



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
29.05.2024 Bulletin 2024/22

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F25B 1/08 ^(2006.01) **F25B 27/00** ^(2006.01)
F25B 41/20 ^(2021.01)

(21) Numéro de dépôt: **23212500.5**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F25B 1/08; F25B 27/005; F25B 41/20

(22) Date de dépôt: **28.11.2023**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **BRACCIO, Simone**
38054 Grenoble cedex 09 (FR)
• **GUILLOU, Nathan**
27200 Vernon (FR)
• **PHAN, Hai Trieu**
38054 Grenoble cedex 09 (FR)

(30) Priorité: **28.11.2022 FR 2212407**

(74) Mandataire: **Hautier IP**
20, rue de la Liberté
06000 Nice (FR)

(71) Demandeur: **Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives**
75015 Paris (FR)

(54) **DISPOSITIF DE PRODUCTION DE FROID COMPRENANT UN CYCLE DE RÉFRIGÉRATION À ÉJECTEUR SIMPLE AMÉLIORÉ ET PROCÉDÉ DE PRODUCTION DE FROID ASSOCIÉ**

(57) L'invention un dispositif de production de froid comprenant un cycle de réfrigération à éjecteur comprenant un circuit de circulation d'un fluide de travail comprenant trois branches agencées en parallèle: Une branche motrice sur laquelle sont agencés une pompe (101) et un générateur (102), et une branche frigorifique sur laquelle sont agencés un détendeur (103) et un évaporateur (104), et une branche de mélange sur laquelle sont agencés un éjecteur (200) et un condenseur (105) ca-

ractérisé en ce qu'il comprend un premier organe de compression réversible (300) agencé sur la branche de mélange en aval de l'éjecteur (200) et en amont du condenseur (105).

L'invention trouvera plus particulièrement son application pour des dispositifs de production de froid fonctionnant à partir de source de chaleur à bas niveau thermique, par exemple de l'ordre de 80°C à 150°C, potentiellement fluctuante, voire intermittente.

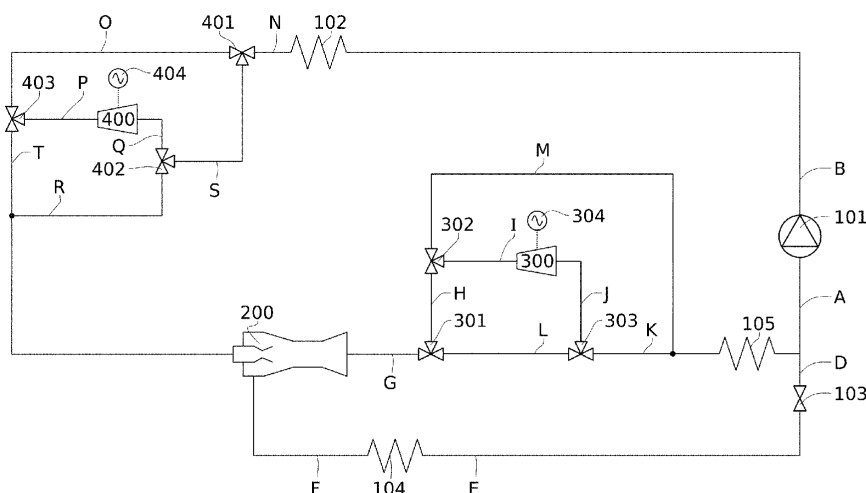


FIG. 10

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente concerne le domaine de la production de froid. L'invention trouvera plus particulièrement son application pour des dispositifs de production de froid fonctionnant à partir de source de chaleur à bas niveau thermique, par exemple de l'ordre de 80°C à 150°C, potentiellement fluctuante, voire intermittente. L'invention concerne tout spécifiquement les systèmes basés sur un cycle à réfrigération à éjecteur simple. Elle trouvera des applications de production de froid stationnaire pour l'industrie ou l'habitat ou des applications de production de froid bien encore embarqué.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] L'approvisionnement en énergie pour la réfrigération et le conditionnement de l'air joue un rôle important dans le monde. Les équipements nécessaires pour la réfrigération et le conditionnement de l'air utilisent notamment des combustibles fossiles. Des recherches ont permis de s'orienter vers l'utilisation d'énergie propre telle que l'énergie solaire, géothermique et la chaleur fatale comme sources directes pour alimenter ces différents équipements.

[0003] Dans cet esprit, le compresseur mécanique, principal responsable de la consommation d'énergie électrique dans ces équipements, a été remplacé par un compresseur thermique appelé aussi thermo compresseur ou éjecteur. Les cycles de réfrigération à éjecteur simple, d'acronyme SERS pour Single Ejector Réfrigération System en anglais, utilisent un éjecteur à la place d'un compresseur mécanique. Un cycle de réfrigération à éjecteur fonctionne à partir d'une puissance thermique fournie à un générateur (Qgen) utilisée pour évaporer un fluide de travail à haute pression. La vapeur à haute pression et haute température, dite fluide primaire, est détendue et utilisée pour entraîner une vapeur secondaire à basse pression provenant d'un évaporateur. C'est le passage de la vapeur secondaire dans l'évaporateur qui permet de produire l'effet utile du cycle. En effet, le fluide secondaire s'évapore, dans l'évaporateur, absorbant la puissance thermique de l'ambiant (Qevap) qui se refroidit. Ce cycle présente un bon COP (Coefficient de Performance), définit comme Q_{evap} / Q_{gen} , autour de son point de design, mais si la pression du générateur et/ou la pression du condenseur varient, le COP décroît fortement jusqu'à un dysfonctionnement total de la machine.

[0004] Les éjecteurs (Figure 1) sont des composants simples, sans pièce mobile, et peu coûteux qui permettent de mélanger deux flux entrants, un fluide 1 (le primaire) à haute pression et un fluide 2 autre (le secondaire) à basse pression, pour produire un flux sortant à pression intermédiaire. La limitation majeure des éjecteurs est que, comme ils n'ont aucune partie mobile, ils n'ont aucune possibilité de régulation et donc ils perdent beaucoup en efficacité en dehors de leur régime nominal. Or, lors de l'utilisation d'une source chaude fluctuante, voire intermittente, comme par exemple l'énergie solaire thermique, la source chaude notamment ne permet pas de faire fonctionner l'éjecteur dans son régime nominal ce qui limite le développement de cette technologie.

[0005] Il reste donc le besoin de proposer une solution pour produire du froid de manière stable et continue indépendamment de la variation des températures des sources d'alimentation d'un cycle SERS.

RESUME

[0006] Pour atteindre cet objectif, selon un mode de réalisation on prévoit un dispositif de production de froid comprenant un cycle de réfrigération à éjecteur (SERS) comprenant un circuit de circulation d'un fluide de travail comprenant trois branches agencées en parallèle:

- une branche motrice sur laquelle sont agencés une pompe et un générateur destiné à assurer un échange thermique entre une source de chaleur et le fluide de travail, et
- une branche frigorifique sur laquelle sont agencés un détendeur et un évaporateur destiné à assurer un prélèvement de chaleur à une source à refroidir, et
- une branche de mélange sur laquelle sont agencés un éjecteur destiné à assurer le mélange du fluide de travail issu de la branche motrice et le fluide de travail issu de la branche frigorifique et un condenseur destiné à assurer un échange thermique entre une source intermédiaire et le fluide de travail mélangé, issu de l'éjecteur,

caractérisé en ce qu'il comprend :

- un premier organe de compression réversible agencé sur la branche de mélange en aval de l'éjecteur et en amont du condenseur.

[0007] La présence du premier organe de compression réversible en sortie de l'éjecteur permet de réguler de manière précise et efficace les conditions en sortie de l'éjecteur permettant ainsi de fonctionner au plus proche de son régime

nominal. En particulier, la présence du premier organe de compression permet d'adapter le fonctionnement de l'éjecteur en fonction des conditions de la source intermédiaire assurant l'échange thermique avec le condenseur. Ainsi lorsque la source intermédiaire qui est avantageusement l'air ambiant se réchauffe ou se refroidit, la pression dans le condenseur augmente ou diminue éloignant le fonctionnement de l'éjecteur de son régime nominal et donc son COP. L'organe de détente/compression réversible ou l'organe de détente et l'organe de compression permet ainsi en fonction des conditions de la source intermédiaire et donc du fonctionnement du condenseur de comprimer ou de détendre le fluide en sortie de l'éjecteur pour qu'il soit au plus près du fonctionnement nominal de l'éjecteur.

[0008] Selon un autre mode de réalisation pouvant être mis en oeuvre seul ou en combinaison avec le mode de réalisation précédent, on prévoit un dispositif de production de froid comprenant un cycle de réfrigération à éjecteur (SERS) comprenant un circuit de circulation d'un fluide de travail comprenant trois branches agencées en parallèle:

- une branche motrice sur laquelle sont agencés une pompe et un générateur destiné à assurer un échange thermique entre une source de chaleur et le fluide de travail, et
- une branche frigorifique sur laquelle sont agencés un détendeur et un évaporateur destiné à assurer un prélèvement de chaleur à une source à refroidir, et
- une branche de mélange sur laquelle sont agencés un éjecteur destiné à assurer le mélange du fluide de travail issu de la branche motrice et le fluide de travail issu de la branche frigorifique et un condenseur destiné à assurer un échange thermique entre une source intermédiaire et le fluide de travail mélangé,

caractérisé en ce qu'il comprend :

- un deuxième organe de compression réversible agencé sur la branche motrice en amont de l'éjecteur et en aval du générateur.

[0009] La présence du deuxième organe de compression réversible en entrée de l'éjecteur permet de réguler de manière précise et efficace les conditions en entrée de l'éjecteur permettant ainsi de fonctionner au plus proche de son régime nominal. En particulier, la présence du deuxième organe de détente/compression permet d'adapter le fonctionnement de l'éjecteur en fonction des conditions de la source chaude assurant l'échange thermique avec le générateur. Ainsi lorsque la source chaude qui est par exemple énergie thermique solaire se réchauffe ou se refroidit, la pression dans le générateur augmente ou diminue éloignant le fonctionnement de l'éjecteur de son régime nominal et donc son COP. L'organe de détente/compression réversible ou l'organe de détente et l'organe de compression permet ainsi en fonction des conditions de la source chaude et donc du fonctionnement du générateur de comprimer ou de détendre le fluide en entrée de l'éjecteur pour qu'il soit au plus près du fonctionnement nominal de l'éjecteur.

[0010] Avantageusement, le premier organe de compression réversible agencé sur la branche de mélange et le deuxième organe de compression réversible agencé sur la branche motrice sont connectés mécaniquement de sorte qu'un organe de compression réversible entraîne mécaniquement l'autre organe de compression réversible. Avantageusement, cela permet que l'organe qui effectue une détente du fluide de travail entraîne mécaniquement l'autre organe chargé de réaliser une compression.

[0011] Suivant un autre aspect, l'invention concerne un procédé de production de froid à partir d'un dispositif tel que décrit ci-dessus comprenant la circulation d'un fluide de travail dans un circuit de circulation d'un fluide de travail comprenant trois branches agencées en parallèle:

- une branche motrice sur laquelle sont agencés une pompe, assurant avantageusement la mise en circulation d'un fluide de travail dans le circuit fluide, et un générateur assurant un échange thermique entre une source de chaleur et le fluide de travail, et
- une branche frigorifique sur laquelle sont agencés un détendeur et un évaporateur destiné à assurer un prélèvement de chaleur à une source à refroidir, et
- une branche de mélange sur laquelle sont agencés un éjecteur assurant le mélange du fluide de travail issu de la branche motrice et le fluide de travail issu de la branche frigorifique et un condenseur destiné à assurer un échange thermique entre une source intermédiaire et le fluide de travail mélangé,

[0012] Caractérisé en ce qu'il comprend :

- Un premier organe de compression réversible agencé sur la branche de mélange en aval de l'éjecteur et en amont du condenseur fonctionnant alternativement selon un mode de compression de sorte à comprimer le fluide de travail issu de l'éjecteur avant qu'il entre dans le condenseur, ou un mode de détente de sorte à détendre le fluide de travail issu de l'éjecteur avant qu'il entre dans le condenseur.

[0013] Suivant un autre aspect alternatif ou cumulatif à l'aspect précédent, l'invention concerne un procédé de production de froid à partir d'un dispositif tel que décrit ci-dessus comprenant la circulation d'un fluide de travail dans un circuit de circulation d'un fluide de travail comprenant trois branches agencées en parallèle:

- une branche motrice sur laquelle sont agencés une pompe, assurant avantageusement la mise en circulation d'un fluide de travail dans le circuit fluide, et un générateur assurant un échange thermique entre une source de chaleur et le fluide de travail, et
- une branche frigorifique sur laquelle sont agencés un détendeur et un évaporateur destiné à assurer un prélèvement de chaleur à une source à refroidir, et
- une branche de mélange sur laquelle sont agencés un éjecteur assurant le mélange du fluide de travail issu de la branche motrice et le fluide de travail issu de la branche frigorifique et un condenseur destiné à assurer un échange thermique entre une source intermédiaire et le fluide de travail mélangé,

[0014] Caractérisé en ce qu'il comprend :

- Un deuxième organe de compression réversible agencé sur la branche de motrice en amont de l'éjecteur et en aval du générateur fonctionnant alternativement selon un mode de compression de sorte à comprimer le fluide de travail issu du générateur avant qu'il entre dans l'éjecteur, ou un mode de détente de sorte à détendre le fluide de travail issu du générateur avant qu'il entre dans l'éjecteur.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0015] Les buts, objets, ainsi que les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description détaillée d'un mode de réalisation de cette dernière qui est illustré par les dessins d'accompagnement suivants dans lesquels :

La figure 1 représente un modèle d'éjecteur pouvant être utilisé dans l'invention.

Les figures 2 à 5 représentent un premier mode de réalisation de l'invention. La figure 2 représente le dispositif de production de froid avec toutes les connexions fluidiques apparentes selon ce premier mode de réalisation.

