un C_v de 8,5 cal/mole.

10 Si l'on choisit que le travail utile se fasse avec une pression résiduelle de 4 bars, et si la température ambiante est de 290°K, le travail utile sera de l'ordre de 700 (calories/mole).

(Il est évidemment aussi donné par :

$$20 \quad W = \frac{2}{(\gamma-1)} (\Delta T) \quad (\text{calories par mole})$$

avec ΔT la différence de température entre A et B)

Il faut retrancher de cela, le travail nécessaire pour comprimer l'éthylène et le travail nécessaire pour maintenir la source froide.

Le travail nécessaire pour comprimer l'éthylène est donné par :

$$30 \quad Q = \Delta_p \cdot \frac{\text{Masse moléculaire}}{\text{densité}} \cdot \frac{10^{-1}}{4.18} \quad (\text{calories})$$

avec Δ_p en bars de D à E

la masse moléculaire en grammes

la densité en grammes/cm³.

35 Comme la masse moléculaire de C₂H₄ est 28 et que la densité du liquide est estimée à 0,756 g/cm³, on obtient :

$$Q = 30 \text{ (calories par mole)}$$

Beaucoup plus important est le travail nécessaire pour entretenir la source froide dont le cycle est donné à la figure 4 dans le cas du Xénon.

- 5 Comme le γ du Xénon est d'au moins 1,6 les adiabatiques gazeuses sont données par :

$$T = T_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{0,375}$$

- 10 Si l'on emploie le cycle BxCxDx seulement 50 % du Xénon se trouve liquéfié. Comme la chaleur de vaporisation du Xénon est 3 000 calories par mole, la source froide peut récupérer 1 500 calories par mole de Xénon sans changer de température. Pour obtenir ces 1 500 calories, il a fallu réfrigérer le Xénon de Dx à Bx ce qui a coûté 288 cal/mole (C_v est au plus de 3,31).

- 15 Comme l'on obtient ces calories de la source froide, il ne reste de disponible que 1 212 (calories/mole).

Il a fallu aussi comprimer le gaz de Cx à Dx ce qui demande 320 cal/mole de Xénon.

- 20 Comme dans le cycle de l'éthylène, l'éthylène est à moitié liquéfié et que sa chaleur de vaporisation est de 3 250 (cal/mole), il faudra donner, pour liquéfier l'éthylène totalement, 1 625 (cal/mole d'éthylène) à la source froide.

- 25 Le débit en moles de la source froide devra donc être approximativement de 1,4 mole de Xénon par mole de C_2H_4 . Le travail du compresseur 17 de la source froide sera donc de 448 cal/mole de C_2H_4 .

- 30 Chaque mole de C_2H_4 produisant 700 calories de travail, mais cette production demandant (448 + 30 = 478) calories de travail, le travail net utile sera donc approximative-

ment de 220 calories par mole de C_2H_4 .

5 Pour la première mise en marche de la machine, il peut suffire, les vannes des deux circuits étant en position d'arrêt, de procéder au remplissage de chaque circuit en gaz correspondant sous pression par l'intermédiaire des valves 26 et 27 respectivement prévues sur le ballon 6 et le ballon 12, puis, de mettre les vannes en position de marche de la machine.

10 Ensuite, la machine peut être remise en marche après reconditionnement d'arrêt suivant les procédures déjà exposées.

15 Il est donc possible avec une machine thermodynamique selon l'invention de créer une machine frigorifique, ou un moteur, ou une combinaison des deux, sans utilisation d'énergie autre que celle prélevée sur l'atmosphère et tout en disposant de pressions de travail pouvant être aisément comprises entre 20 et 40 bars notamment.

20 Dans une utilisation comme moteur, la partie source froide des deux circuits sera bien entendu soigneusement calorifugée pour éviter les pertes à son endroit.

25 Dans une utilisation comme machine frigorifique, l'enceinte 2 de source froide constituera pour partie d'elle-même au moins le rôle d'évaporateur usuel dans une machine frigorifique.

30 Bien entendu, le moteur d'utilisation n'est pas forcément une turbine mais peut aussi être un moteur à piston à distribution par soupapes usuelle, mono ou polycylindrique par exemple, avec collecteur d'admission recevant le fluide sous pression du ballon 6 et collecteur d'échappement relié au détendeur 9 du circuit de travail.

L'optimisation d'une telle machine conduit aux considé-

ractions suivantes :

Pour le circuit de travail, on aura avantage à se servir d'un fluide ayant une chaleur de vaporisation faible avec un γ faible, comme déjà indiqué.

