

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 40373 A1** (51) Cl. internationale : **F25B 49/04; F25B 30/04**

(43) Date de publication :
31.10.2017

(21) N° Dépôt :
40373

(22) Date de Dépôt :
06.11.2015

(30) Données de Priorité :
25.11.2014 FR 1461412

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/EP2015/075920 06.11.2015

(71) Demandeur(s) :
**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES, 25
rue Leblanc Bâtiment "Le Ponant D" F-75015 Paris (FR)**

(72) Inventeur(s) :
BONNOT, Sylvain

(74) Mandataire :
SABA & CO

(54) Titre : **MACHINE A ABSORPTION A COEFFICIENT DE PERFORMANCE OPTIMISE**

(57) Abrégé : Un système comprend une machine à absorption (10) et un circuit de commande (40) couplé à la machine à absorption (10) pour réguler la puissance utile

ABREGEMACHINE A ABSORPTION A COEFFICIENT DE PERFORMANCE OPTIMISE

- 5 Un système comprend une machine à absorption (10) et un circuit de commande (40) couplé à la machine à absorption (10) pour réguler la puissance utile Q_u de celle-ci sur une puissance utile demandée Q_u^d prédéterminée. Le circuit de commande (40) comporte :
- un capteur (28) délivrant une mesure T_e^m de la température de l'évaporateur (12) et un capteur (30) délivrant une mesure T_{ac}^m de la température de l'ensemble absorbeur/condenseur (14, 22) ;
 - 10 - une unité (46) calculant une consigne T_g^c pour la température du générateur (18) et une consigne N_{pompe}^c pour la vitesse de la pompe à solution (16) en fonction de la puissance Q_u^d , et des mesures de T_e^m et T_{ac}^m pour satisfaire :

$$(COP_{th}^{max}, Q_u^d) = f_{abso}(T_e^m, T_{ac}^m, T_g^c, N_{pompe}^c)$$

15

où COP_{th}^{max} est une valeur souhaitée d'un coefficient de performance COP_{th} de la machine, et f_{abso} est un modèle prédéterminé de la machine ;

- et un circuit de contrôle (48) appliquant la consigne N_{pompe}^c à la pompe (16) et la consigne T_g^c au générateur (18).

20

Figure 2

MACHINE A ABSORPTION A COEFFICIENT DE PERFORMANCE OPTIMISE

DOMAINE DE L'INVENTION

5 La présente invention concerne le domaine des machines à absorption, et plus particulièrement la commande de celles-ci.

ETAT DE LA TECHNIQUE

10 Une pompe à chaleur est un dispositif thermodynamique permettant de transférer de la chaleur depuis un milieu à basse température, vers un milieu à une température supérieure. La pompe peut fonctionner en tant que machine frigorifique si l'objectif est de refroidir le milieu à basse température, par exemple un réfrigérateur ou une unité de climatisation, ou en tant que système de chauffage si l'objectif est de réchauffer le milieu
15 à plus haute température, par exemple une pompe à chaleur pour le chauffage domestique. Le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur repose sur le changement d'état à différentes pressions (évaporation et condensation) d'un fluide frigorigène circulant entre le milieu le plus froid et le milieu plus chaud. Ce fluide frigorigène est mis en mouvement et comprimé à l'état de vapeur par un compresseur.

20 Une machine à absorption est une pompe à chaleur où la fonction du compresseur est réalisée par un cycle thermodynamique moteur utilisant une source de chaleur à plus haute température, par exemple issue de capteurs solaires thermiques, ou d'un brûleur à gaz. Ce cycle moteur utilise une pompe (système aspirant et refoulant à plus haute
25 pression un liquide) pour réaliser la compression et la mise en mouvement du fluide. La compression à l'état liquide par une pompe consomme beaucoup moins d'énergie que la compression à l'état vapeur. On parlera de source froide pour le milieu à basse température qui se refroidit, de source intermédiaire pour le milieu à température moyenne qui se réchauffe, et de source chaude pour l'énergie à haute température utilisée
30 pour la fonction de compression.

L'intérêt de la machine à absorption est d'avoir une consommation d'électricité beaucoup plus faible qu'une pompe à chaleur à compression de vapeur. En effet, la machine à absorption consomme, à la place d'une puissance électrique alimentant le compresseur,
35 une puissance électrique faible pour la pompe ainsi qu'une puissance thermique fournie par une source de chaleur à haute température (55-200°C) qui peut être issue d'énergies



renouvelables, ou de chaleur fatale issue de procédés industriels. Cette source de chaleur peut ainsi être de l'énergie solaire, de la cogénération, de la biomasse, de la géothermie...

5 Un des enjeux concernant les machines à absorption est de parvenir à des performances similaires à celles des pompes à chaleur à compression électrique en termes de performance énergétique et de régulation de la puissance utile qu'elles délivrent. Notamment, l'ajout d'une source chaude complexifie grandement le cycle thermodynamique du fluide frigorigène et multiplie les paramètres influençant ces performances.

10

Ainsi, les machines à absorption usuellement commercialisées ne disposent pas de système de régulation de leur puissance utile. Tout au plus, la commande de la puissance utile d'une machine à absorption se fait par une technique du « tout ou rien », c'est-à-dire en alternant les cycles de fonctionnement et d'arrêt de la machine. En raison des temps de démarrage et de stabilisation longs, une telle commande consomme beaucoup d'énergie, ce qui induit une faible performance énergétique. En outre, une telle commande ne permet pas d'ajuster correctement la puissance de la machine sur la puissance demandée par l'utilisateur. Par exemple pour une machine fonctionnant en tant que chauffage domestique, la température d'une pièce chauffée par la machine varie fortement autour de la température demandée par l'utilisateur. Pour pallier ces problèmes, différentes commandes pour une machine à absorption ont été étudiées.

15

Par exemple, le document de J. Fernandez Seara et al. (« *Study and control of the optimal generation temperature in NH_3-H_2O absorption refrigeration systems* », Applied Thermal Engineering 21, p343–357, 2001) décrit une commande de la température du générateur de la machine à absorption pour ajuster le coefficient COP_{th} de performance thermique de la machine. Toutefois, cette commande ne permet pas de contrôler de manière correcte la puissance utile fournie par la machine. Le document de J. Labus et al. (« *Inverse neural network based control strategy for absorption chillers* ». Renewable Energy », n° 39, p471–482, 2012) décrit quant à lui une commande de la puissance frigorifique d'une machine à absorption par variation de la température au générateur et/ou du débit et de la température à l'évaporateur. Toutefois, cette commande induit une performance énergétique dégradée.

25

30

35

De manière générale, les différentes commandes de l'état de la technique permettent soit de commander le coefficient de performance thermique, mais sans pouvoir commander la puissance utile fournie, soit de commander la puissance utile, mais avec une machine à absorption qui fonctionne avec une performance énergétique dégradée.