La figure 3 représente le dispositif de production de froid en fonctionnement selon le premier mode de réalisation dans le cas où le condenseur est à une pression supérieure à la pression de design de l'éjecteur.

La figure 4 représente le dispositif de production de froid en fonctionnement selon le premier mode de réalisation dans le cas où le condenseur est à une pression inférieure à la pression de design de l'éjecteur.

La figure 5 représente le dispositif de production de froid en fonctionnement selon le premier mode de réalisation dans le cas où le condenseur est à une pression égale à la pression de design de l'éjecteur.

Les figures 6 à 9 représentent un deuxième mode de réalisation de l'invention. La figure 6 représente les dispositifs de production de froid avec toutes les connexions fluidiques apparentes selon ce deuxième mode de réalisation.

La figure 7 représente le dispositif de production de froid en fonctionnement selon le deuxième mode de réalisation dans le cas où le générateur à une pression supérieure à la pression de design de l'éjecteur

La figure 8 représente le dispositif de production de froid en fonctionnement selon le deuxième mode de réalisation dans le cas où le générateur à une pression inférieure à la pression de design de l'éjecteur.

La figure 9 représente le dispositif de production de froid en fonctionnement selon le deuxième mode de réalisation dans le cas où le générateur à une pression égale à la pression de design de l'éjecteur.

La figure 10 représente le dispositif de production de froid selon un troisième mode de réalisation combinant le premier mode de réalisation et le deuxième mode de réalisation.

La figure 11 représente le dispositif de production de froid selon un quatrième mode de réalisation pouvant assurer une coproduction de froid et d'électricité.

[0016] Les dessins sont donnés à titre d'exemples et ne sont pas limitatifs de l'invention. Ils constituent des représentations schématiques de principe destinées à faciliter la compréhension de l'invention et ne sont pas nécessairement à l'échelle des applications pratiques.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0017] Avant d'entamer une revue détaillée de modes de réalisation de l'invention, sont énoncées ci-après des caractéristiques optionnelles qui peuvent éventuellement être utilisées en association ou alternativement :

- A titre d'exemple, le premier organe de compression réversible 300 et/ou le deuxième organe de compression

réversible 400 est de type volumétrique,

- A titre d'exemple, le premier organe de compression réversible 300 agencé sur la branche de mélange et le deuxième organe de compression réversible 400 agencé sur la branche motrice sont connectés électriquement de sorte qu'un organe de compression réversible 300,400 produit de l'électricité utilisée directement ou indirectement par l'autre organe de compression réversible 300,400. Avantageusement, l'organe qui effectue une détente du fluide de travail produit de l'électricité qui est soit stockée dans une batterie ou directement utilisée pour alimenter l'autre organe chargé de réaliser une compression.
- A titre d'exemple, le dispositif de production de froid comprend une batterie destinée à stocker l'électricité produite par au moins un organe de compression réversible 300,400 et à fournir électricité stockée un organe de compression réversible 300,400.
- A titre d'exemple, le dispositif de production de froid comprend un organe de détente supplémentaire 500 destiné à produire de l'électricité et agencé sur une branche parallèle à l'éjecteur 200 disposée entre l'aval du générateur 102, ou du deuxième organe de compression 400 de la branche motrice, et l'aval de l'éjecteur 200, préférentiellement en amont du condenseur 105 ou du premier organe de compression réversible 300 de la branche de mélange.
- A titre d'exemple, le dispositif de production de froid comprend un échangeur thermique agencé sur la branche de mélange en aval de l'éjecteur 200 et sur la branche motrice en amont du générateur 102 pour transférer de l'énergie thermique entre la branche de mélange et la branche motrice.
- A titre d'exemple, la source chaude est une source solaire thermique et la source intermédiaire est l'air ambiant.
- A titre d'exemple, le dispositif de production de froid comprend un module de commande comprenant une pluralité de vannes 301, 302, 303, 401, 402, 403 destiné à commander la circulation du fluide de travail dans le circuit fluide et notamment dans le premier organe de compression réversible 300. Avantageusement, le module de commande comprend une pluralité de capteurs.

[0018] Suivant un aspect, le procédé de production de froid selon l'invention dans lequel le dispositif comprend un module de commande comprend une pluralité de vannes 301, 302, 303, 401, 402, 403 destiné à commander la circulation du fluide de travail dans le circuit fluide et notamment dans le premier organe de compression réversible 300 et une pluralité de capteurs destinés à mesurer des paramètres prédéfinis sur le circuit fluide, le procédé comprenant la mesure de paramètres prédéfinis sur le circuit fluide par des capteurs, la comparaison des mesures avec des valeurs prédéfinies et la mise en place alternativement d'un mode de compression ou d'un mode de détente du premier organe de compression réversible ou d'une dérivation du premier organe de compression réversible. Suivant un aspect, le procédé de production de froid dans lequel alternativement :

- lorsque le module de commande identifie que la pression dans le condenseur 105 est supérieure à une valeur cible de la pression de l'éjecteur 200, le module de commande met en place le mode de détente du premier organe de compression réversible 300,
- lorsque le module de commande identifie que la pression dans le condenseur 105 est inférieure à une valeur cible de la pression de l'éjecteur 200, le module de commande met en place le mode de compression du premier organe de compression réversible 300,
- lorsque le module de commande identifie que la pression dans le condenseur 105 est égale à une valeur cible de la pression de l'éjecteur 200, le module de commande met en place le mode de dérivation du premier organe de compression réversible 300.

[0019] Suivant un aspect, le procédé de production de froid selon l'invention dans lequel le dispositif comprend un module de commande comprend une pluralité de vannes 301, 302, 303, 401, 402, 403 destiné à commander la circulation du fluide de travail dans le circuit fluide et notamment dans le deuxième organe de compression réversible 400 et une pluralité de capteurs destinés à mesurer des paramètres prédéfinis sur le circuit fluide, le procédé comprenant la mesure de paramètres prédéfinis sur le circuit fluide par des capteurs, la comparaison des mesures avec des valeurs prédéfinies et la mise en place alternativement d'un mode de compression ou d'un mode de détente du deuxième organe de compression réversible ou d'une dérivation du deuxième organe de compression réversible.

[0020] Suivant un aspect, le procédé de production de froid dans lequel alternativement :

- lorsque le module de commande identifie que la pression dans le générateur 102 est supérieure à une valeur cible de la pression de l'éjecteur 200, le module de commande met en place le mode de détente du deuxième organe de compression réversible 400,
- lorsque le module de commande identifie que la pression dans le générateur 102 est inférieure à une valeur cible de la pression de l'éjecteur 200, le module de commande met en place le mode de compression du deuxième organe de compression réversible 400,
- lorsque le module de commande identifie que la pression dans le générateur 102 est égale à une valeur cible de la

pression de l'éjecteur 200, le module de commande met en place le mode de dérivation du deuxième organe de compression réversible 400.

[0021] L'amont et l'aval, l'entrée, la sortie, en un point donné sont pris en référence au sens de circulation du fluide.

[0022] On entend par un paramètre "sensiblement égal/supérieur/inférieur à" ou "de l'ordre de" une valeur donnée, que ce paramètre est égal/supérieur/inférieur à la valeur donnée, à plus ou moins 10 % près, voire à plus ou moins 5 % près, de cette valeur.

[0023] On entend par « connecté fluidiquement » ou « en connexion fluidique », lorsqu'une ligne assure une connexion par ou dans laquelle circule un fluide.

[0024] Dans la présente description, l'expression « A fluidiquement raccordé à B » est synonyme de « A est en connexion fluidique avec B » et ne signifie pas nécessairement qu'il n'existe pas d'organe entre A et B. Les expressions « agencée sur » ou « sur » sont synonymes de « raccordé fluidiquement à ». Ainsi ces expressions s'entendent d'une connexion fluidique entre deux éléments, cette connexion pouvant ou non être directe. Cela signifie qu'il est possible qu'entre un premier élément et un deuxième élément qui sont fluidiquement connectés, un parcours d'un fluide existe par un ou des conduits, éventuellement un organe supplémentaire. A l'inverse, le terme « fluidiquement connecté directement » s'entend d'une connexion fluidique directe entre deux éléments. Cela signifie qu'entre un premier élément et un deuxième élément qui sont fluidiquement connectés directement aucun autre élément n'est présent, autre qu'un ou plusieurs conduits.

[0025] On entend par chaud, froid, refroidi, une température relative par rapport à un autre point du système.

[0026] L'usage de l'article indéfini " un " ou " une " pour un élément ou une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes.

[0027] Les termes "premier", "deuxième" et "troisième", etc. sont utilisés simplement comme des étiquettes, et ne sont pas destinés à imposer des exigences numériques sur leurs objets Un cycle de réfrigération à éjecteur également dénommé cycle frigorifique à éjecteur simple (SERS) comprend avantageusement une pompe 101, un générateur 102, un détendeur 103, un évaporateur 104, un condenseur 105 et un éjecteur 200.

[0028] Avantageusement, le cycle de réfrigération comprend un circuit fluidique permettant d'assurer la connexion fluidique des différents éléments ainsi que la circulation d'un fluide de travail.

[0029] Le circuit fluidique comprend une branche motrice sur laquelle sont agencés la pompe 101 et le générateur 102. La branche motrice s'étend depuis l'entrée de la pompe 101 jusqu'à l'entrée 201 de fluide primaire de l'éjecteur 200. Avantageusement, la branche motrice fonctionne à haute pression. Le fluide de travail circulant dans cette branche motrice est préférentiellement comprimé par la pompe 101. La pression dans les branches dépend fortement du fluide de travail. À titre d'exemple, en utilisant du R600 comme fluide de travail, la pression dans la branche motrice est de l'ordre de 15 bars par exemple comprise entre 10 bars (pour une source de chaleur à 80 °C) et 35 bars (pour une source de chaleur à 150 °C).

[0030] Le circuit fluidique comprend une branche frigorifique sur laquelle sont agencés le détendeur 103 et l'évaporateur 104. La branche frigorifique s'étend depuis l'entrée du détendeur 103 jusqu'à l'entrée 202 de fluide secondaire de l'éjecteur 200. Avantageusement, la branche frigorifique fonctionne à basse pression. Le fluide de travail circulant dans cette branche frigorifique est préférentiellement détendu par le détendeur 103. À titre d'exemple, pour du R600 la pression dans la branche frigorifique est de l'ordre de 1,5 bar, par exemple comprise entre 1 et 2 bars.

[0031] Le circuit fluidique comprend une branche de mélange sur laquelle sont agencés l'éjecteur 200 et le condenseur 105. La branche de mélange s'étend depuis les entrées 201, 202 de l'éjecteur 200 jusqu'à la sortie du condenseur 105. Avantageusement, la branche de mélange fonctionne à pression intermédiaire. Le fluide de travail circulant dans cette branche de mélange et le mélange du fluide de travail issu de la branche motrice et du fluide de travail de la branche frigorifique. À titre d'exemple, la pression dans la branche de mélange est de l'ordre de 2 bars, par exemple comprise entre 2 et 2.5.

[0032] Comme illustrée sur l'ensemble des figures, les trois branches du circuit fluidique sont agencées en parallèle les unes des autres.

[0033] Préférentiellement, le circuit fluidique comprend une boucle motrice, ou boucle primaire, comprenant la branche motrice et la branche de mélange. La boucle motrice comprend l'éjecteur 200, le condenseur 105, le détendeur 103 et le générateur 102. Le fluide de travail est ici dénommé fluide moteur ou fluide primaire. Le fluide de travail sort sous forme liquide de la sortie du condenseur 105 puis est ici dénommé fluide moteur ou fluide de travail moteur. Le fluide moteur liquide est comprimé par la pompe 101 agencée sur la branche motrice pour être envoyé dans le générateur 102. Dans le générateur 102, le fluide moteur liquide comprimé est vaporisé, avantageusement par transfert d'énergie thermique depuis une source chaude. En sortie du générateur 102, le fluide moteur à l'état de vapeur comprimée, préférentiellement à haute pression pénètre dans l'éjecteur 200, par l'entrée de fluide primaire 201. L'éjecteur 200 est configuré pour créer une accélération du fluide moteur. Le fluide moteur entraîne la vapeur issue de la boucle frigorifique permettant ainsi le mélange du fluide moteur et du fluide frigorifique. En sortie 206 de l'éjecteur 200, le fluide mélangé à l'état de vapeur pénètre dans le condenseur 105 pour y être condensé. Préférentiellement, le circuit fluidique comprend

une boucle frigorifique, ou boucle secondaire, comprenant la branche frigorifique et la branche de mélange. La boucle frigorifique comprend l'éjecteur 200, le condenseur 105, le détendeur 103 et l'évaporateur 104. Le fluide de travail sort sous forme liquide de la sortie du condenseur 105 puis est ici dénommé fluide frigorifique ou fluide secondaire. Le fluide frigorifique liquide subit une détente préférentiellement isenthalpique à travers le détendeur 103 avant d'être acheminé vers l'évaporateur 104 pour la production de froid. Dans l'évaporateur 104, le fluide de travail frigorifique est évaporé en récupérant l'énergie thermique d'une source à refroidir. Préférentiellement, la source à refroidir est de l'air ambiant. En sortie de l'évaporateur 104, le fluide de travail frigorifique est à l'état de vapeur préférentiellement basse pression qui est aspiré par le fluide moteur dans l'éjecteur 200 par l'entrée 202 de fluide secondaire. Le fluide de travail qui est envoyé vers la branche frigorifique correspond au fluide de travail qui peut être entraîné par l'éjecteur et donc qui n'est pas aspiré par la pompe 101. L'intérêt de ce cycle frigorifique à éjecteur simple est de remplacer le travail consommé par un compresseur par un travail beaucoup plus faible consommé par la pompe 101, et par une chaleur fournie au générateur 102 préférentiellement à moyenne ou haute température.