- 5 Pour le circuit de la source froide on aura intérêt au contraire à se servir d'un fluide ayant une chaleur de vaporisation forte avec γ fort.

En particulier si l'on veut minimiser la dépense d'énergie mécanique W dans le compresseur 17, il faut choisir un gaz dont le rapport $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ soit élevé, ce qui revient à un C_p petit.

10 Les γ varient de 1,1 ($C_p \approx 20$ cal/mole) à 1,7 ($C_p \approx 5$ cal/mole).

Une telle variation a un effet considérable sur W .

De ce point de vue, la famille Argon, Néon, Xénon, Krypton est intéressante puisque ces gaz ont des γ compris entre 1,6 et 1,7.

20 Le Xénon est d'autant meilleur que sa chaleur de vaporisation est de 3 000 cal/mole.

Il faut d'autre part que la température de vaporisation du fluide du circuit de travail soit plus élevée que celle du fluide du circuit source froide, cela étant à prendre compte-tenu que la pression la plus petite dans les deux circuits n'a pas besoin d'être la même. Si bien que l'on peut augmenter relativement la température de vaporisation du fluide de travail en le maintenant sous une certaine pression au-dessus de l'atmosphère. On y perd une partie

de la liquéfaction, si bien que la source froide devra pouvoir récupérer plus de chaleur.

5 On aurait aussi intérêt à augmenter la pression la plus basse du circuit source froide pour que le volume nécessaire à ce circuit soit minimisé. Mais ceci va à l'encontre du désir précédent.

10 Dans le cas d'utilisation principal de la machine comme moteur, on aurait intérêt à augmenter la différence de température entre B et A (figure 2) mais ceci n'est possible qu'en choisissant B plus près de C, c'est-à-dire en diminuant le pourcentage de fluide actif liquéfié en C, tant que la température ambiante reste être voisine de 300°K.

15 Dans le cas d'utilisation de la machine comme machine frigorifique, on aura intérêt à adopter pour le circuit de travail un diagramme tel que la turbine 8 ne produise que le travail nécessaire à l'entraînement de la pompe 5 et du compresseur 17, et au stockage éventuel d'énergie de re-
20 positionnement, et dans lequel le point B sera choisi en position aussi élevée que possible sur la courbe de liquéfaction, compte-tenu de la pression maximale choisie en A.

25 Mais on peut aussi faire appel à une source chaude à température plus élevée que celle de l'atmosphère, notamment par application ou concentration d'énergie solaire, par combustion externe ou récupération d'une chaleur quelconque, appliquées à l'échangeur 1 du circuit de travail ou à un échangeur supplémentaire intercalé entre ce dernier et le ballon accumulateur 6, pour travailler notamment à température plus élevée.

30 Comme les pompes à liquide actuelles conviennent pour travailler à des pressions bien supérieures à celles précédemment indiquées, il sera préférable de modifier alors

le cycle de travail illustré à la figure 2 comme indiqué à la figure 5, quant à la partie supérieure du diagramme, les nouveaux points de celui-ci étant désignés par les mêmes lettres de référence affectées de l'indice "prime", et les droites T et T' correspondant respectivement à la température ambiante et à la température plus élevée considérée de la source chaude.

On voit sur ce diagramme que l'on comprime alors l'éthylène liquide de E à E'.

Sans cette surcompression, qui coûte peu de travail, la courbe partant du niveau EF et passant par A aboutirait à A", tandis qu'avec elle la courbe passant par le niveau E'F' aboutira à A', qui peut notamment être choisi de façon à se trouver plus haut sur la même adiabatique que celle passant par A, c'est-à-dire sans modifier le point B de la figure 2, choisi en fonction des considérations précédemment exposées.

On a donné en exemple à la figure 6 un diagramme entropique pour les deux circuits de fluide, à éthylène dans le circuit de travail et à Xénon dans le circuit frigorifique, ce diagramme permettant d'apprécier le rendement qu'on peut escompter d'une telle machine.

Dans ce diagramme, (T,S) pour les deux fluides (C_2H_4 et Xénon) (figure 6), le cycle de l'éthylène est le cycle (A, B, C, D, E, F, F', A) tandis que le cycle du Xénon est le cycle (Dx, Bx, Cx, Cx, Dx).

AB est la détente utile de l'éthylène.

BC correspond à la détente le long de la courbe de liquéfaction.

CD correspond au refroidissement de l'éthylène de sa température de liquéfaction à celle du Xénon.

DE correspond au pompage de l'éthylène liquide.

EF correspond au réchauffement de ce liquide.

FF' correspond à sa vaporisation.

FA correspond au réchauffement du gaz.