5

EXPOSE DE L'INVENTION

Le but de la présente invention est de résoudre le problème susmentionné en proposant une machine à absorption commandée, dont la commande permet de contrôler la performance de la machine et permet de fournir la puissance utile demandée par l'utilisateur.

A cet effet l'invention a pour objet un système comprenant une machine à absorption et un circuit de commande couplé à la machine à absorption pour réguler la puissance utile Q_u de celle-ci sur une puissance utile demandée Q_u^d prédéterminée, la machine à absorption comportant :

- un évaporateur, de température T_e et apte à échanger une puissance thermique Q_e avec son environnement ;
- un ensemble absorbeur/condenseur formé d'un absorbeur et d'un condenseur, de température T_{ac} et apte à échanger une puissance thermique Q_{ac} avec son environnement ;
- un générateur, de température T_g et apte à échanger une puissance thermique Q_g , la puissance thermique Q_g étant pilotable par la température T_g ; et
- une pompe rotative à solution, disposée entre l'absorbeur et le générateur et dont la vitesse de rotation N_{pompe} est pilotable;

Selon l'invention, le circuit de commande comporte :

- un capteur apte à produire une mesure T_e^m de la température T_e de l'évaporateur et un capteur apte à produire une mesure T_{ac}^m de la température T_{ac} de l'ensemble absorbeur/condenseur ;
- une unité de calcul apte à calculer une consigne T_g^c pour la température T_g du générateur et une consigne N_{pompe}^c pour la vitesse de rotation N_{pompe} de la pompe rotative à solution en fonction de puissance utile demandée Q_u^d , et des mesures de température T_e^m et T_{ac}^m de manière à satisfaire la relation :

35

$$(COP_{th}^{max}, Q_u^d) = f_{abso}(T_e^m, T_{ac}^m, T_g^c, N_{pompe}^c)$$

expression dans laquelle COP_{th}^{max} est une valeur souhaitée d'un coefficient de performance COP_{th} de la machine à absorption, et f_{abso} est un modèle de la machine à absorption prédisant le coefficient COP_{th} et la puissance utile Q_u en fonction des températures T_e , T_{ac} et T_g et de la vitesse de rotation N_{pompe} ;

- 5 - et un circuit de contrôle pour appliquer la consigne de vitesse N_{pompe}^c à la pompe rotative à solution et pour appliquer la consigne de température T_g^c au générateur.

En d'autres termes, en commandant conjointement la vitesse de la pompe rotative à solution et la température du générateur, et uniquement ces deux grandeurs, il est possible de contrôler, notamment d'optimiser, les performances énergétiques de la machine à absorption tout en commandant correctement la puissance utile que celle-ci délivre. Notamment, le coefficient est le coefficient de performance thermique dont il est possible de commander la valeur grâce à l'invention, par exemple maximiser celle-ci. Par ailleurs, la température de l'évaporateur, et la température de l'ensemble absorbeur/condenseur, qui sont usuellement des paramètres fixés par l'environnement de la machine, sont également directement pris en compte. En mettant à jour les consignes sur la vitesse de rotation de la pompe et sur la température du générateur, il est possible de rejeter les perturbations induites par une variation de ces températures depuis le dernier calcul des consignes.

20

Selon un mode de réalisation, l'unité de calcul comporte :

- une mémoire mémorisant le modèle f_{abso} selon la relation :

$$(COP_{th}, Q_u) = f_{abso}(T_e, T_{ac}, T_g, N_{pompe})$$

- 25 - et un circuit de calcul apte à rechercher les consignes de valeurs T_g^c et N_{pompe}^c en posant dans le modèle $T_e = T_e^m$ et $T_{ac} = T_{ac}^m$ et en faisant varier les variables du modèle T_g et N_{pompe} jusqu'à obtenir le couple de sorties du modèle $(COP_{th}, Q_u) = (COP_{th}^{max}, Q_u^d)$.

- 30 En d'autres termes, le circuit de commande embarque un modèle et utilise directement ce dernier pour le calcul des consignes, ce qui permet une commande plus précise.

Selon un mode de réalisation, l'unité de calcul comporte :

- 35 - une mémoire mémorisant des couples $\left(\begin{matrix} T_g^c \\ N_{pompe}^c \end{matrix} \right)$ de consignes T_g^c de température pour le générateur et de consigne N_{pompe}^c de vitesse de rotation pour la pompe

rotative à solution en fonction de triplets $\begin{pmatrix} T_e \\ T_{ac} \\ Q_u \end{pmatrix}$ de température de l'évaporateur T_e , de température de l'ensemble absorbeur/condenseur T_{ac} et de puissance utile Q_u ; et

- un circuit de calcul apte à sélectionner un couple de consigne $\begin{pmatrix} T_g^c \\ N_{pompe}^c \end{pmatrix}$ parmi les couples de consignes mémorisés en fonction du triplet $\begin{pmatrix} T_e^m \\ T_{ac}^m \\ Q_u^d \end{pmatrix}$.

5

En d'autres termes, le circuit de commande embarque des cartographies, tables ou abaques se fondant sur le modèle de prédiction, ce qui permet un calcul plus rapide des consignes.

10 Selon un mode de réalisation, le circuit de commande comporte un capteur apte à produire une mesure T_g^m de la température T_g du générateur, et le circuit de contrôle comporte un régulateur apte à commander la température T_g du générateur de manière à réguler la mesure de température T_g^m sur la consigne de température T_g^c .

15 En d'autres termes, une régulation de la température du générateur est mise en œuvre. Ceci permet de rejeter les perturbations sur la machine, notamment sur la température de l'évaporateur et la température de l'ensemble absorbeur/condenseur, entre deux instants de calcul des consignes sur la vitesse de rotation de la pompe et la température du générateur.

20

L'invention a également pour objet un système comprenant une machine à absorption et un circuit de commande couplé à la machine à absorption pour réguler la puissance utile Q_u de celle-ci sur une puissance utile demandée Q_u^d prédéterminée, la machine à absorption comportant :

- 25
- un évaporateur, de température T_e et apte à échanger une puissance thermique Q_e avec son environnement ;
 - un ensemble absorbeur/condenseur formé d'un absorbeur et d'un condenseur, de température T_{ac} et apte à échanger une puissance thermique Q_{ac} avec son environnement ;
- 30
- un générateur, de température T_g et apte à échanger une puissance thermique Q_g , la puissance thermique Q_g étant pilotable par la température T_g ; et
 - une pompe rotative à solution, disposée entre l'absorbeur et le générateur et dont la vitesse de rotation N_{pompe} est pilotable.

Selon l'invention, le circuit de commande comporte :

- un capteur apte à produire une mesure T_e^m de la température T_e de l'évaporateur et un capteur apte à produire une mesure T_{ac}^m de la température T_{ac} de l'ensemble absorbeur/condenseur ;
- 5 - une unité de calcul apte à calculer une consigne T_g^c pour la température T_g du générateur et une consigne N_{pompe}^c pour la vitesse de rotation N_{pompe} de la pompe rotative à solution en fonction de puissance utile demandée Q_u^d , et des mesures de température T_e^m et T_{ac}^m ;
- et un circuit de contrôle pour appliquer la consigne de vitesse N_{pompe}^c à la pompe rotative à solution et pour appliquer la consigne de température T_g^c au générateur.