[0034] Avantageusement, le fluide de travail est choisi parmi l'ammoniac, l'eau, HSC, HFO.

[0035] Le dispositif selon l'invention est particulièrement adapté pour l'utilisation de source chaude dont l'énergie thermique est issue l'énergie renouvelable de type énergie solaire thermique, géothermie, chaleur fatale. La source chaude apporte une quantité d'énergie Q_{gen} dans le générateur 102 au profit du fluide de travail moteur. À titre d'exemple, la source chaude est à une température comprise entre 80 et 150 °C. Préférentiellement, la température du fluide de travail moteur dans le générateur 102 est de l'ordre de 100 °C.

[0036] Au niveau de l'évaporateur 104, le fluide de travail frigorifique s'évapore en utilisant l'énergie thermique d'une source à refroidir. La source à refroidir est préférentiellement le fluide ambiant tel que de l'air. La source à refroidir apporte une quantité d'énergie Q_{evap} dans l'évaporateur 104 au profit du fluide de travail frigorifique. À titre d'exemple, la source à refroidir est à une température comprise entre -20 °C et 20 °C. Préférentiellement, la température du fluide de travail frigorifique dans l'évaporateur 104 est de l'ordre de 5 °C. Au niveau du condenseur 105, le fluide de travail mélangé issu de l'éjecteur à l'état vapeur est condensé pour retrouver un état liquide en sortie du condenseur 105. La condensation du fluide de travail mélangé se fait par transfert d'énergie thermique depuis le fluide de travail mélangé au profit de l'environnement et notamment une source intermédiaire. La quantité d'énergie thermique transmise est Q_{cond} . À titre d'exemple, la source intermédiaire est l'environnement, telle que l'air ambiant. À titre d'exemple, la source intermédiaire est à une température comprise entre 20 et 35 °C. Préférentiellement, la température du fluide de travail mélangé dans le condenseur 105 est de l'ordre de 20 °C.

[0037] Le détendeur 104 est avantageusement une vanne de détente.

[0038] L'éjecteur 200 est avantageusement un éjecteur de vapeur. L'éjecteur 200 est choisi parmi un éjecteur classique tel qu'illustré à la figure 1 ou peut être un éjecteur à sections variable connu de l'homme du métier. En figure 1, l'éjecteur 200 comprend l'entrée d'un fluide primaire 201, l'entrée d'un fluide secondaire 202, un col sonique de l'injecteur primaire 203, une chambre de mélange 204, un diffuseur 205 et une sortie de fluide de travail mélangé 206. Dans l'éjecteur 200, le débit à haute pression du générateur 102 s'accélère dans l'entrée du fluide primaire 201 au niveau de l'entrée du col sonique 203. Ceci crée une basse pression à la sortie du col sonique 203. Cette basse pression est inférieure à la pression en sortie de l'évaporateur 104, le fluide de travail frigorifique à l'état de vapeur issu de l'évaporateur 104 et aspirer dans l'éjecteur 200. Dans la chambre de mélange 204, les deux débits sont mélangés. La vitesse du mélange devient supersonique ce qui permet d'équilibrer la différence de pression entre la branche motrice et la branche frigorifique puis la vitesse du mélange devient subsonique dans le diffuseur 205 et la pression du fluide de travail mélangé s'adapte à la pression en entrée du condenseur 105.

[0039] Le dispositif selon l'invention comprend selon un premier aspect un premier organe de compression réversible 300 agencé en aval de l'éjecteur 200 et en amont du condenseur 105. Avantageusement, le premier organe de compression réversible 300 est agencé sur la branche de mélange. Le premier organe de compression réversible 300 est avantageusement destiné à maintenir le fonctionnement de l'éjecteur 200 dans son régime nominal, notamment lors de variation dans les conditions de la source intermédiaire au condenseur 105. En effet, la source intermédiaire étend une source issue avantageusement de l'environnement, elle est sujette à des variations de température qui se répercute sur le fonctionnement du condenseur 105. Notamment en fonction de l'ensoleillement, lorsqu'il augmente la température de la source intermédiaire au niveau du condenseur 105 augmente ce qui contribue à augmenter la pression de saturation dans le condenseur 105. Or, il a été constaté que lorsque la pression du condenseur 105 augmente, le ratio d'entraînement et donc le COP du cycle diminuent. Inversement, lorsque l'ensoleillement diminue la température de la source intermédiaire au niveau du condenseur 105 diminue ce qui contribue à diminuer la pression de saturation dans le condenseur 105. Or, il a été constaté que cela diminue d'efficacité de l'éjecteur 200.

[0040] Il est ainsi avantageux de chercher à contrôler la pression du fluide traversant le condenseur 105. À cet effet, l'invention comprend le premier organe de compression réversible 300 agencée entre la sortie de l'éjecteur 200 et l'entrée du condenseur 105.

[0041] Le premier organe de compression réversible 300 est configuré pour fonctionner soit en mode compresseur, soit en mode détendeur. On entend par premier organe de compression réversible 300, un organe unique ou bien un

organe de compression et un organe de détente distinct associés. Dans la suite de la description il est fait référence à un organe de compression réversible sans limitation pour plus de simplicité, mais la description s'applique également mode de réalisation dans lequel le dispositif comprend un premier organe de compression et un premier organe de détente. L'utilisation d'un premier organe de compression réversible 300, constitué d'un seul organe, permet un gain

d'investissement, de masse et d'encombrement en limitant le nombre d'organes dans le système thermodynamique.
[0042] Le premier organe de compression réversible 300 est avantageusement choisi parmi les compresseurs volumétriques. On entend par là que la compression du fluide se fait par réduction du volume de la chambre de compression. À titre d'exemple, l'organe de compression est un compresseur à piston, à vis, à spirale également dénommé compresseur scroll ou en compresseur rotatif.

[0043] Le premier organe de compression réversible est avantageusement associé à un moteur ou une génératrice électrique référencée 304.

[0044] Le dispositif de production de froid selon l'invention comprend avantageusement un module de commande comprenant au moins une, et préférentiellement, une pluralité de vannes de commande agencée sur le circuit fluide de sorte à commander la circulation du fluide de travail dans les différentes branches et composants du dispositif. Préférentiellement, le module de commande comprend également au moins un, et préférentiellement, une pluralité d'organes de mesure tels que des capteurs de températures, de pression et de débit, agencés sur le circuit fluide du dispositif.

[0045] Selon ce premier aspect, le dispositif comprend un ensemble de connexions fluidiques G, H, I, J, K, L, M, ainsi que des vannes 301, 302, 303 permettant de commander la circulation du fluide de travail mélangé entre la sortie de l'éjecteur 200 et l'entrée du condenseur 105 et notamment au travers du premier organe de compression réversible 300. Avantageusement, le dispositif comprend des capteurs assurant la mesure de paramètres sur le circuit fluide qui sont collectés et analysés par le module de commande de sorte que celui-ci puisse commander la circulation du fluide de travail dans le circuit fluide, notamment par l'actionnant des vannes et le fonctionnement de l'organe de compression réversible de sorte à sélectionner alternativement le mode de compression, le mode de détente, ou la dérivation de l'organe de compression réversible.

[0046] La figure 2 illustre le dispositif selon ce premier aspect de l'invention dans lequel l'ensemble des connexions fluidiques sont représentées.

[0047] La sortie du condenseur 105 est connectée fluidiquement par une connexion fluide A, préférentiellement directement, à l'entrée de la pompe 101. La sortie de la pompe 101 est connectée fluidiquement par une connexion fluide B, préférentiellement directement, à l'entrée du générateur 102. La sortie du générateur 102 est connectée fluidiquement par une connexion C, préférentiellement directement, à l'entrée 201 de fluide primaire de l'éjecteur 200.

[0048] La sortie du condenseur 105 est également connectée fluidiquement par une connexion fluide D, préférentiellement directement, à l'entrée du détendeur 103. La sortie du détendeur 103 est connectée fluidiquement par une connexion fluide E, préférentiellement directement, à l'entrée de l'évaporateur 104. La sortie de l'évaporateur 104 est connectée fluidiquement par une connexion fluide F, préférentiellement directement, à l'entrée 202 de fluide secondaire de l'éjecteur 200.

[0049] Selon le premier aspect de l'invention, la sortie 206 de l'éjecteur 200 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, par une connexion fluide G à une vanne 3 voies 301. La vanne 3 voies 301 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, à la sortie 206 de l'éjecteur 200 par la connexion fluide G, à la vanne 3 voies 302 par la connexion fluide H, et à la vanne 3 voies 303 par la connexion fluide L. La vanne 3 voies 302 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, à la vanne 3 voies 301 par la connexion fluide H, à l'entrée du condenseur 105 par la connexion fluide M, à une première extrémité du premier organe de compression réversible 300 par la connexion fluide I. La vanne 3 voies 303 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, à la vanne 3 voies 301 par la connexion fluide L, à une deuxième extrémité du premier organe de compression réversible 300 par la connexion fluide J et à l'entrée du condenseur 105 par la connexion fluide K. La figure 3 illustre le dispositif selon ce premier aspect de l'invention suivant un premier mode de réalisation dans lequel le condenseur est à une pression supérieure à la pression de design de l'éjecteur 200. Il est ici recherché de comprimer le fluide de mélange entre la sortie 206 de l'éjecteur 200 et l'entrée du condenseur 105. Le module de commande est ainsi configuré pour permettre la circulation du fluide de travail mélangé dans le premier organe de compression réversible 300 fonctionnant dans un mode de compression. Le module de commande est configuré pour orienter le fluide de travail mélangé sortant par la sortie 206 de l'éjecteur 200 dans le premier organe de compression réversible 300 fonctionnant en mode de compression puis d'orienter le fluide de travail mélangé comprimé vers l'entrée du condenseur 105.

[0050] Dans le cas de la figure 3, le module de commande identifie une différence entre les paramètres mesurés et les valeurs cibles. Plus précisément le module de commande identifie que la pression dans le condenseur 105 est supérieure à la valeur cible de la pression de design de l'éjecteur 200. Le module de commande sélectionne le mode de compression pour augmenter la pression.

[0051] Plus précisément, le fluide de travail mélangé sort par la sortie 206 de l'éjecteur 200 puis pénètre dans la vanne 3 voies 301, préférentiellement directement, par la connexion fluide G. La vanne 3 voies 301 est configurée pour

orienter le fluide de travail mélangé vers la connexion fluidique H, amenant le fluide de travail mélangé vers la vanne 3 voies 302. La vanne 3 voies 302 est configurée pour orienter le fluide de travail mélangé vers la connexion fluidique I. Le fluide de travail mélangé circule depuis la vanne 3 voies 302, préférentiellement directement vers la première extrémité du premier organe de compression réversible 300. Le premier organe de compression réversible 300 étant en mode de compression, le fluide de travail mélangé est comprimé. Le fluide de travail mélangé ressort du premier organe de compression réversible 300 par sa deuxième extrémité. Le fluide de travail mélangé comprimé sortant du premier organe de compression réversible 300 circule au travers de la vanne 3 voies 303, préférentiellement directement, par la connexion fluidique J. La vanne 3 voies 303 est configurée pour orienter le fluide de travail mélangé comprimé dans la connexion fluidique K, amenant le fluide de travail mélangé comprimé à l'entrée du condenseur 105.

[0052] La figure 4 illustre le dispositif selon le premier aspect de l'invention suivant un deuxième mode de réalisation dans lequel le condenseur est à une pression inférieure à la pression de design de l'éjecteur 200. Il est ici recherché de détendre le fluide de mélange entre la sortie 206 de l'éjecteur 200 et l'entrée du condenseur 105. Le module de commande est ainsi configuré pour permettre la circulation du fluide de travail mélangé dans le premier organe de compression réversible 300 fonctionnant dans un mode de détente. Le module de commande est configuré pour orienter le fluide de travail mélangé sortant par la sortie 206 de l'éjecteur 200 dans le premier organe de compression réversible 300 fonctionnant dans un mode de détente puis d'orienter le fluide de travail mélangé détendu vers l'entrée du condenseur 105.

[0053] Dans le cas de la figure 4, le module de commande identifie une différence entre les paramètres mesurés et les valeurs cibles. Plus précisément, le module de commande identifie que la pression dans le condenseur 105 est inférieure à la valeur cible de la pression de design de l'éjecteur 200. Le module de commande sélectionne le mode de détente pour diminuer la pression

[0054] Plus précisément, le fluide de travail mélangé sort par la sortie 206 de l'éjecteur 200 puis pénètre dans la vanne 3 voies 301, préférentiellement directement, par la connexion fluidique G. La vanne 3 voies 301 est configurée pour orienter le fluide de travail mélangé vers la connexion fluidique L, amenant le fluide de travail mélangé vers la vanne 3 voies 303. La vanne 3 voies 303 est configurée pour orienter le fluide de travail mélangé vers la connexion fluidique J. Le fluide de travail mélangé circule depuis la vanne 3 voies 303 préférentiellement directement vers la deuxième extrémité du premier organe de compression réversible 300. Le premier organe de compression réversible 300 étant en mode de détente, le fluide de travail mélangé est détendu. Le fluide de travail mélangé ressort du premier organe de compression réversible 300 par sa première extrémité. Le fluide de travail mélangé détendu sortant du premier organe de compression réversible 300 circule au travers de la vanne 3 voies 302, préférentiellement directement, par la connexion fluidique I. La vanne 3 voies 302 est configurée pour orienter le fluide de travail mélangé détendu vers la connexion fluidique M, amenant le fluide de travail mélangé détendu à l'entrée du condenseur 105.