5 La bande "Température ambiante" Ta montre quand doit intervenir la source chaude auxiliaire éventuelle qui réchauffera le gaz de cette température ambiante jusqu'à la température correspondant à A.

10 Pour le cycle du Xénon, le segment (Cx-Cx) correspond à l'évaporation du Xénon dans la source froide, le segment (Cx-Dx) correspond à la compression du Xénon gazeux, le segment (Dx-Bx) correspond au refroidissement, le segment (Bx-Cx) correspond à la détente le long de la courbe de liquéfaction.

15 Les cycles sont donnés pour 1 mole d'éthylène donc pour 1,4 mole de Xénon et c'est pourquoi les échanges de chaleur simulés par (D-C) et (Cx-Cx) sont égaux.

Le travail utile est représenté par l'aire (A, B, C, D, E, F, F, A) diminuée du travail demandé par le circuit réfrigérant, soit la zone hachurée (Dx, Bx, Cx, Cx, Dx), alors que le rendement de Carnot serait :

20
$$\frac{\eta}{c} = \left[1 - \frac{\text{Aire (EZZY)}}{\text{Aire (WAXY)}} \right] = 50 \%,$$

le rendement théorique du moteur n'est que de : 16,3 %.

Mais la totalité ou une grande partie de la chaleur est donnée par l'air ambiant qui ne coûte rien.

25 Bien entendu, divers modes de réalisation peuvent être envisagés pour les deux circuits de travail et frigorifiques associés constitutifs de la machine selon l'invention, sans pour autant sortir du domaine de cette dernière.

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

=====

1.- Machine thermodynamique à circuit de travail à fluide travaillant en phase liquide-vapeur entre une source chaude et une source froide, comportant un moteur d'utilisation
5 de la détente gazeuse du fluide intercalé entre la source chaude et la source froide comprenant chacune un échangeur, et des moyens de circulation forcée du fluide dans le circuit de travail entraînés à partir dudit moteur d'utilisation, caractérisée en ce qu'il est associé audit circuit de travail un circuit frigorifique à fluide frigorigène travaillant en phase liquide-vapeur pour créer une source froide coopérant avec l'échangeur de source froide du circuit de travail, tandis que l'échangeur de source chaude du circuit de travail coopère avec un milieu pouvant n'être que
10 l'atmosphère ou de température plus élevée que cette dernière, ledit circuit frigorifique comprenant des moyens de circulation forcée du fluide frigorigène également entraînés à partir dudit moteur d'utilisation.

2.- Machine thermodynamique selon la revendication 1, caractérisée en ce que le fluide du circuit de travail a un exposant adiabatique (γ) plus faible que celui du fluide du circuit frigorifique.

3.- Machine thermodynamique selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la chaleur de vaporisation du fluide du circuit de travail est relativement faible par rapport à celle du fluide du circuit frigorifique.

4.- Machine thermodynamique selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le circuit frigorifique comprend une enceinte de source froide, un compresseur puisant le fluide frigorigène gazeux dans l'enceinte et le renvoyant dans un échangeur intérieur à l'enceinte, et un détendeur débouchant dans l'enceinte et raccordé à la sortie dudit échangeur intérieur.

- 5.- Machine thermodynamique selon la revendication 4, caractérisée en ce que le circuit frigorifique comprend un réservoir accumulateur de fluide frigorigène gazeux sous pression relié par l'intermédiaire d'une vanne de commande de mise en marche à un détendeur débouchant dans l'enceinte de source froide, et une vanne de sélection et commande d'arrêt destinée à interrompre la communication entre ledit compresseur et l'échangeur intérieur, pour relier ce compresseur à un compresseur complémentaire qui est relié audit réservoir accumulateur par l'intermédiaire d'un échangeur baignant au moins dans l'atmosphère.
- 6.- Machine thermodynamique selon la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens de circulation forcée du fluide de travail sont constitués par une pompe de la phase liquéfiée de ce dernier sortant de ladite source froide.
- 7.- Machine thermodynamique selon la revendication 6, caractérisée en ce que la pompe débite dans ledit échangeur de source chaude suivi d'un réservoir accumulateur de fluide de travail gazeux sous pression qui est relié à l'admission du moteur d'utilisation dont la sortie est reliée par un détendeur audit échangeur de source froide, et que deux vannes d'isolement sont respectivement prévues, d'une part entre ce dernier réservoir et le moteur d'utilisation et, d'autre part, entre la source froide et ladite pompe.
- 8.- Machine thermodynamique selon la revendication 7, caractérisée en ce qu'une soupape de décharge est prévue entre le réservoir accumulateur et un conduit reliant le moteur d'utilisation au détendeur.
- 9.- Machine thermodynamique selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le fluide du circuit de travail est l'éthylène.
- 10.- Machine thermodynamique selon l'une des revendica-

tions précédentes, caractérisée en ce que le fluide frigorigène est le Xénon.