En outre, le calcul mis en œuvre par l'unité de calcul (46) est sélectionné de manière à ce que :

- l'application des consignes N_{pompe}^c et T_g^c pour une température $T_e = T_e^m$ et une température $T_{ac} = T_{ac}^m$ conduit, en régime permanent, à une puissance utile Q_u de la machine à absorption égale à la puissance utile demandée Q_u^d et à une valeur COP_{th}^{max} du coefficient de performance thermique COP_{th} de la machine à absorption; et

- à partir du régime permanent établi pour une valeur $\begin{pmatrix} T_e^m \\ T_{ac}^m \\ T_g^c \\ N_{pompe}^c \end{pmatrix}$ du vecteur $P_F =$

- 20 $\begin{pmatrix} T_e \\ T_{ac} \\ T_g \\ N_{pompe} \end{pmatrix}$, une variation vecteur P_F entraîne, une fois un régime permanent atteint et

pour une puissance utile Q_u gardée constante et égale à Q_u^d , une valeur du coefficient de performance thermique COP_{th} de la machine à absorption inférieur ou égal à la valeur COP_{th}^{max} .

25

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en relation avec les dessins annexés dans lesquels :

- 30 - la figure 1 est une schématique d'une machine à absorption selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique d'un circuit de commande selon l'invention de la machine à absorption ;

- la figure 3 est une vue illustrant un algorithme de calcul selon l'invention de consignes de température de générateur et de vitesse de rotation de pompe rotative à solution ; et
- les figures 4A et 4B sont des tracés de puissance utile et de coefficient de performance thermique en fonction de la température du générateur et de la vitesse de rotation de la pompe rotative à solution de la machine à absorption.

DESCRIPTION DETAILEE DE L'INVENTION

- 10 La figure 1 représente de manière schématique un exemple de machine à absorption 10, dont les éléments décrits ci-après sont disposés en fonction du cycle thermodynamique du fluide frigorigène. En pratique, l'absorbeur et le condenseur échangent avec le même fluide de manière parallèle ou en série, et ont la même température en régime permanent.
- 15 La machine à absorption 10 comporte :
- a. un évaporateur 12. L'évaporateur 12 reçoit un fluide frigorigène liquide à basse pression, par exemple de l'ammoniac (NH_3), et évapore celui-ci en prélevant une puissance thermique Q_e à son environnement (usuellement appelé « source froide ») qui présente une température T_e . L'évaporateur 12 produit ainsi une vapeur de fluide frigorigène à basse pression.
 - 20 b. un absorbeur 14. L'absorbeur 14, qui reçoit la vapeur de fluide frigorigène produite par l'évaporateur 12, contient une solution comportant un absorbant du fluide frigorigène, par exemple de l'eau (H_2O) pour l'ammoniac. La vapeur de fluide frigorigène est alors absorbée par cette solution en rejetant une puissance Q_{ac}^1 vers son environnement (usuellement appelé « source intermédiaire ») qui présente une température $T_{ac} > T_e$. L'absorbeur 14 produit ainsi une solution d'absorbant enrichie en fluide frigorigène à basse pression;
 - 25 c. une pompe électrique 16, appelée « pompe à solution » 16, qui pompe la solution enrichie de l'absorbeur 14 tout en la compressant à haute pression;
 - 30 d. un générateur 18, disposé en sortie de la pompe 16. Le générateur 18 reçoit la solution enrichie à haute pression et chauffe cette dernière à une température $T_g > T_{ac}$ en prélevant une puissance thermique Q_g à son environnement (usuellement appelée « source chaude »), ce qui a pour effet d'évaporer le fluide frigorigène contenu dans la solution enrichie. Le générateur 18 génère ainsi une solution d'absorbant appauvrie en fluide frigorigène et une vapeur de fluide
 - 35

- e. un détendeur 20. Le détendeur 20 reçoit de l'absorbeur 18 la solution appauvrie à haute pression, détend celle-ci pour l'amener à la pression de la solution contenue dans l'absorbeur 14 et fournit la solution détendue à ce dernier ;
- f. un condenseur 22. Le condenseur 22 reçoit de l'absorbeur 18 la vapeur de fluide frigorigène à haute pression et la condense en rejetant une puissance thermique Q_{ac}^2 , à la source intermédiaire. Le condenseur 22 génère ainsi un fluide frigorigène liquide à haute pression; et
- g. un détendeur 24. Le détendeur 24 reçoit le fluide frigorigène liquide du condenseur 22 et le détend jusqu'à la pression de l'évaporateur 12 auquel il fournit le fluide détendu.

Les éléments décrits ci-dessus sont classiques et ne seront pas détaillés plus en détail par la suite. Ils forment ensemble les éléments minimaux constitutifs d'une machine à absorption, des éléments supplémentaires pouvant être ajoutés (rectifieur, économiseur, sous refroidisseur...) pour améliorer le fonctionnement de la machine.

Comme cela est connu en soit, l'évaporateur 12, le condenseur 22 et le détendeur 24 mettent conjointement en œuvre le cycle dit « frigorigène ». Par le changement d'état que subit le fluide frigorigène, le cycle frigorigène prélève de la chaleur au moyen de l'évaporateur et fournit de la chaleur au moyen du condenseur et de l'absorbeur. Lorsque la machine à absorption est utilisée en tant qu'unité de réfrigération, l'évaporateur est alors disposé dans la pièce que l'on souhaite refroidir. La puissance utile Q_u de la machine est alors la puissance thermique Q_e de l'évaporateur. Lorsque la machine à absorption est utilisée en tant que chauffage, le condenseur et l'absorbeur sont alors disposés dans la pièce que l'on souhaite chauffer. La puissance utile Q_u de la machine est alors la puissance thermique $Q_{ac} = Q_{ac}^1 + Q_{ac}^2$ de l'ensemble absorbeur/condenseur.

L'absorbeur 14, la pompe 16, le générateur 18 et le détendeur 20 mettent en œuvre conjointement un cycle dit « moteur », qui modifie le fluide frigorigène afin de la placer dans son état nécessaire au cycle frigorigène. La puissance consommée Q_{conso} pour le cycle moteur est donc le total de la puissance électrique W consommée par la pompe 16 et la puissance thermique Q_g consommée par le générateur 18. Les machines à absorption étant par nature conçues pour que $W \ll Q_g$, la puissance consommée est donc sensiblement égale à Q_g . Le coefficient $COP_{th} = \frac{Q_{conso}}{Q_u}$ de performance thermique de la machine à absorption est ainsi sensiblement égal à $\frac{Q_g}{Q_u}$.