[0055] La figure 5 illustre le dispositif selon ce premier aspect de l'invention suivant un mode de réalisation dans lequel le condenseur 105 est à une pression équivalente à la pression du design de l'éjecteur 200. Dans cette configuration, il n'est pas nécessaire d'agir sur le fluide de travail mélangé entre la sortie 206 de l'éjecteur 200 et l'entrée du condenseur 105. Le module de commande est configuré pour orienter de travail mélangé depuis la sortie 206 de l'éjecteur 200, préférentiellement directement, vers l'entrée du condenseur 105. Le module de commande est configuré pour orienter le fluide de travail mélangé dans une dérivation du premier organe de compression réversible 300. Le cycle illustré à la figure 5 correspond à un cycle frigorifique à éjecteur simple SERS classique.

[0056] Dans le cas de la figure 5, le module de commande n'identifie pas de différence entre les paramètres mesurés et les valeurs cibles. Plus précisément, le module de commande identifie que la pression dans le condenseur 105 correspond à la valeur cible de la pression de design de l'éjecteur 200. Le module de commande sélectionne le mode de dérivation de l'organe de compression réversible.

[0057] Plus préférentiellement, le fluide de travail mélangé sort par la sortie 206 de l'éjecteur 200 puis pénètre dans la vanne 3 voies 301, préférentiellement directement, par la connexion fluidique G. La vanne 3 voies 301 est configurée pour orienter le fluide de travail mélangé vers la connexion fluidique H, amenant le fluide de travail mélangé vers la vanne 3 voies 302. La vanne 3 voies 302 est configurée pour orienter le fluide de travail mélangé vers la connexion fluidique M, amenant le fluide de travail mélangé à l'entrée du condenseur 105. Selon une possibilité, le premier organe de compression réversible 300 en mode de compression est alimenté en énergie électrique provenant par exemple d'une batterie ou d'un réseau électrique classique. En mode de détente, le premier organe de compression réversible 300 est avantageusement connecté à une batterie de sorte à stocker l'énergie électrique produite par la détente du fluide de travail mélangé pour une utilisation ultérieure. Le dispositif selon l'invention comprend selon un deuxième aspect un deuxième organe de compression réversible 400 agencé en amont de l'éjecteur 200 et en aval du générateur 102. Avantageusement, le deuxième organe de compression réversible 400 est agencé sur la branche motrice. Le deuxième organe de compression réversible 400 est avantageusement destiné à maintenir le fonctionnement de l'éjecteur 200 dans son régime nominal, notamment lors de variation dans les conditions de la source chaude au générateur 102. En effet, la source chaude étant une source issue avantageusement de l'environnement, elle est sujette à des variations de température qui se répercutent sur le fonctionnement du condenseur 105. Notamment en fonction de l'en-

soleillement, lorsqu'il augmente la température de la source chaude au niveau du générateur 102 augmente ce qui contribue à augmenter la pression de saturation dans le générateur 102. Or, il a été constaté que lorsque la pression du générateur 102 augmente, le ratio d'entraînement et donc le COP du cycle diminuent. Inversement, lorsque l'ensoleillement diminue la température de la source chaude au niveau du générateur 102 diminue ce qui contribue à diminuer la pression de saturation dans le générateur 102 or il a été constaté que cela diminue d'efficacité de l'éjecteur 200.

[0058] Il est ainsi avantageux de chercher à contrôler la pression du fluide sortant du générateur 102. À cet effet, l'invention comprend le deuxième organe de compression réversible 400 agencé entre la sortie du générateur 102 et l'entrée 201 du fluide primaire de l'éjecteur 200. Le deuxième organe de compression réversible 400 est configuré pour fonctionner soit en mode compresseur, soit en mode détendeur. On entend par organe de compression réversible, un organe unique, ou bien un organe de compression et un organe de détente distinct à la place d'un seul deuxième organe de compression réversible. Dans la suite de la description, il est fait uniquement référence à un organe de compression réversible pour plus de simplicité et sans pour autant être limitatif, mais la description s'applique également au mode de réalisation dans lequel le dispositif comprend un deuxième organe de compression et un deuxième organe de détente. L'utilisation d'un deuxième organe de compression réversible 400 constitué d'un organe unique permet un gain d'investissement, de masse et d'encombrement en limitant le nombre d'organes dans le système thermodynamique.

[0059] Le deuxième organe de compression réversible 400 est avantageusement choisi parmi les compresseurs volumétriques. On entend par là que la compression du fluide se fait par réduction du volume de la chambre de compression. À titre d'exemple, l'organe de compression est un compresseur à piston, à vis, à spirale également dénommé compresseur scroll ou en compresseur rotatif.

[0060] Le choix d'un organe de compression réversible 300,400 permet de fonctionner alternativement en mode de détente de compression ainsi qu'avantageusement avoir un fonctionnement à débit variable, à travers une régulation de sa vitesse de rotation ainsi que sa capacité à fonctionner sur une plage de ratio de compression.

[0061] Le deuxième organe de compression réversible est avantageusement associé à un moteur ou une génératrice électrique référencée 404.

[0062] Selon ce deuxième aspect, le dispositif comprend un ensemble de connexions fluidiques N, O, P, Q, R, S, T, ainsi que des vannes 401, 402, 403 permettant de commander la circulation du fluide de travail moteur entre la sortie du générateur 102 et l'entrée 201 de l'éjecteur 200 et notamment au travers du deuxième organe de compression réversible 400.

[0063] La figure 6 illustre le dispositif selon ce deuxième aspect de l'invention dans lequel l'ensemble des connexions fluidiques sont représentées.

[0064] La sortie du condenseur 105 est connectée fluidiquement par une connexion fluidique A, préférentiellement directement, à l'entrée de la pompe 101. La sortie de la pompe 101 est connectée fluidiquement par une connexion fluidique B, préférentiellement directement, à l'entrée du générateur 102. La sortie du générateur 102 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, par une connexion N, à une vanne 3 voies 401. La vanne 3 voies 401 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, à la sortie du générateur 102 par la connexion fluidique N, à la vanne 3 voies 402 par la connexion fluidique S, et à la vanne 3 voies 403 par la connexion fluidique O. La vanne 3 voies 402 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, à la vanne 3 voies 401 par la connexion fluidique S, à l'entrée 201 du fluide primaire de l'éjecteur 200 par la connexion fluidique R, à une deuxième extrémité du deuxième organe de compression réversible 400 par la connexion fluidique Q. La vanne 3 voies 403 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, à la vanne 3 voies 401 par la connexion fluidique O, à une première extrémité du deuxième organe de compression réversible 400 par la connexion fluidique P et à l'entrée 200 du fluide primaire de l'éjecteur 200 par la connexion fluidique T. La sortie du condenseur 105 est également connectée fluidiquement par une connexion fluidique D, préférentiellement directement, à l'entrée du détendeur 103. La sortie du détendeur 103 est connectée fluidiquement par une connexion fluidique E, préférentiellement directement, à l'entrée de l'évaporateur 104. La sortie de l'évaporateur 104 est connectée fluidiquement par une connexion fluidique F, préférentiellement directement, à l'entrée 202 de fluide secondaire de l'éjecteur 200.

[0065] Selon le deuxième aspect de l'invention, la sortie 206 de l'éjecteur 200 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, par une connexion fluidique U à l'entrée du condenseur 105.

[0066] La figure 7 illustre le dispositif selon ce deuxième aspect de l'invention suivant un premier mode de réalisation dans lequel le générateur 102 est à une pression supérieure à la pression de design de l'éjecteur 200. Il est ici recherché de détendre le fluide moteur entre la sortie du générateur 102 et l'entrée 201 de l'éjecteur 200. Le module de commande est ainsi configuré pour permettre la circulation du fluide de travail moteur dans le deuxième organe de compression réversible 400 fonctionnant dans un mode de détente. Le module de commande est configuré pour orienter le fluide de travail moteur sortant du générateur 102 dans le deuxième organe de compression réversible 400 fonctionnant dans un mode de détente puis d'orienter le fluide de travail moteur détendu vers l'entrée 201 de l'éjecteur 200.

[0067] Avantageusement, des capteurs mesurent des paramètres du circuit fluide qui sont transmis au module de commande. Les paramètres mesurés sont comparés à des valeurs cibles par le module de commande. En fonction de la différence entre les paramètres mesurés et les valeurs cibles, le module de commande sélectionnait le mode de

fonctionnement adapté alternativement mode de compression, mode de détente, dérivation de l'organe de compression réversible. Dans le cas de la figure 7, le module de commande identifie une différence entre les paramètres mesurés et les valeurs cibles. Plus précisément, le module de commande identifie que la pression dans le générateur 102 est supérieure à la valeur cible de la pression de design de l'éjecteur 200. Le module de commande sélectionne le mode

de détente pour diminuer la pression.

[0068] Plus précisément, le fluide de travail moteur sort du générateur 102 puis pénètre dans la vanne 3 voies 401, préférentiellement directement, par la connexion fluidique N. La vanne 3 voies 401 est configurée pour orienter le fluide de travail moteur vers la connexion fluidique O, amenant le fluide de travail moteur vers la vanne 3 voies 403. La vanne 3 voies 403 est configurée pour orienter le fluide de travail moteur vers la connexion fluidique P. Le fluide de travail moteur circule depuis la vanne 3 voies 403, préférentiellement directement vers la première extrémité du deuxième organe de compression réversible 400. Le deuxième organe de compression réversible 300 étant en mode de détente, le fluide de travail moteur est détendu. Le fluide de travail moteur ressort du deuxième organe de compression réversible 400 par sa deuxième extrémité. Le fluide de travail moteur détendu sortant du deuxième organe de compression réversible 400 circule au travers de la vanne 3 voies 402, préférentiellement directement, par la connexion fluidique Q. La vanne 3 voies 402 est configurée pour orienter le fluide de travail moteur détendu dans la connexion fluidique R, amenant le fluide de travail moteur détendu à l'entrée 201 de l'éjecteur 200. La figure 8 illustre le dispositif selon le deuxième aspect de l'invention suivant un deuxième mode de réalisation dans lequel le générateur 102 est à une pression inférieure à la pression de design de l'éjecteur 200. Il est ici recherché de comprimer le fluide de mélange entre la sortie du générateur 102 et l'entrée 201 de l'éjecteur 200. Le module de commande est ainsi configuré pour permettre la circulation du fluide de travail moteur dans le deuxième organe de compression réversible 400 fonctionnant dans un mode de compression. Le module de commande est configuré pour orienter le fluide de travail moteur sortant par la sortie du générateur 102 dans le deuxième organe de compression réversible 400 fonctionnant dans un mode de compression puis d'orienter le fluide de travail moteur comprimé vers l'entrée 200 de l'éjecteur 200.

[0069] Dans le cas de la figure 8, le module de commande identifie une différence entre les paramètres mesurés et les valeurs cibles. Plus précisément, le module de commande identifie que la pression dans le générateur 102 est inférieure à la valeur cible de la pression de design de l'éjecteur 200. Le module de commande sélectionne le mode de compression pour augmenter la pression.

[0070] Plus précisément, le fluide de travail moteur sort par la sortie du générateur 102 puis pénètre dans la vanne 3 voies 401, préférentiellement directement, par la connexion fluidique N. La vanne 3 voies 401 est configurée pour orienter le fluide de travail moteur vers la connexion fluidique S, amenant le fluide de travail moteur vers la vanne 3 voies 402. La vanne 3 voies 402 est configurée pour orienter le fluide de travail moteur vers la connexion fluidique Q. Le fluide de travail moteur circule depuis la vanne 3 voies 402, préférentiellement directement, vers la deuxième extrémité du deuxième organe de compression réversible 400. Le deuxième organe de compression réversible 400 étant en mode de compression, le fluide de travail moteur est comprimé. Le fluide de travail moteur comprimé ressort du deuxième organe de compression réversible 400 par sa première extrémité. Le fluide de travail moteur comprimé sortant du deuxième organe de compression réversible 400 circule au travers de la vanne 3 voies 403, préférentiellement directement, par la connexion fluidique P. La vanne 3 voies 403 est configurée pour orienter le fluide de travail moteur comprimé vers la connexion fluidique T, amenant le fluide de travail moteur comprimé à l'entrée 201 de l'éjecteur 200.

[0071] La figure 9 illustre le dispositif selon ce deuxième aspect de l'invention suivant un mode de réalisation dans lequel le générateur 102 est à une pression équivalente à la pression du design de l'éjecteur 200. Dans cette configuration, il n'est pas nécessaire d'agir sur le fluide de travail moteur entre la sortie du générateur 102 et l'entrée 201 de l'éjecteur 200. Le module de commande est configuré pour orienter de travail moteur depuis la sortie du générateur 102, préférentiellement directement, vers l'entrée 201 de l'éjecteur 200. Le module de commande est configuré pour orienter le fluide de travail moteur dans une dérivation du deuxième organe de compression réversible 400. Le cycle illustré à la figure 9 correspond à un cycle frigorifique à éjecteur simple, SERS classique.

[0072] Dans le cas de la figure 9, le module de commande n'identifie pas de différence entre les paramètres mesurés et les valeurs cibles. Plus précisément, le module de commande identifie que la pression dans le générateur 102 correspond à la valeur cible de la pression de design de l'éjecteur 200. Le module de commande sélectionne le mode de dérivation de l'organe de compression réversible.

[0073] Plus préférentiellement, le fluide de travail mélangé sort par la sortie du générateur 102 puis pénètre dans la vanne 3 voies 401, préférentiellement directement, par la connexion fluidique N. La vanne 3 voies 401 est configurée pour orienter le fluide de travail moteur vers la connexion fluidique O, amenant le fluide de travail moteur vers la vanne 3 voies 403. La vanne 3 voies 403 est configurée pour orienter le fluide de travail moteur vers la connexion fluidique T, amenant le fluide de travail mélangé à l'entrée 201 de l'éjecteur 200. Selon une possibilité, le deuxième organe de compression réversible 400 en mode de compression est alimenté en énergie électrique provenant par exemple d'une batterie ou d'un réseau électrique classique. En mode de détente, le deuxième organe de compression réversible 400 est avantageusement connecté à une batterie de sorte à stocker l'énergie électrique produite par la détente du fluide de travail moteur pour une utilisation ultérieure. Selon un troisième aspect de l'invention, le dispositif de production de

froid comprend le premier organe de compression réversible 300 et le deuxième organe de compression réversible 400. Ce troisième aspect de l'invention est illustré à la figure 10.