5 11.- Machine thermodynamique selon les revendications 1, 5, 6 et 7, caractérisée en ce que la pompe précitée et les compresseurs sont soumis à des moyens d'entraînement auxiliaires mis en jeu à l'arrêt de la machine pour reconditionner chaque circuit en fluide gazeux sous pression dans sa partie incluant ledit réservoir accumulateur.

10 12.- L'application d'une machine thermodynamique selon l'une des revendications précédentes, comme source d'énergie mécanique par son moteur d'utilisation.

15 13.- L'application d'une machine thermodynamique selon l'une des revendications précédentes, comme machine frigorifique par l'intermédiaire de la source froide du circuit frigorifique.

Mandataire :

Alain PETIT

$\frac{1}{2}$ 

FIG. 2



FIG. 5



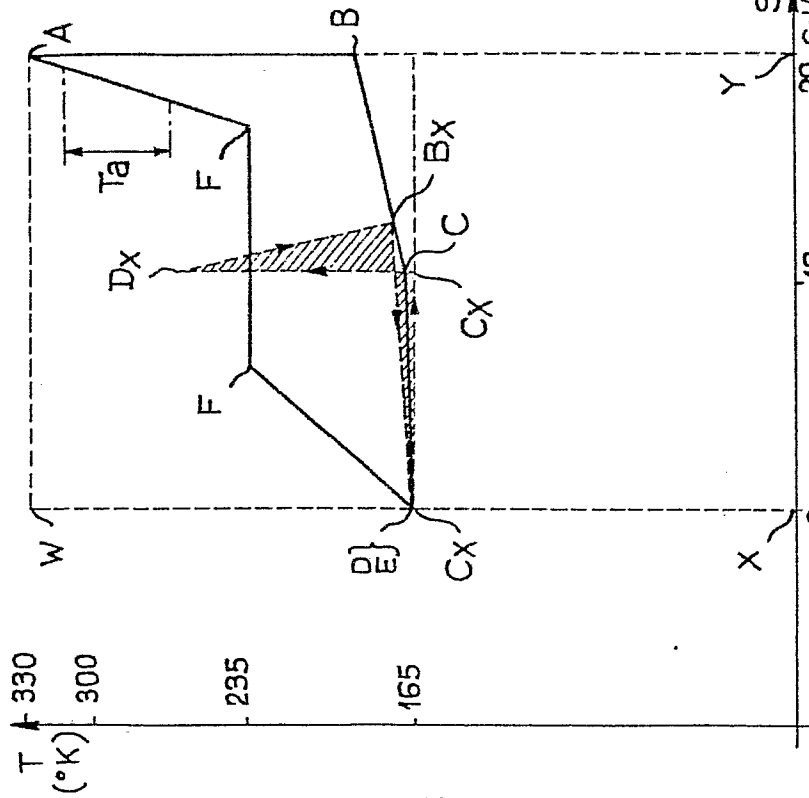


FIG. 6

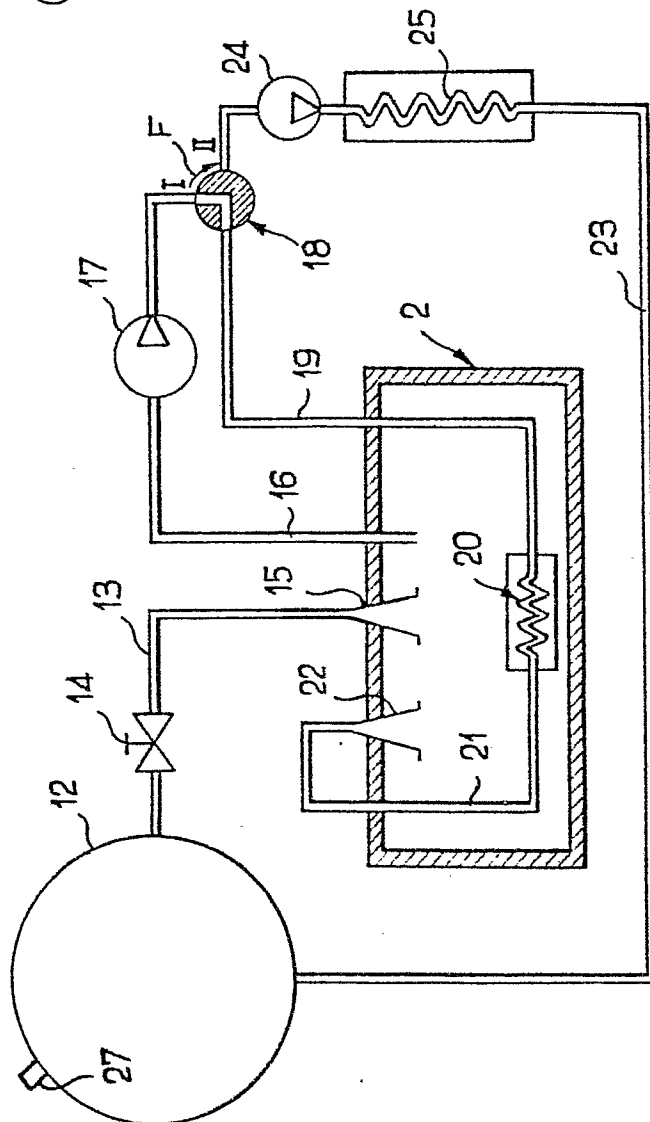


FIG. 3

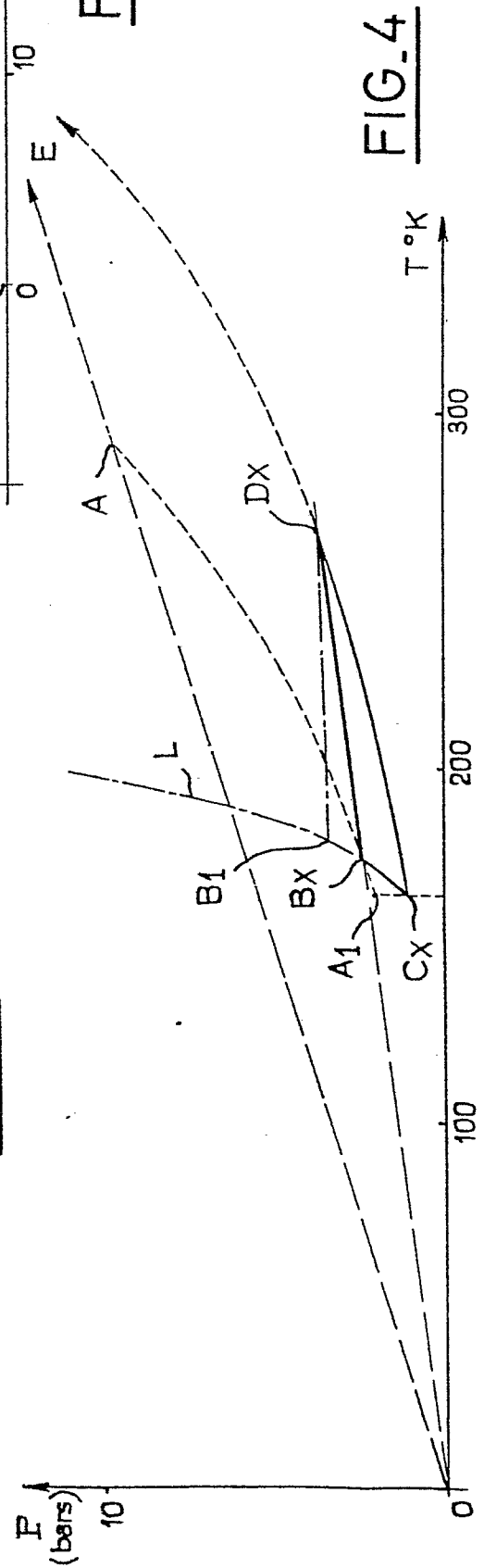


FIG. 4

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
	<u>FR - A - 2 122 078 (CORENWINDER)</u> * Page 2, lignes 30-40; revendications; figures * -- <u>FR - A - 1 138 415 (BEINLICH)</u> * Page 2, colonne de gauche, ligne 17 jusqu'à page 3, colonne de droite, ligne 53; pl. unique * --	1,6,12 1,6,12	F 01 K 25/10 F 25 B 27/00
EP	<u>EP - A - 0 001 382 (LECZKOWSKI)</u> * Pages 17,18; page 19, lignes 1-29; figures 1,2,5,6 * --	1,12,13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3) F 01 K F 25 B
	<u>DE - A - 2 654 097 (LECZKOWSKI)</u> * Revendications 1,5,6 * --	1,12,13	
A	<u>DE - C - 114 604 (SPERLING)</u> ----		CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
 Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			&: membre de la même famille, document correspondant
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 06-05-1980	Examineur V. GHEEL