Selon l'invention, la température T_g du générateur 18 et la vitesse de rotation N_{pompe} de la pompe 16, et donc la pression de la solution en sortie de la pompe 16, sont pilotables. La commande de la température T_g est classique. Par exemple, le générateur 18 est parcouru par une canalisation en serpentin dans laquelle circule de l'eau chaude, cette canalisation appartenant à un circuit secondaire 26 couplé par exemple à une énergie renouvelable (solaire, biomasse, géothermie...) pour chauffer l'eau. Ce circuit secondaire 26, qui fait partie de la machine à absorption, comporte une vanne trois voies de recirculation qui permet de réinjecter une partie de l'eau sortant du générateur vers l'entrée, permettant ainsi d'en abaisser la température. Cette vanne est par exemple pilotable en fonction d'une température demandée T_g^d pour le générateur 18. Bien entendu tout type de dispositif piloté réglant la température du générateur 18 convient.

La pompe à solution 16 est entraînée par un moteur électrique alimenté par un variateur de fréquence, ce qui permet de piloter sa vitesse de rotation N_{pompe}^d . Ce type de pompe est classique et ne sera donc pas décrit plus en détail.

Toujours selon l'invention, trois capteurs de température 28, 30, 32, par exemple des thermocouples, sont prévus pour mesurer respectivement la température T_e de la source froide, c'est à dire du fluide entrant dans l'évaporateur 12, la température T_{ac} de la source intermédiaire, c'est à dire du fluide entrant dans l'absorbeur 14 et le condenseur 22, et la température T_g de la source chaude, c'est à dire du fluide entrant dans le générateur 18. Les thermocouples sont par exemple insérés dans les tuyaux respectifs de l'évaporateur, du condenseur ou du générateur, ou en variante collés sur la paroi de ces tuyaux. En variante, ces thermocouples sont localisés dans le flux d'air, si la machine fonctionne en air.

En se référant à la figure 2, un circuit de commande 40 de la machine à absorption venant d'être décrite est à présent détaillé. Sur cette figure, la machine à absorption est représentée par le bloc 42 qui regroupe les éléments 12 à 26 décrits précédemment. Le circuit de commande 40 comporte les capteurs 28, 30, 32 délivrant les mesures T_e^m , T_{ac}^m et T_g^m des températures T_e , T_{ac} et T_g respectivement et un contrôleur 44.

Le contrôleur 44 reçoit les mesures T_e^m , T_{ac}^m et T_g^m , ainsi qu'une demande de puissance utile Q_u^d de la part de l'utilisateur de la machine à absorption et, le cas échéant, numérise ces entrées au moyen d'un convertisseur analogique/numérique (CAN) si celles-ci sont sous forme analogique. Le contrôleur 44 calcule alors les signaux de commande T_g^d et N_{pompe}^d du générateur 18 et de la pompe rotative 16 en fonction des entrées reçues et

délivre ces signaux, le cas échéant après leur conversion sous forme analogique au moyen d'un convertisseur numérique/analogique (CNA), au générateur 18 et à la pompe 16.

Plus particulièrement, le contrôleur 44 comporte une unité de calcul 46 qui :

- 5 - mémorise un modèle f_{abs} de la machine à absorption prédisant le coefficient COP_{th} et la puissance utile Q_u en fonction des températures T_e , T_{ac} et T_g et de la vitesse de rotation N_{pompe} lorsque la machine à absorption est en régime permanent, à savoir un modèle selon la relation

$$(COP_{th}, Q_u) = f_{abs}(T_e, T_{ac}, T_g, N_{pompe})$$

10

- met en œuvre un algorithme de recherche, sur la base du modèle f_{abs} mémorisé, d'une consigne de température T_g^c pour la température T_g du générateur 18 et d'une consigne de vitesse N_{pompe}^c pour la vitesse de rotation N_{pompe} qui satisfassent $Q_u = Q_u^d$ avec un coefficient COP_{th} maximal.

15

Le contrôleur 44 comporte également un circuit de contrôle 48 appliquant les valeurs calculées T_g^c et N_{pompe}^c en tant que consignes pour la machine à absorption. Notamment, lorsque la pompe rotative 16 est auto-régulée, la consigne N_{pompe}^c est directement appliquée en tant que signal de commande N_{pompe}^d . Dans une variante, le circuit de contrôle 48 comporte un régulateur 50, 52 qui régule la température du générateur T_g sur sa valeur de consigne T_g^c . Par exemple, le régulateur 50, 52 comporte un soustracteur 52 formant la différence $T_g^c - T_g^m$ entre la consigne de température T_g^c et la mesure de température T_g^m et un correcteur 52, par exemple un PID, qui produit le signal de commande T_g^d de manière à annuler la différence $T_g^c - T_g^m$. La régulation mis en œuvre par le régulateur 50, 52 est analogique ou numérique, la fréquence du régulateur dans la variante numérique étant supérieure à la fréquence de mise à jour des consignes T_g^c et N_{pompe}^c . La détermination et la mise en œuvre d'une telle loi de régulation est classique et ne sera donc pas détaillée plus en détails.

25

30 Ainsi, en régime permanent, établi pour les paramètres $\begin{pmatrix} T_e^m \\ T_{ac}^m \\ T_g^c \\ N_{pompe}^c \end{pmatrix}$ définissant le point de

fonctionnement P_F de la machine à absorption, la puissance utile de cette dernière s'établit, aux éventuelles erreurs de modélisation près, sur la puissance demandée Q_u^d tout en garantissant un coefficient COP_{th} optimal. Notamment, une variation du point de

fonctionnement P_F implique, pour une puissance utile constante, une dégradation du coefficient COP_{th} :

En se référant à la figure 3, l'algorithme de recherche mis en œuvre par l'unité de calcul 44 fonctionne par exemple de la manière suivante. Les températures de la source froide T_e et de la source intermédiaire T_{ac} étant imposées par l'environnement de la machine à absorption, elles sont donc posées respectivement égales aux mesures T_e^m et T_{ac}^m . L'algorithme de recherche parcourt alors un intervalle prédéfini $I_g = [T_g^{min}, T_g^{max}]$ de températures pour le générateur 18, avec un pas d'échantillonnage ΔT_g , et parcourt un intervalle prédéfini $I_{pompe} = [N_{pompe}^{min}, N_{pompe}^{max}]$ de vitesse de rotation de la pompe rotative 16, avec un pas d'échantillonnage ΔN_{pompe} . Notamment, la vitesse de la pompe 16 est limitée à une vitesse maximale et la vitesse de rotation de la pompe 16 est exprimée en pourcentage de cette vitesse. L'intervalle I_{pompe} est par exemple égal à [0, 100%] et le pas ΔN_{pompe} est par exemple égal à 1% de la vitesse maximale. L'intervalle I_g est quant à lui imposé par les caractéristiques de la machine à absorption et/ou est déterminé en fonction de la température mesurée de la source intermédiaire T_{ac}^m . On sait en effet que la température T_g du générateur 18 doit être supérieure à la température T_{ac} de la source intermédiaire pour que la machine à absorption puisse fonctionner. Ainsi l'intervalle de recherche peut être calculé I_g par l'unité de calcul 46 tel que $T_g^{min} > T_{ac}^m$, le pas ΔT_g étant par exemple égal à 1°C.