[0074] Ce troisième aspect de l'invention est particulièrement avantageux puisqu'il permet de contrôler à la fois la pression du fluide de travail en entrée de l'éjecteur et en sortie de l'éjecteur.

[0075] Dans ce troisième aspect de l'invention, le premier organe de compression réversible 300 et le deuxième organe de compression réversible 400 sont reliés. On entend par reliés que le premier organe de compression réversible 300 et le deuxième organe de compression réversible 400 sont associés l'un à l'autre de sorte que le travail produit par l'un des organes alimente l'autre organe.

[0076] Selon une première possibilité, le premier organe de compression réversible 300 et le deuxième organe de compression réversible 400 sont associés mécaniquement l'un à l'autre. Dans ce cas, un organe entraîne mécaniquement l'autre organe. À titre d'exemple, l'un des deux organes 300,400 en mode de détente qui effectue une détente du fluide de travail entraîne mécaniquement, préférentiellement en rotation, l'autre organe 300 400 en mode de compression qui effectue la compression du fluide de travail.

[0077] Selon une deuxième possibilité, le premier organe de compression réversible 300 et le deuxième organe de compression réversible 400 sont associés électriquement l'un à l'autre. Dans ce cas, un organe 300,400 en mode de détente est associé à une génératrice électrique et produit ainsi de l'électricité qui peut être soit directement utilisée par l'autre organe 300,400 en mode de compression, soit être stocké dans une batterie pour être utilisé ultérieurement par l'un ou l'autre des organes 300,400.

[0078] Selon un quatrième aspect de l'invention, le dispositif de production de froid comprend un organe de détente supplémentaire 500. L'organe de détente supplémentaire 500 est destiné à produire de l'électricité alternativement ou simultanément à la production de froid. L'organe de détente supplémentaire 500 est avantageusement agencé sur une branche de dérivation de l'éjecteur 200. Plus précisément, l'organe de détente supplémentaire 500 est agencé de sorte à recevoir le fluide de travail moteur. L'organe de détente supplémentaire 500 est agencé entre l'entrée 201 de l'éjecteur 200 et la sortie 206 de l'éjecteur 200 plus précisément de l'entrée du condenseur 105.

[0079] Ce quatrième aspect de l'invention peut être combiné avec le premier aspect et/ou le deuxième aspect de l'invention comme illustré à la figure 11.

[0080] La figure 11 on retrouve les organes et les connexions fluidiques décrites en référence au premier aspect de l'invention et au deuxième aspect de l'invention. Dans ce quatrième aspect, le dispositif comprend les connexions fluidiques V, W, X, Y, Z, G1, G2 et préférentiellement au moins deux vannes 501,502.

[0081] Plus précisément, la vanne 3 voies 500 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, à la vanne 3 voies 402 par la connexion fluidique V, à la vanne 3 voies 403 par la connexion fluidique W, la première extrémité de l'organe de détente supplémentaire 500 par la connexion fluidique X. La vanne 3 voies 502 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, à la deuxième extrémité de l'organe de détente supplémentaire 500, à la vanne 3 voies 301 par la connexion fluidique j'ai un et la connexion fluidique j'ai de, à l'entrée du condenseur 105 par la connexion fluidique Z.

[0082] Plus précisément, quel que soit mode de fonctionnement du deuxième organe de compression réversible 400, le fluide de travail moteur sort de la vanne 3 voies 403 ou de la vanne 3 voies 402 et pénètre dans la vanne 3 voies 501 respectivement par la connexion fluidique V ou la connexion fluidique W. Le fluide de travail moteur sort de la vanne 3 voies 501 et pénètre par la première extrémité dans l'organe de détente supplémentaire 500, préférentiellement directement, par la connexion fluidique X. Le fluide de travail moteur est détendu dans l'organe de détente supplémentaire 500 produisant ainsi de l'électricité préférentiellement par une génératrice électrique 503. Le fluide de travail moteur détendu ressort de l'organe de détente supplémentaire 500 par la deuxième extrémité qui est en connexion fluidique, préférentiellement directement, avec la vanne 3 voies 502 par la connexion fluidique Y. Le fluide moteur détendu peut alors ici être transmis directement au condenseur 105 par la connexion fluidique Z.

[0083] Dans un mode de réalisation, le dispositif et le procédé associé sont configurés pour permettre la co-production d'électricité et de froid. Dans ce mode de réalisation, la vanne à trois voies 401 permet au fluide de circuler à la fois vers la connexion fluidique, ou ligne, S et la connexion fluidique, ou la ligne, O. La connexion fluidique S est alors connectée fluidiquement à la vanne 402, puis la vanne 402 est connecté fluidiquement à la vanne 501 permettant la circulation au moins partielle du fluide en sortie du générateur 102 dans l'organe de détente supplémentaire 500 et ainsi produire de l'électricité, comme décrit ci-dessus. En parallèle, la connexion fluidique O est alors connectée fluidiquement 403 qui est connectée fluidiquement à l'entrée dans l'éjecteur 200 par la connexion fluidique T, permettant la circulation au moins partielle du fluide en sortie du générateur 102 dans l'éjecteur 200 et ainsi produire du froid, comme décrit ci-dessus.

[0084] Selon un mode de réalisation applicable à l'un quelconque des aspects de l'invention décrit ci-dessus, le dispositif de production de froid comprend un échangeur thermique agencé entre la branche de mélange et la branche motrice. Plus préférentiellement, l'échangeur thermique est agencé de sorte à assurer le transfert thermique entre le fluide de travail mélangé circulant dans la branche de mélange et le fluide de travail moteur circulant dans la branche motrice. Plus précisément, sur la branche de mélange l'échangeur thermique est agencé en aval de l'éjecteur 200 et préférentiellement en amont du condenseur 105, plus spécifiquement en amont du premier organe de compression

réversible 300. Plus précisément, sur la branche motrice, l'échangeur thermique est agencé en amont du générateur 102 et préférentiellement en aval de la pompe 101. Cet échangeur thermique permet de transférer une partie de l'énergie thermique du fluide de travail mélangé au profit du fluide de travail moteur. Cet échangeur thermique est une sorte de préchauffage du fluide de travail moteur. Cette disposition présente les avantages de réduire la puissance thermique à fournir au générateur 102, de réduire la taille du générateur 102, de réduire la taille du condenseur 105.

Exemple

[0085] Une comparaison est réalisée numériquement entre les cycles présentés sur la figure 5 ou 9 (cycle de production de froid à éjecteur simple classique sans l'invention) et sur la figure 10 (dispositif de production de froid selon le troisième aspect de l'invention comprenant un premier organe de compression réversible 300 et un deuxième organe de compression réversible 400).

[0086] La comparaison est réalisée pour le point de design d'un dispositif présenté dans le Tableau 1, avec comme fluide réfrigérant le butane(R600).

Tableau 1

[0087]

Tableau 1 - Point de fonctionnement nominal cycle de réfrigération

Composant	Configuration type
Générateur 102	Température source chaude : 100°C Surchauffe : 0°C Puissance récupérée : 100kW
Condenseur 105	Température source intermédiaire : 20 °C
Évaporateur 104	Température source à refroidir : 5° C Surchauffe : 0°C
Pompe 101	Débit : 765 kg/h, Rendement : 80 %, Puissance : 0.6 kW

[0088] Le design géométrique de l'éjecteur 200 pour le point de design du tableau 1 est donné dans le tableau 2. La désignation des sections de l'éjecteur 200 fait référence à la figure 2.

Tableau 2

[0089]

Tableau 2 - Géométrie de l'éjecteur désigné

Section	Dimension [mm ²]
Section A	47.56
Section B	151.9
Section C	877

[0090] Le tableau 3 montre l'impact des variations de la température de la source chaude au générateur 102 et de la source intermédiaire au condenseur 105 sur le cycle des figures 5 ou 9. Le tableau 4 montre l'impact des variations de la source chaude au générateur 102 et de la source intermédiaire au condenseur 105 sur le cycle de la Figure 10.

[0091] On observe bien qu'au point de design du cycle, les cycles de la figure 5 ou 9 et de la figure 10 donnent les mêmes résultats (ligne 5), car les 2 organes de compression réversibles ne sont pas utilisés au point de design.

Tableau 3

[0092]

Tableau 3

#	T _{gen} (°C)	T _{cond} (°C)	T _{evap} (°C)	Q _{gen} [kW]	Q _{evap} [kW]	W _{pump} [kW]	η _{ex} [%]
1	85	15	5	73,3	90,3	0,32	23%
2	85	20	5	71,4	23,0	0,31	10%
3	85	25	5	0	0	0	0%
4	100	15	5	102,5	88,5	0,61	14%
5	100	20	5	100,0	84,1	0,60	21%
6	100	25	5	97,4	22,8	0,593	8%
7	115	15	5	140,1	81	1,11	8%
8	115	20	5	136,7	78,3	1,10	13%
9	115	25	5	133,3	75,5	1,09	18%

Tableau 4

[0093]

Tableau 4

#	T _{gen} [°C]	T _{cond} [°C]	T _{evap} [°C]	Q _{gen} [kW]	Q _{evap} [kW]	W _{scroll,gene} [kW]	W _{scroll,cond} [kW]	W _{pump} [kW]	η _{ex} [%]
1	85	15	5	99,2	87,0	-3,1	2,6	0,43	16%
2	85	20	5	96,6	84,1	-3,1	0	0,42	21%
3	85	25	5	94,1	81,1	-3,1	-3,9	0,41	25%
4	100	15	5	102,5	87,1	0	2,6	0,61	24%
5	100	20	5	100	84,1	0	0	0,60	21%
6	100	25	5	97,4	81,1	0	-3,9	0,59	24%
7	115	15	5	104,9	87,1	1,8	2,6	0,83	27%
8	115	20	5	102,3	84,2	1,8	0	0,82	25%
9	115	25	5	99,8	81,2	1,8	-3,9	0,81	22%

[0094] Le tableau 5 (issu de la combinaison des 2 tableaux précédents) présente la différence de production de froid ΔQ_{evap} (kW) et la différence de production d'électricité ΔW_{tot} (kW) entre le cycle de la figure 10 et celui de la figure 5 ou 9.

Tableau 5

[0095]

Tableau 5

#	T _{gen} [°C]	T _{cond} [°C]	T _{evap} [°C]	Δ Q _{evap} [kW]	Δ W _{tot} [kW]	Absolut e Δ η _{ex}	Relativ e Δ η _{ex}	Nom du cas
1	85	15	5	-3,33	-0,7189	-7%	- 31%	#1
2	85	20	5	61,1	-3,2663	+12%	+ 124%	#2
3	85	25	5	81,15	-7,4311	+25%	+∞	#3
4	100	15	5	-1,41	2,5539996 3	+10%	+ 74%	#4
5	100	20	5	0	-3,863E-07	0%	0%	#5 =design

(suite)

#	T _{gen} [°C]	T _{cond} [°C]	T _{evap} [°C]	ΔQ_{evap} [kW]	ΔW_{tot} [kW]	Absolut e $\Delta \eta_{\text{ex}}$	Relativ e $\Delta \eta_{\text{ex}}$	Nom du cas
6	100	25	5	58,38	-3,8710004	+16%	+ 190%	#6
7	115	15	5	6,11	4,6534	+19%	+ 234%	#7
8	115	20	5	5,91	2,0886999 7	+12%	+ 95%	#8
9	115	25	5	5,7	-1,798	+5%	+ 28%	#9

[0096] De ce tableau de comparaison, on tire les informations suivantes vis-à-vis de l'intérêt de l'invention quand les températures des sources fluctuent autour du point de design :

Dans 1 cas (#1) le dispositif selon l'invention n'est pas utile, car elle permet de produire moins de froid tout en consommant plus d'électricité. Ceci est également mis en évidence par le rendement exergetique du cycle, qui diminue. Dans ce cas, il est donc préférable de n'utiliser aucun des organes de compression réversible 300,400.

[0097] Dans 1 cas (#4), le dispositif selon l'invention produit 1.4 kW de froid en moins un dispositif de production de froid à éjecteur simple classique, mais permet de produire 2.5 kW d'électricité supplémentaire. C'est intéressant quand le besoin de froid est constant puisque la production de froid reste la même que dans le point de design, mais de l'électricité supplémentaire est produite. En fait, même dans ce cas, le rendement exergetique du cycle augmente avec l'invention.

[0098] Dans 3 cas (#2, #6 et #9), le dispositif selon l'invention produit plus de froid (gain de 61.1kW, 53.38kW et 5.7kW) qu'un dispositif sans l'invention, au prix d'une consommation électrique plus importante (surconsommation électrique de 3.2kW, 3.8kW et 1.7kW respectivement). Cependant, le COP électrique de la production de froid supplémentaire, $\text{COP}_{\text{elec,sup}} = \Delta Q_{\text{evap}} / \Delta W_{\text{tot}}$, est très élevé (19, 14 dans le cas #2 et #6), et effectivement le rendement exergetique du cycle augmente aussi. Sur ces points, le dispositif selon l'invention permet de continuer à satisfaire la demande de refroidissement de design avec l'utilisation d'une puissance électrique supplémentaire modeste, de manière beaucoup plus efficace qu'un cycle à compression de vapeur normal par exemple.

[0099] Dans 1 cas (#3), le dispositif selon l'invention permet de faire fonctionner le cycle alors qu'il serait à l'arrêt sans l'invention. Le gain de production de froid est de 81.1kW pour un cout de 7.4kW électrique ($\text{COP}_{\text{elec,sup}} = 11$)

[0100] Dans 2 cas (#7 et #8), le dispositif selon l'invention permet à la fois de produire plus de froid (gain de 6.1kW et 5.9kW) tout en produisant plus d'électricité (gain de 4.6kW et 2kW respectivement).