Ayant parcouru l'espace de recherche $I_g \times I_{pompe}$, l'unité de calcul 44 retient alors le couple (T_g^c, N_{pompe}^c) impliquant une puissance utile prédite par le modèle la plus proche, et de préférence égale, à la puissance utile demandée Q_u^d , et impliquant la plus grande valeur COP_{th}^{max} prédite pour le coefficient COP_{th} , à savoir le couple vérifiant :

$$(COP_{th}^{max}, Q_u^d) = f_{abso}(T_e^m, T_{ac}^m, T_g^c, N_{pompe}^c)$$

En se référant aux figures 4A et 4B, qui sont respectivement des tracées de puissance utile Q_u mesurée et de coefficient de performance thermique COP_{th} mesuré en fonction de la température du générateur T_g et de la vitesse de rotation N_{pompe} de la pompe d'une machine à absorption de test, on note la dépendance des grandeurs Q_u et COP_{th} en fonction des grandeurs T_g et N_{pompe} , et notamment le comportement sensiblement régulier, voire même monotone, de la puissance Q_u et du coefficient et du coefficient COP_{th} . Ce type de comportement, et donc le modèle f_{abso} , est aisément modélisable par des techniques usuelles du domaine de la simulation numérique, par exemple par un réseau de neurones.

Le mode de réalisation venant d'être décrit embarque un algorithme de recherche du couple de consignes (T_g^c, N_{pompe}^c) optimal en termes de puissance utile et de coefficient de performance thermique. Afin d'accélérer la détermination de ce couple, en variante l'unité de calcul 44 mémorise en ensemble de triplets $\begin{pmatrix} \hat{T}_e^m \\ \hat{T}_{ac}^m \\ Q_u^d \end{pmatrix}$, chacun associé à un couple

5 $\begin{pmatrix} T_g^c \\ N_{pompe}^c \end{pmatrix}$, tels que la relation $(COP_{th}^{max}, Q_u^d) = f_{abso}(\hat{T}_e^m, \hat{T}_{ac}^m, T_g^c, N_{pompe}^c)$ est vérifiée pour une valeur de coefficient COP_{th} maximale. Ces triplets et couples sont déterminés par exemple en usine et l'unité de calcul 44 choisit parmi les couples mémorisés $\begin{pmatrix} T_g^c \\ N_{pompe}^c \end{pmatrix}$ celui qui correspond au triplet $\begin{pmatrix} \hat{T}_e^m \\ \hat{T}_{ac}^m \\ Q_u^d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_e^m \\ T_{ac}^m \\ Q_u^d \end{pmatrix}$. Ceci permet notamment

10 d'utiliser des modèles de prédiction plus élaboré. Par contre, cela nécessite une unité de commande pourvue d'une grande mémoire informatique pour mémoriser suffisamment de couples et de triplets afin d'obtenir un maillage suffisamment précis de la température du générateur et de la vitesse de rotation de la pompe.

Dans une première variante, l'unité 44 calcule le couple de consigne (T_g^c, N_{pompe}^c) à

15 chaque démarrage de la machine à absorption et à chaque modification de la puissance utile demandée. Selon une seconde variante, l'unité 44 de calcul met également en œuvre un test de mise à jour du couple de consignes (T_g^c, N_{pompe}^c) . Notamment, l'unité 44 mémorise les valeurs des mesures T_e^m, T_{ac}^m et de la puissance Q_u^d ayant servi au dernier calcul du couple de consignes (T_g^c, N_{pompe}^c) , notées $T_e^m(k), T_{ac}^m(k)$ et $Q_u^d(k)$, et surveille

20 les mesures de températures T_e^m, T_{ac}^m et de la puissance utile demandée Q_u^d reçues en entrée. L'unité 44 teste notamment si le triplet d'entrée $\begin{pmatrix} T_e^m \\ T_{ac}^m \\ Q_u^d \end{pmatrix}$ s'écarte, au sens d'un critère prédéterminé, par exemple la distance euclidienne, du triplet mémorisé $\begin{pmatrix} T_e^m(k) \\ T_{ac}^m(k) \\ Q_u^d(k) \end{pmatrix}$, et si tel est le cas met en œuvre un nouveau calcul des consignes (T_g^c, N_{pompe}^c) . Selon une

25 troisième variante, l'unité 44 met à jour régulièrement ces consignes, par exemple toutes les 10 minutes.

Le contrôleur 44 comporte, outre d'éventuels CAN et CNA pour la conversion des entrées et des sorties, peut prendre n'importe quelle forme matérielle dès lors qu'il comporte des moyens de calcul (e.g. microprocesseur, microcontrôleur, etc) et de

30 mémorisation (RAM, ROM, etc) adaptés pour la mise en œuvre d'un calcul informatique.

Le contrôleur 44 peut également comporter une portion numérique, par exemple l'unité de calcul 46 et une portion analogique, par exemple le régulateur 50, 52.

5 Il a été décrit un mode de réalisation dans lequel la valeur maximale du coefficient de performance thermique est recherchée. En variante, l'utilisateur peut choisir une valeur inférieure à celle-ci s'il le désire. La procédure décrite ci-dessus reste alors valable.

De même, il a été décrit une modélisation en régime permanent. Bien entendu, l'invention s'applique également en régime transitoire, la fonction f_{abs} ou les
10 cartographies étant choisies dans ce sens.

De même il a été décrit le contrôle du coefficient de performance thermique COP_{th} . En variante, un autre critère de performance énergétique peut être choisi, par exemple l'inverse du coefficient COP_{th} , un coefficient composé du COP_{th} et d'une autre
15 puissance, le rendement énergétique, le rapport COP_{th} / COP_{carnot} , etc

De même, il a été décrit le contrôle de la puissance utile Q_u^d de la machine à absorption. Au sens de l'invention, le contrôle directe de la puissance utile tel que décrit précédemment est équivalent au contrôle d'une grandeur liée à la puissance utile et
20 permettant le contrôle indirecte de la puissance utile. Par exemple, la puissance utile se modélise selon la relation :

$$Q_u = m \times C_p \times (T_u^s - T_u^e)$$

expression dans laquelle m est le débit dans l'échangeur considéré (évaporateur si la
25 machine fonctionne en tant qu'unité de réfrigération, ensemble absorbeur/condenseur si la machine fonctionne en tant que chauffage), C_p est la capacité calorifique du fluide, T_u^s et T_u^e sont respectivement les températures du fluide en sortie et en entrée de l'échangeur considéré. La température T_u^e étant par exemple imposée par l'environnement, le contrôle de la température de sortie T_u^s permet donc le contrôle de la puissance utile Q_u .

30

REVENDICATIONS

1. Système comprenant une machine à absorption (10) et un circuit de commande (40) couplé à la machine à absorption (10) pour réguler la puissance utile Q_u de celle-ci sur une puissance utile demandée Q_u^d prédéterminée, la machine à absorption (10) comportant :
- un évaporateur (12), de température T_e et apte à échanger une puissance thermique Q_e avec son environnement ;
 - un ensemble absorbeur/condenseur (14, 22) formé d'un absorbeur (14) et d'un condenseur (22), de température T_{ac} et apte à échanger une puissance thermique Q_{ac} avec son environnement ;
 - un générateur (18), de température T_g et apte à échanger une puissance thermique Q_g , la puissance thermique Q_g étant pilotable par la température T_g ; et
 - une pompe rotative à solution (16), disposée entre l'absorbeur (14) et le générateur (18) et dont la vitesse de rotation N_{pompe} est pilotable;
- caractérisé* en ce que le circuit de commande (40) comporte :
- un capteur (28) apte à produire une mesure T_e^m de la température T_e de l'évaporateur (12) et un capteur (30) apte à produire une mesure T_{ac}^m de la température T_{ac} de l'ensemble absorbeur/condenseur (14, 22) ;
 - une unité de calcul (46) configurée pour calculer une consigne T_g^c pour la température T_g du générateur (18) et une consigne N_{pompe}^c pour la vitesse de rotation N_{pompe} de la pompe rotative à solution (16) en fonction de puissance utile demandée Q_u^d , et des mesures de température T_e^m et T_{ac}^m de manière à satisfaire la relation :

$$(COP_{th}^{max}, Q_u^d) = f_{abso}(T_e^m, T_{ac}^m, T_g^c, N_{pompe}^c)$$

- expression dans laquelle COP_{th}^{max} est une valeur souhaitée d'un coefficient de performance COP_{th} de la machine à absorption, et f_{abso} est un modèle de la machine à absorption prédisant le coefficient COP_{th} et la puissance utile Q_u en fonction des températures T_e , T_{ac} et T_g et de la vitesse de rotation N_{pompe} ;
- et un circuit de contrôle (48) configuré pour appliquer la consigne de vitesse N_{pompe}^c à la pompe rotative à solution (16) et configuré pour appliquer la consigne de température T_g^c au générateur (18).

2. Système selon la revendication 1, *caractérisé* en ce que l'unité de calcul (46) comporte :

- une mémoire mémorisant le modèle f_{abso} selon la relation :

$$(COP_{th}, Q_u) = f_{abso}(T_e, T_{ac}, T_g, N_{pompe})$$

5

- et un circuit de calcul configuré pour rechercher les consignes de valeurs T_g^c et N_{pompe}^c en posant dans le modèle $T_e = T_e^m$ et $T_{ac} = T_{ac}^m$ et en faisant varier les variables du modèle T_g et N_{pompe} jusqu'à obtenir le couple de sorties du modèle $(COP_{th}, Q_u) = (COP_{th}^{max}, Q_u^d)$.

10

3. Système selon la revendication 1, *caractérisé* en ce que l'unité de calcul (46) comporte :

- une mémoire mémorisant des couples $\begin{pmatrix} T_g^c \\ N_{pompe}^c \end{pmatrix}$ de consignes T_g^c de température pour le générateur et de consigne N_{pompe}^c de vitesse de rotation pour la pompe rotative à solution en fonction de triplets $\begin{pmatrix} T_e \\ T_{ac} \\ Q_u \end{pmatrix}$ de température de l'évaporateur T_e , de température de l'ensemble absorbeur/condenseur T_{ac} et de puissance utile Q_u ; et

15

- un circuit de calcul configuré pour sélectionner un couple de consigne $\begin{pmatrix} T_g^c \\ N_{pompe}^c \end{pmatrix}$ parmi les couples de consignes mémorisés en fonction du triplet $\begin{pmatrix} T_e^m \\ T_{ac}^m \\ Q_u^d \end{pmatrix}$.

20

4. Système selon la revendication 1, 2 ou 3, *caractérisé* en ce que le circuit de commande (40) comporte un capteur (32) apte à produire une mesure T_g^m de la température T_g du générateur (18), et en ce que le circuit de contrôle (48) comporte un régulateur (50, 52) configuré pour commander la température T_g du générateur (18) de manière à réguler la mesure de température T_g^m sur la consigne de température T_g^c .

25

5. Système comprenant une machine à absorption (10) et un circuit de commande (40) couplé à la machine à absorption pour réguler la puissance utile Q_u de celle-ci sur une puissance utile demandée Q_u^d prédéterminée, la machine à absorption (10) comportant :

30

- un évaporateur (12), de température T_e et apte à échanger une puissance thermique Q_e avec son environnement ;
- un ensemble absorbeur/condenseur (14, 22) formé d'un absorbeur (14) et d'un condenseur (22), de température T_{ac} et apte à échanger une puissance thermique Q_{ac} avec son environnement ;
- un générateur (18), de température T_g et apte à échanger une puissance thermique Q_g , la puissance thermique Q_g étant pilotable par la température T_g ;
- et
- une pompe rotative à solution (16), disposée entre l'absorbeur et le générateur et dont la vitesse de rotation N_{pompe} est pilotable ;

caractérisé en ce que le circuit de commande (40) comporte :

- un capteur (28) apte à produire une mesure T_e^m de la température T_e de l'évaporateur et un capteur (30) apte à produire une mesure T_{ac}^m de la température T_{ac} de l'ensemble absorbeur/condenseur ;
- une unité de calcul (46) configurée pour calculer une consigne T_g^c pour la température T_g du générateur (18) et une consigne N_{pompe}^c pour la vitesse de rotation N_{pompe} de la pompe rotative à solution (16) en fonction de puissance utile demandée Q_u^d , et des mesures de température T_e^m et T_{ac}^m ;
- et un circuit de contrôle (48) configuré pour appliquer la consigne de vitesse N_{pompe}^c à la pompe rotative à solution et configuré pour appliquer la consigne de température T_g^c au générateur,

et ce que le calcul mis en œuvre par l'unité de calcul (46) est sélectionné de manière à ce que :

- l'application des consignes N_{pompe}^c et T_g^c pour une température $T_e = T_e^m$ et une température $T_{ac} = T_{ac}^m$ conduit, en régime permanent, à une puissance utile Q_u de la machine à absorption égale à la puissance utile demandée Q_u^d et à une valeur COP_{th}^{max} du coefficient de performance thermique COP_{th} de la machine à absorption ; et

- à partir du régime permanent établi pour une valeur $\begin{pmatrix} T_e^m \\ T_{ac}^m \\ T_g^c \\ N_{pompe}^c \end{pmatrix}$ du vecteur

$P_F = \begin{pmatrix} T_e \\ T_{ac} \\ T_g \\ N_{pompe} \end{pmatrix}$, une variation vecteur P_F entraîne, une fois un régime

permanent atteint et pour une puissance utile Q_u gardée constante et égale à Q_u^d , une valeur du coefficient de performance thermique COP_{th} de la machine à absorption inférieur ou égal à la valeur COP_{th}^{max} .