[0101] En conclusion de cette analyse quantitative : il est à noter que le dispositif selon l'invention est particulièrement utile dans tous les cas où l'on a besoin d'une puissance froide constante et on a de sources de chaleur à températures fluctuantes.

[0102] En fait, le dispositif selon l'invention permet au cycle de toujours fonctionner dans son point de design, dans certains cas grâce à l'utilisation très efficace d'une petite puissance électrique, et dans d'autres permettant même la production d'une petite puissance électrique en plus du froid.

[0103] L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisations précédemment décrits et s'étend à tous les modes de réalisation couverts par l'invention.

LISTES DES REFERENCES

[0104]

101. Pompe
102. Générateur
103. Détendeur
104. Évaporateur
105. Condenseur
200. Éjecteur
201. Entrée fluide primaire
202. Entrée fluide secondaire
203. Col sonique de l'injecteur primaire
204. Chambre de mélange
205. Diffuseur
206. Sortie fluide mélangé
207. Section

208. Section
 209. Section
 210. Section
 300. Premier Organe de détente/compression réversible
 5 301. Vanne 3 voies
 302. Vanne 3 voies
 303. Vanne 3 voies
 304. Électricité
 400. Deuxième organe de détente/compression réversible
 10 401. Vanne 3 voies
 402. Vanne 3 voies
 403. Vanne 3 voies
 404. Électricité
 500. Troisième organe de détente/compression réversible
 15 501. Vanne 3 voies
 502. Vanne 3 voies
 503. Production d'électricité
 A. Connexion fluidique entre la sortie du condenseur 105 et l'entrée de la pompe 101
 B. Connexion fluidique entre la sortie de la pompe 101 et l'entrée du générateur 102
 20 C. Connexion fluidique entre la sortie du générateur 102 et l'entrée de fluide primaire 201 de l'éjecteur 200
 D. Connexion fluidique entre la sortie du condenseur 105 et l'entrée du détendeur 103
 E. Connexion fluidique entre la sortie du détendeur 103 et l'entrée de l'évaporateur 104
 F. Connexion fluidique entre la sortie de l'évaporateur et l'entrée de fluide secondaire 202 de l'éjecteur 200
 G. Connexion fluidique entre la sortie 206 de l'éjecteur 200 et une vanne 3 voies 301
 25 G1. Connexion fluidique entre la sortie 206 de l'éjecteur 200 et l'entrée d'une vanne 3 voies 502
 G2. Connexion fluidique entre la sortie 206 de l'éjecteur 200 et l'entrée d'une vanne 3 voies 301
 H. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 301 et une vanne 3 voies 302
 I. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 302 et le premier organe de détente/compression réversible 300
 J. Connexion fluidique entre le premier organe de détente/compression réversible 300 et une vanne 3 voies 303
 30 K. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 303 et l'entrée du condenseur 105
 L. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 301 et une deuxième vanne 3 voies 303
 M. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 302 et l'entrée du condenseur 105.
 N. Connexion fluidique entre la sortie du générateur 102 et une vanne 3 voies 401
 O. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 400 et une vanne 3 voies 403
 35 P. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 403 et un deuxième organe de détente/compression réversible 400
 Q. Connexion fluidique entre un deuxième organe de détente/compression réversible 400 et une vanne 3 voies 402
 R. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 402 et l'entrée de fluide primaire 201 de l'éjecteur 200
 S. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 401 et une vanne 3 voies 402
 T. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 403 et l'entrée de fluide primaire 201 de l'éjecteur 200
 40 U. Connexion fluidique entre la sortie 206 de l'éjecteur 200 et l'entrée condenseur 105
 V. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 402 et une vanne 3 voies 501
 W. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 501 et l'entrée de fluide primaire 201 d'un éjecteur 200
 X. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 501 et un troisième organe de détente/compression réversible
 Y. Connexion fluidique entre le troisième organe de détente/compression réversible et une vanne 3 voies 502
 45 Z. Connexion fluidique entre une vanne 3 voies 502 et l'entrée du condenseur 105

Revendications

- 50 1. Dispositif de production de froid comprenant un cycle de réfrigération à éjecteur (SERS) comprenant un circuit de circulation d'un fluide de travail comprenant trois branches agencées en parallèle :
- Une branche motrice sur laquelle sont agencés une pompe (101) et un générateur (102) destiné à assurer un échange thermique entre une source de chaleur et le fluide de travail, et
 - 55 • une branche frigorigène sur laquelle sont agencés un détendeur (103) et un évaporateur (104) destiné à assurer un prélèvement de chaleur à une source à refroidir, et
 - une branche de mélange sur laquelle sont agencés un éjecteur (200) destiné à assurer le mélange du fluide de travail issu de la branche motrice et le fluide de travail issu de la branche frigorigène et un condenseur (105)

destiné à assurer un échange thermique entre une source intermédiaire et le fluide de travail mélangé,

- Un premier organe de compression réversible (300) agencé sur la branche de mélange en aval de l'éjecteur (200) et en amont du condenseur (105),

5 **Caractérisé en ce qu'il comprend**

- un deuxième organe de compression réversible (400) agencé sur la branche motrice en amont de l'éjecteur (200) et en aval du générateur (102),

10 et que le premier organe de compression réversible (300) agencé sur la branche de mélange et le deuxième organe de compression réversible (400) agencé sur la branche motrice sont connectés mécaniquement de sorte qu'un organe de compression réversible (300,400) entraîne mécaniquement l'autre organe de compression réversible (300,400).

15 **2.** Dispositif de production de froid selon la revendication précédente dans lequel le premier organe de compression réversible (300) et/ou le deuxième organe de compression réversible (400) est de type volumétrique.

20 **3.** Dispositif de production de froid selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le premier organe de compression réversible (300) agencé sur la branche de mélange et le deuxième organe de compression réversible (400) agencé sur la branche motrice sont connectés électriquement de sorte qu'un organe de compression réversible (300,400) produit de l'électricité utilisée directement ou indirectement par l'autre organe de compression réversible (300,400).

25 **4.** Dispositif de production de froid selon la revendication précédente comprenant une batterie destinée à stocker l'électricité produite par au moins un organe de compression réversible (300,400) et à fournir électricité stockée un organe de compression réversible (300,400).

30 **5.** Dispositif de production de froid selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant un organe de détente supplémentaire (500) destiné à produire de l'électricité et agencé sur une branche parallèle à l'éjecteur (200) entre l'aval du générateur (102), ou du deuxième organe de compression (400) de la branche motrice, et l'aval de l'éjecteur (200), préférentiellement en amont du condenseur (105) ou du premier organe de compression réversible (300) de la branche de mélange.

35 **6.** Dispositif de production de froid selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant un échangeur thermique agencé sur la branche de mélange en aval de l'éjecteur (200) et sur la branche motrice en amont du générateur (102) pour transférer de l'énergie thermique entre la branche de mélange et la branche motrice.

7. Dispositif de production de froid selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel la source chaude est une source solaire thermique et la source intermédiaire est l'air ambiant.

40 **8.** Dispositif de production de froid selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant un module de commande comprenant une pluralité de vannes (301, 302, 303, 401, 402, 403) destinée à commander la circulation du fluide de travail dans le circuit fluidique et notamment dans le premier organe de compression réversible (300).

45 **9.** Procédé de production de froid à partir d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant la circulation d'un fluide de travail dans un circuit de circulation d'un fluide de travail comprenant trois branches agencées en parallèle:

- une branche motrice sur laquelle sont agencés une pompe (100) et un générateur (102) assurant un échange thermique entre une source de chaleur et le fluide de travail, et
- une branche frigorifique sur laquelle sont agencés un détendeur (103) et un évaporateur (104) destiné à assurer un prélèvement de chaleur à une source à refroidir, et
- une branche de mélange sur laquelle sont agencés un éjecteur (200) assurant le mélange du fluide de travail issu de la branche motrice et le fluide de travail issu de la branche frigorifique et un condenseur (105) destiné à assurer un échange thermique entre une source intermédiaire et le fluide de travail mélangé,

Caractérisé en ce qu'il comprend :

• Un organe de compression réversible (300) agencé sur la branche de mélange en aval de l'éjecteur (200) et en amont du condenseur (105) fonctionnant alternativement selon un mode de compression de sorte à comprimer le fluide de travail issu de l'éjecteur (200) avant qu'il entre dans le condenseur (105), ou un mode de détente de sorte à détendre le fluide de travail issu de l'éjecteur (200) avant qu'il entre dans le condenseur (105) et/ou un deuxième organe de compression réversible (400) agencé sur la branche de motrice en amont de l'éjecteur (200) et en aval du générateur (102) fonctionnant alternativement selon un mode de compression de sorte à comprimer le fluide de travail issu du générateur (102) avant qu'il entre dans l'éjecteur (200), ou un mode de détente de sorte à détendre le fluide de travail issu du générateur (102) avant qu'il entre dans l'éjecteur (200).

10. Procédé de production de froid selon la revendication précédente dans lequel le dispositif comprend un module de commande comprenant une pluralité de vannes (301, 302, 303, 401, 402, 403) destiné à commander la circulation du fluide de travail dans le circuit fluidique et notamment dans le premier organe de compression réversible (300) et une pluralité de capteurs destinés à mesurer des paramètres prédéfinis sur le circuit fluidique, le procédé comprenant la mesure de paramètres prédéfinis sur le circuit fluidique par des capteurs, la comparaison des mesures avec des valeurs prédéfinies et la mise en place alternativement d'un mode de compression ou d'un mode de détente du premier organe de compression réversible ou d'une dérivation du premier organe de compression réversible.

11. Procédé de production de froid selon la revendication précédente dans lequel alternativement :

• lorsque le module de commande identifie que la pression dans le condenseur (105) est supérieure à une valeur cible de la pression de l'éjecteur (200), le module de commande met en place le mode de détente du premier organe de compression réversible (300),

• lorsque le module de commande identifie que la pression dans le condenseur (105) est inférieure à une valeur cible de la pression de l'éjecteur (200), le module de commande met en place le mode de compression du premier organe de compression réversible (300),

• lorsque le module de commande identifie que la pression dans le condenseur (105) est égale à une valeur cible de la pression de l'éjecteur (200), le module de commande met en place le mode de dérivation du premier organe de compression réversible (300).