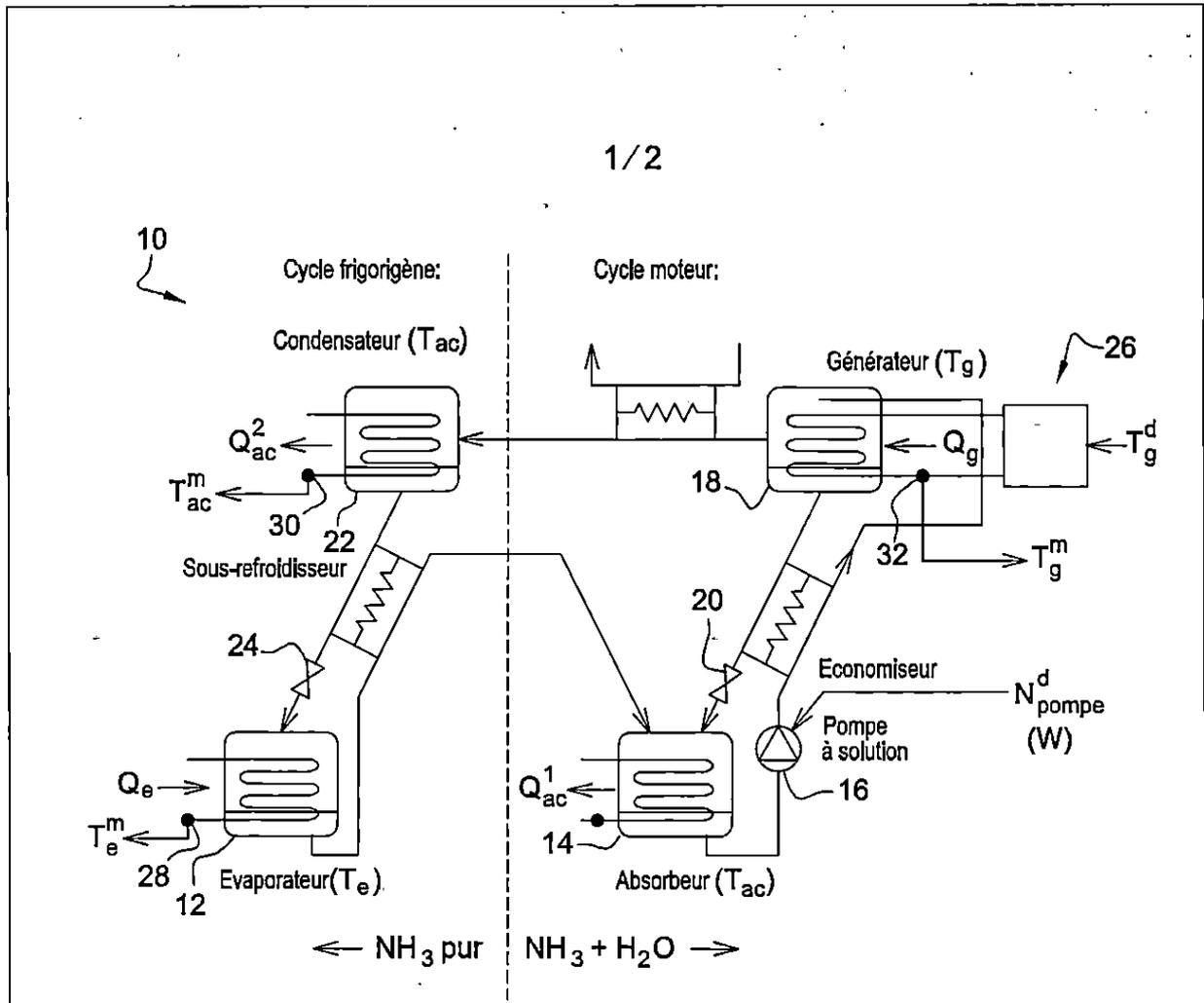


Fig. 1

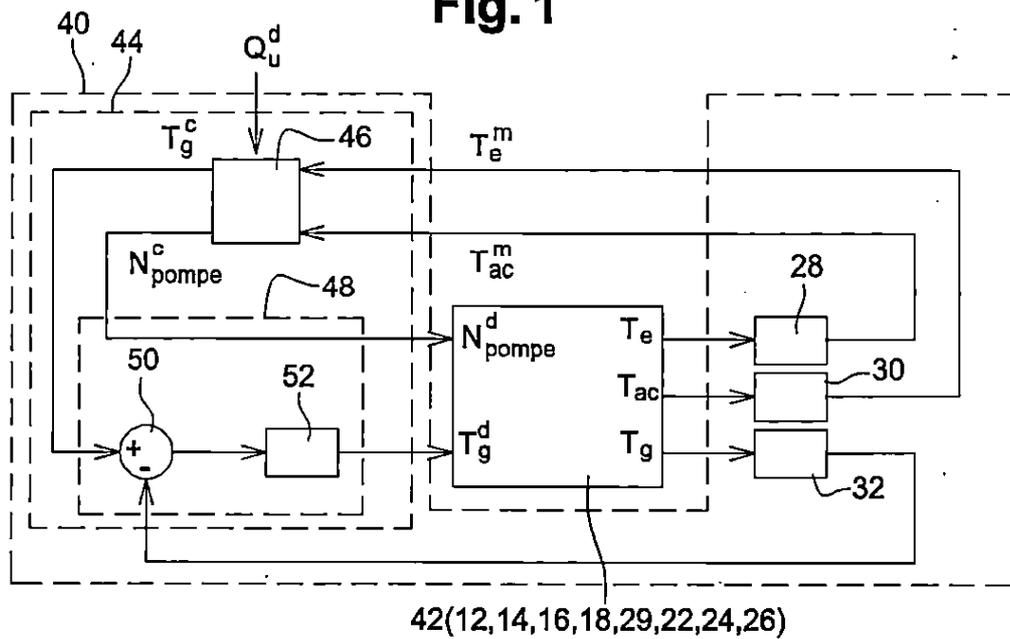


Fig. 2

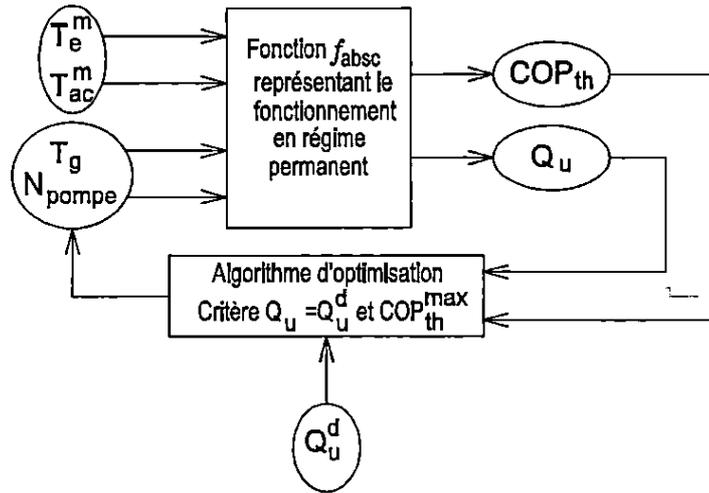


Fig. 3

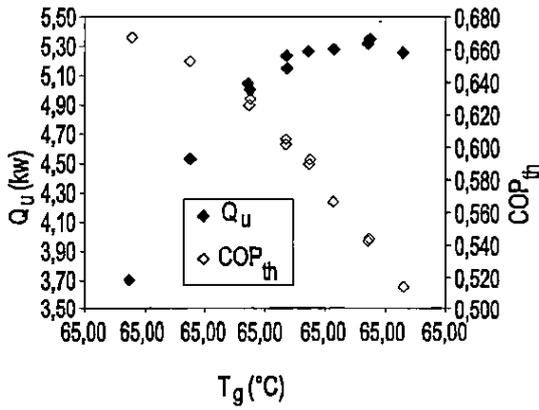


Fig. 4A

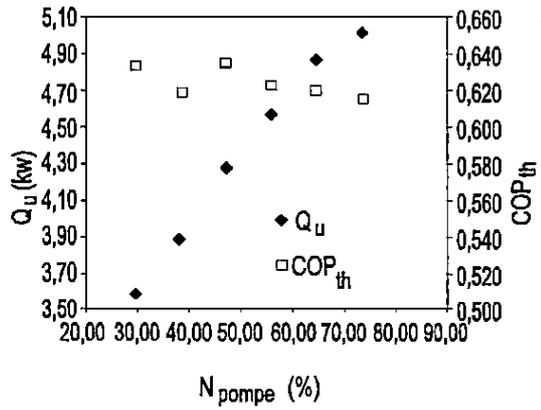


Fig. 4B



**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et
complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande

N° de la demande : 40373

Date de dépôt : 06/11/2015

Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES

Date d'entrée en phase nationale : 25/05/2017

Date de priorité: 25/11/2014

Intitulé de l'invention : MACHINE A ABSORPTION A COEFFICIENT DE PERFORMANCE
OPTIMISE

Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <http://worldwide.espacenet.com>, et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales

- Cadre 1 : Base du présent rapport
 Cadre 2 : Priorité
 Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

Partie 2 : Rapport de recherche

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

- Cadre 4 : Remarques de clarté
 Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle
 Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée
 Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention

Examineur: M. EL KINANI

Date d'établissement du rapport: 13/09/2017

Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00



Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
13 Pages
- Revendications
5
- Planches de dessin
2 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : F25B49/04, F25B30/04

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

EPOQUE, Orbit

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	WO8203265 ; VAILLANT JOH GMBH & CO [DE]; 30/09/1982	1-5
A	US4164128; BORG WARNER [US]; 14/08/1979	1-5

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté (N)	Revendications 1-5 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-5 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-5 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : WO8203265

1. Nouveauté (N) :

Aucun document de l'état de la technique considéré ne divulgue un système comprenant une machine à absorption (figure 1) et un circuit de commande (12) couplé à la machine à absorption pour réguler la puissance utile Q_u de celle-ci sur une puissance utile demandée Q_u^d u prédéterminée tel que décrit par les revendications 1 et 5 de la présente demande.

D'où l'objet des revendications indépendantes 1 et 5 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 2-4 est également nouveau.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue (les références entre parenthèses s'appliquent au présent document) un système comprenant une machine à absorption (figure 1) et un circuit de commande (12) couplé à la machine à absorption pour réguler la puissance utile Q_u de celle-ci sur une puissance utile demandée Q_u^d u prédéterminée, la machine à absorption comportant:

- un évaporateur (17), de température T_e et apte à échanger une puissance thermique Q_e avec son environnement (18);
- un ensemble absorbeur/condenseur (20, 13) formé d'un absorbeur (20) et d'un condenseur (13), de température T_{ac} et apte à échanger une puissance thermique Q_{ac} avec son environnement (22, 24);
- un générateur (1), de température T_g et apte à échanger une puissance thermique Q_g , la puissance thermique Q_g étant pilotable par la température T_g ; et
- une pompe rotative à solution (23), disposée entre l'absorbeur (20) et le générateur (1) et dont la vitesse de rotation N_{pompe} est pilotable (34, 35);

le circuit de commande (12) comportant:

- un capteur (dernier paragraphe de la description pour le cas de changement de la température ambiante) apte à produire une mesure T_e^m de la température T_e de l'évaporateur et un capteur (10) apte à produire une mesure T_{ac}^m de la température T_{ac} de l'ensemble absorbeur/condenseur (20, 13);
- une unité de calcul (12) configurée pour calculer une consigne T_g^c pour la température T_g du générateur (2) et une consigne N_{pompe}^c pour la vitesse de rotation N_{pompe} de la pompe rotative à solution (23) en fonction de puissance utile demandée Q_u^d , et des mesures de température T_e^m et T_{ac}^m ; et
- un circuit de contrôle (12) configurée pour appliquer la consigne de vitesse N_{pompe}^c à la pompe rotative à solution (23) et pour appliquer la consigne de température T_g^c au générateur (1).

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce système connu en ce que l'unité de calcul (12) est configurée pour calculer de manière à satisfaire la relation :

$(COP_{th}^{max}, Q_u^d) = f_{abso}(T_e^m, T_{ac}^m, T_g^c, N_{pompe}^c)$, expression dans laquelle COP_{th}^{max} est une valeur souhaitée d'un coefficient de performance COP_{th} de la machine à absorption, et f_{abso} est un modèle de la machine à absorption prédisant le coefficient COP_{th} et la puissance utile Q_u en fonction des températures T_e , T_{ac} et T_g et de la vitesse de rotation N_{pompe} .

Le problème technique objectif que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme un contrôle qui permet de réduire la consommation énergétique du système.

La solution à ce problème, proposée dans la revendication 1 de la présente demande, est considérée comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, pour les raisons suivantes :

La considération du coefficient de performance d'une machine à absorption a pour effet d'essayer d'atteindre le coefficient de performance maximum afin de réduire la consommation énergétique du système. Pour délivrer la puissance utile demandée il faut considérer le coefficient de performance maximum faisable. De manière générale, les différentes commandes de l'état de la technique permettent soit de commander le coefficient de performance thermique, soit de commander la puissance thermique utile. La mesure de la température de l'évaporateur mentionnée dans le dernier paragraphe de la description du document D1 pour le cas de changement de la température ambiante n'est pas considérée pour le calcul du coefficient de performance thermique. En plus aucune relation f_{abso} entre le coefficient de performance thermique et les paramètres Q_u , T_e , T_{ac} et T_g et N_{pompe} n'est mentionnée. Départant du contenu du document D1, l'homme du métier n'arriverait pas à l'objet de la revendication 1 sans faire preuve d'activité inventive.

Les revendications 2-4 dépendent de la revendication 1 et satisfont donc également, en tant que telles, aux exigences de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 en matière d'activité inventive.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.