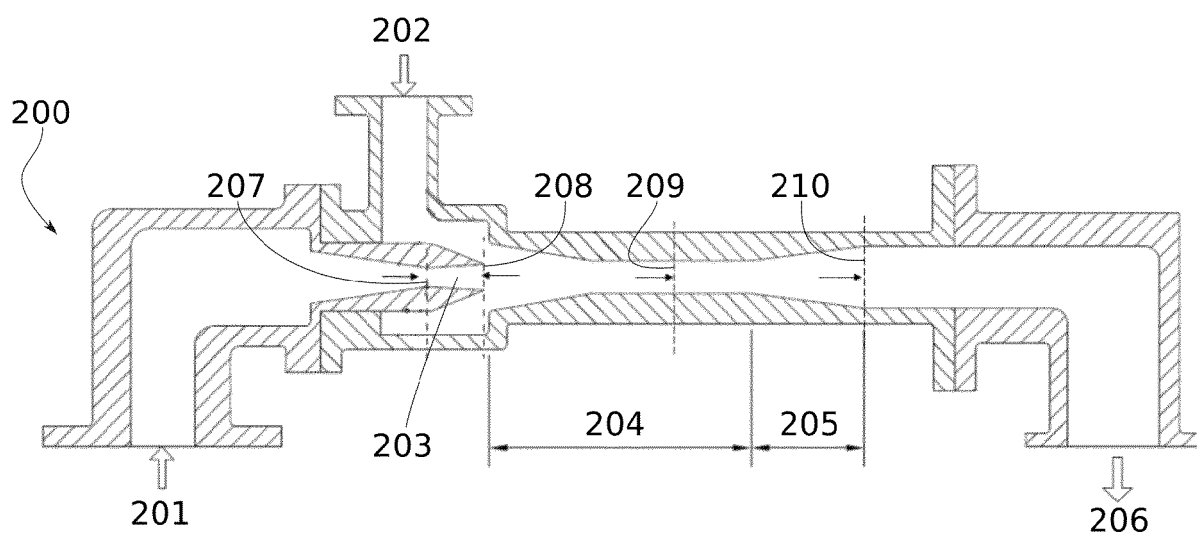


FIG. 1

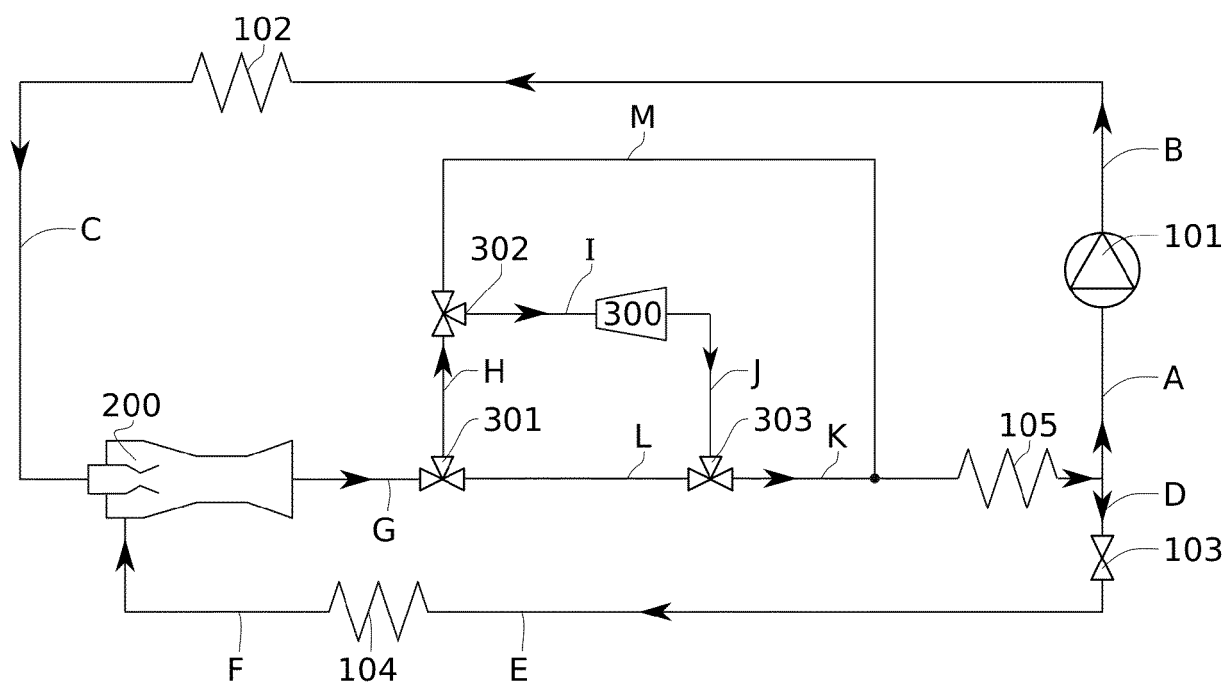


FIG. 2

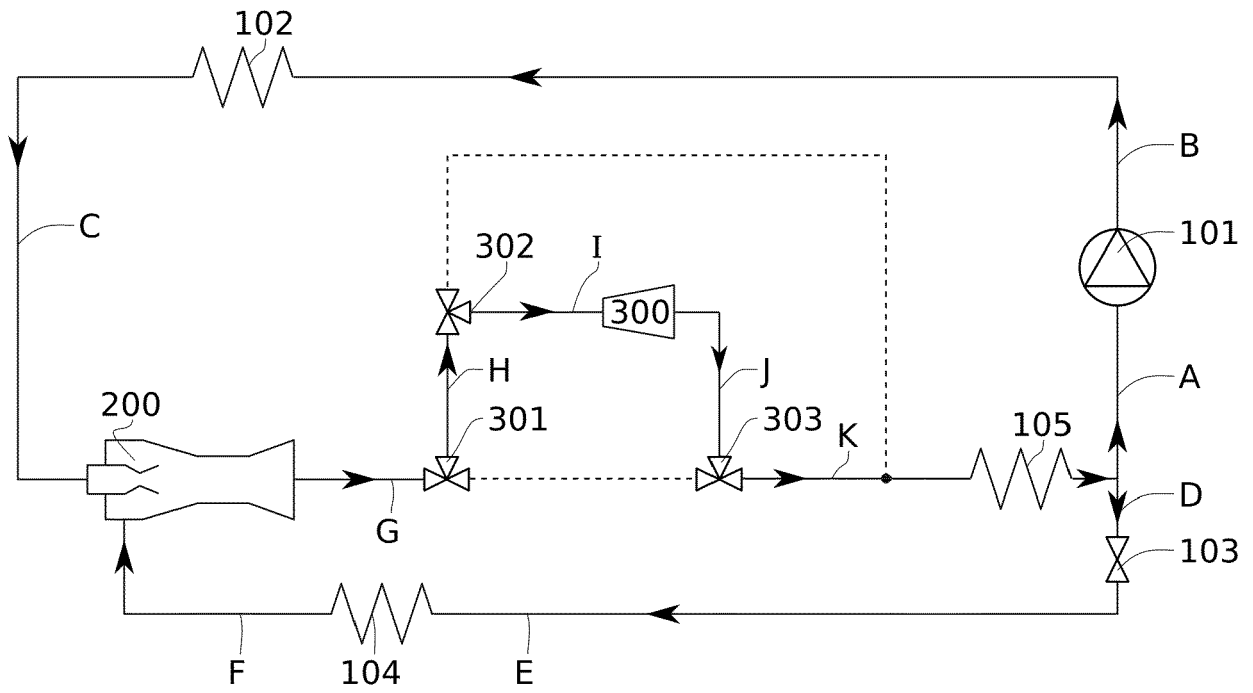


FIG. 3

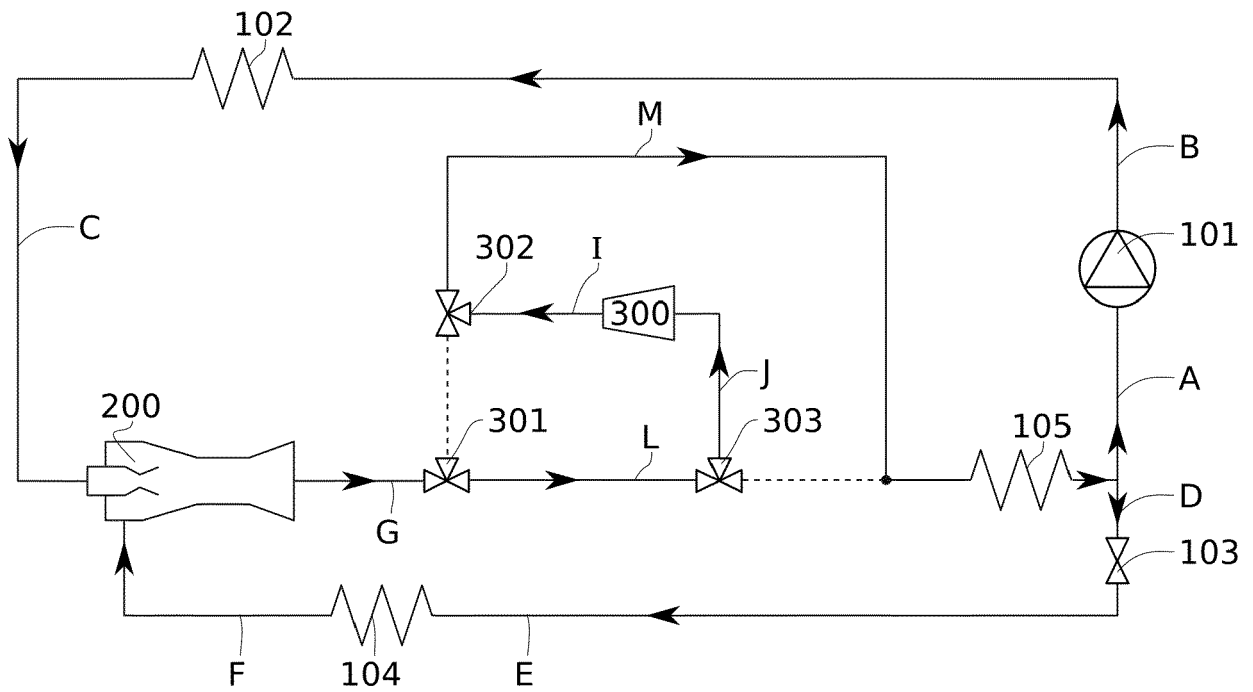


FIG. 4

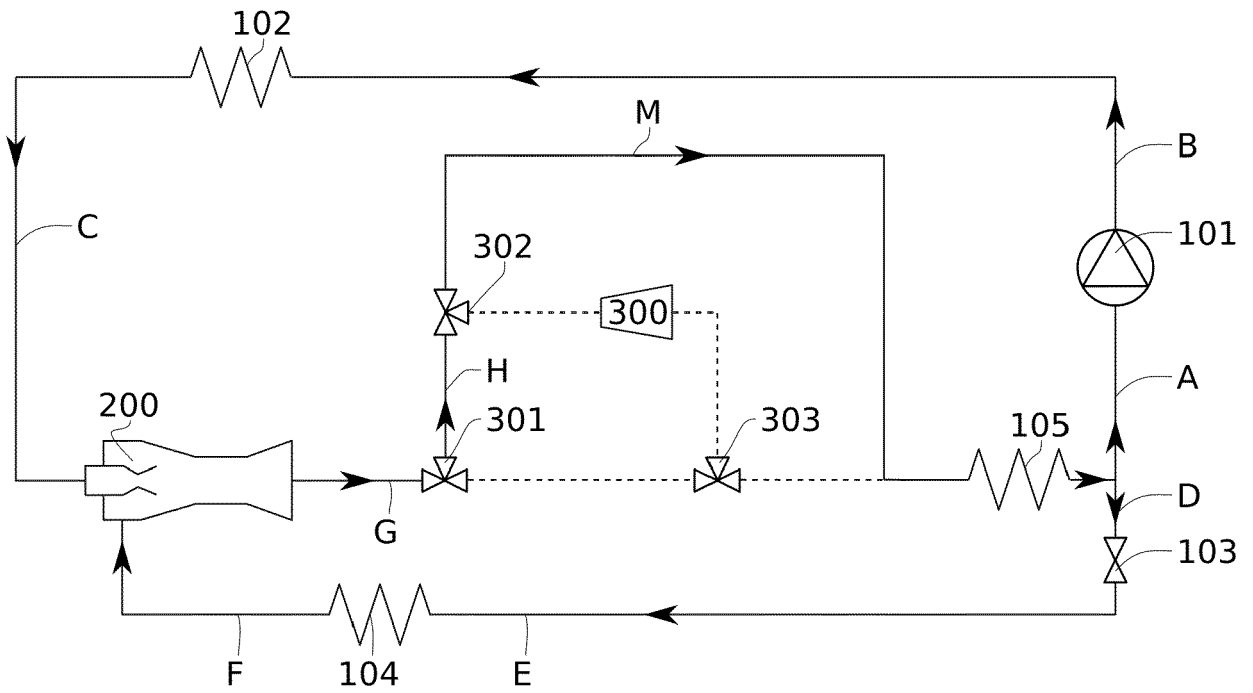


FIG. 5

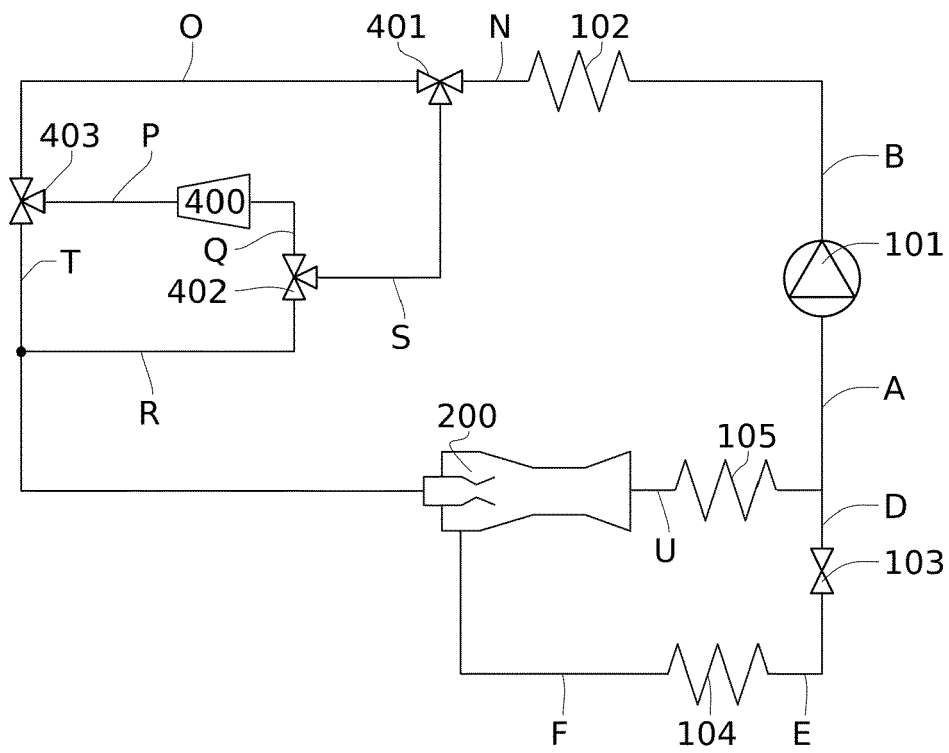


FIG. 6

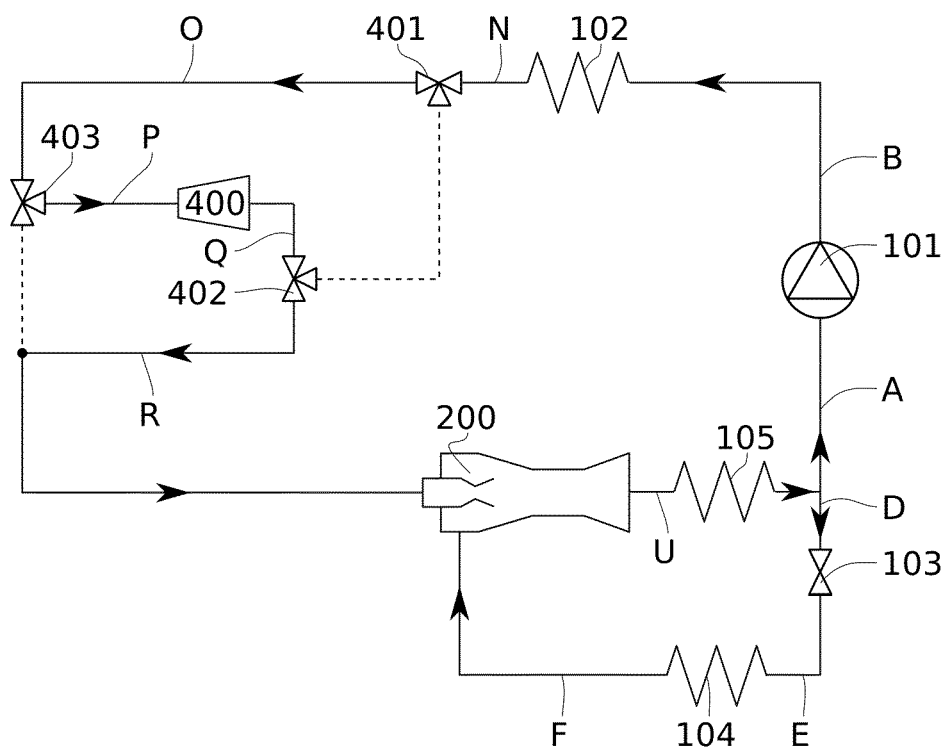


FIG. 7

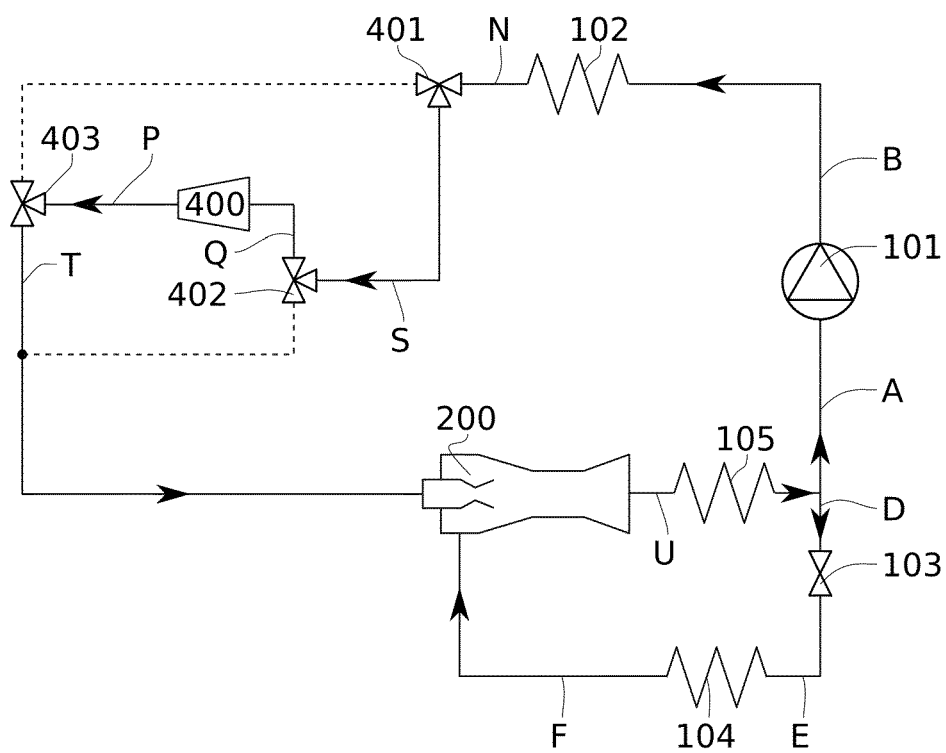


FIG. 8

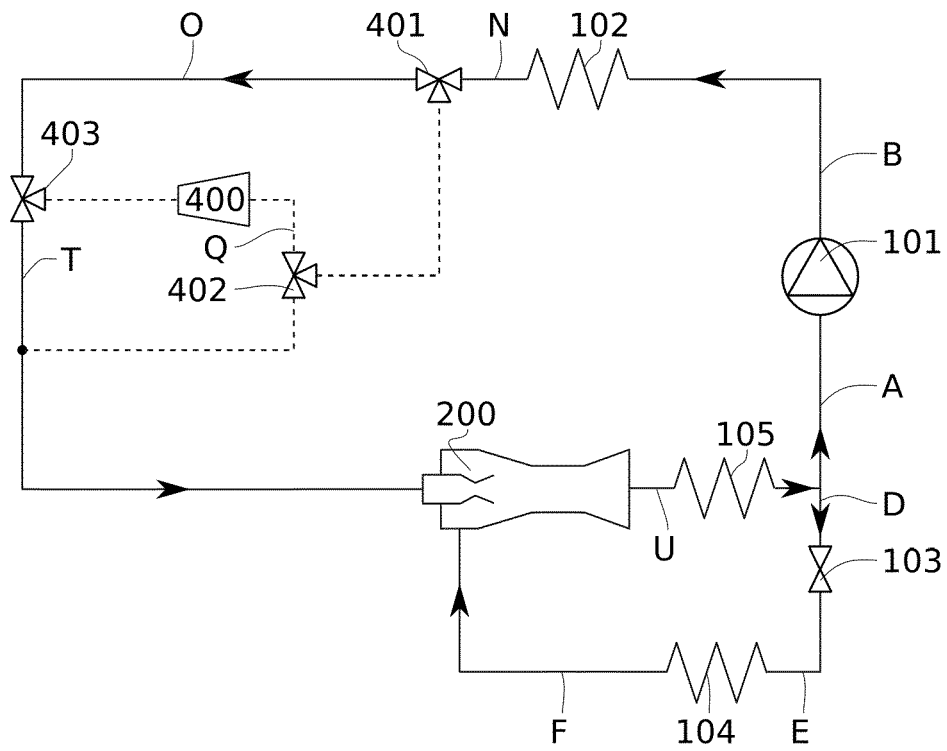


FIG. 9

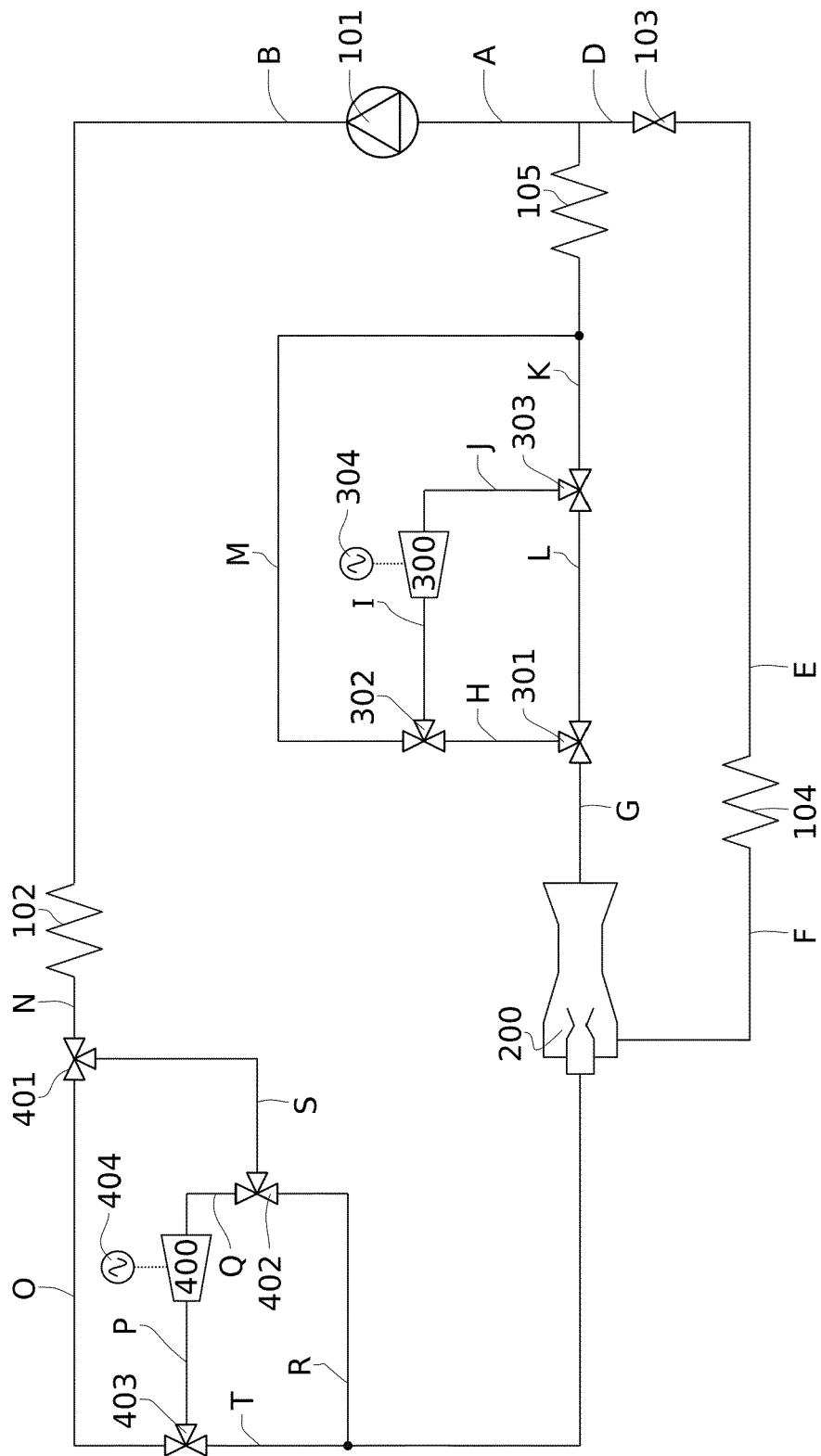


FIG. 10

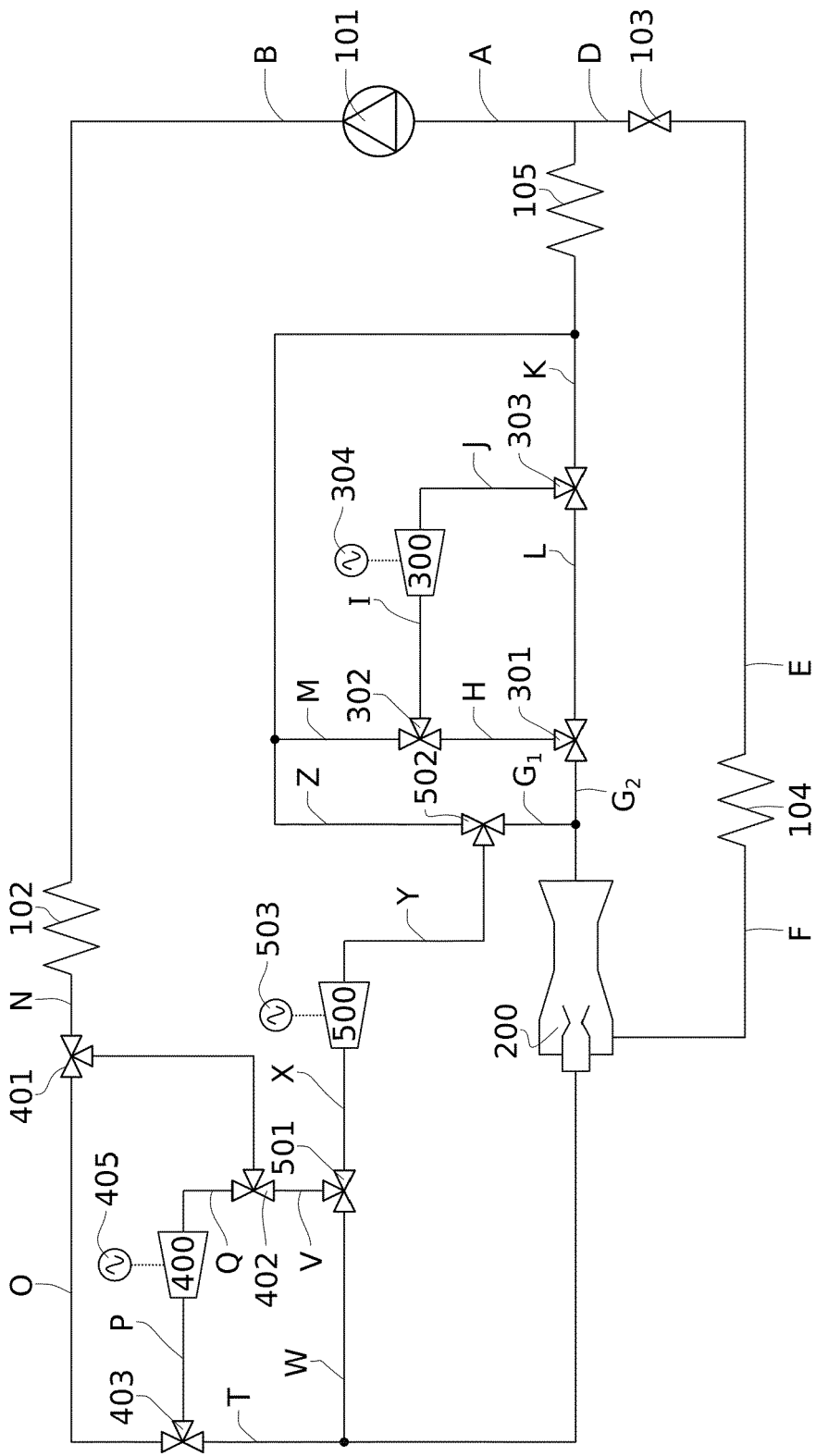


FIG. 11



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 23 21 2500

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 2011/247351 A1 (ALSTON GERALD ALLEN [US]) 13 octobre 2011 (2011-10-13) * alinéas [0102] - [0107]; figures 1, 1A, 2, 4, 6 *	1-11	INV. F25B1/08 F25B27/00 F25B41/20
A	WO 2010/129801 A1 (ALSTON GERALD ALLEN [US]) 11 novembre 2010 (2010-11-11) * alinéas [0046], [0050] - [0056]; figures 3, 5 *	1-11	
A	US 2016/313032 A1 (KHALIQ ABDUL [SA] ET AL) 27 octobre 2016 (2016-10-27) * alinéas [0022] - [0042]; figure 2A *	1-11	
A	EP 1 289 039 A2 (RENAULT SA [FR]) 5 mars 2003 (2003-03-05) * alinéas [0021] - [0056] *	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F25B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 2 avril 2024	Examineur Weisser, Meinrad
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.****EP 23 21 2500**

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de
recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

02-04-2024

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2011247351 A1	13-10-2011	AUCUN	
WO 2010129801 A1	11-11-2010	AUCUN	
US 2016313032 A1	27-10-2016	AUCUN	
EP 1289039 A2	05-03-2003	EP 1289039 A2	05-03-2003
		FR 2829069 A1	07-03-2003

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82