

(19)



(11)

EP 2 827 068 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
21.01.2015 Bulletin 2015/04

(51) Int Cl.:
F24D 11/02 (2006.01) **F25B 7/00** (2006.01)
F25B 25/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13306044.2**

(22) Date de dépôt: **19.07.2013**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

- **Scheidt, Guillaume**
67240 Kurtzenhouse (FR)
- **Vacher, Sébastien**
67580 Mertzwiller (FR)

(71) Demandeur: **BDR Thermea Group**
67580 Mertzwiller (FR)

(74) Mandataire: **Littolff, Denis**
Meyer & Partenaires
Conseils en Propriété Industrielle
4, rue de Dublin
67300 Schiltigheim (FR)

(72) Inventeurs:
• **Blettner, Julian**
67100 Strasbourg (FR)

(54) Pompe à chaleur en cascade

(57) Pompe à chaleur destinée à alimenter en eau chaude un réseau de chauffage et comportant deux pompes à chaleur constituant deux circuits hydrauliques (P1, P2) couplés en cascade, un premier circuit hydraulique pour les températures les plus basses et un second circuit hydraulique pour les températures les plus hautes, chacun comportant un évaporateur (1, 5) et un condenseur (2, 6) séparés d'une part par un compresseur (3, 7) localisé entre la sortie du secondaire de l'évaporateur (1, 5) et l'entrée du primaire du condenseur (2, 6) et d'autre part par un détendeur (4, 8) placé entre la sortie du pri-

maire du condenseur (2, 6) et l'entrée du secondaire de l'évaporateur (1, 5).

Cette pompe est caractérisée en ce que le secondaire du condenseur (2) du premier circuit (P1) est relié en parallèle au réseau de chauffage et au primaire de l'évaporateur (5) du second circuit (P2) dont la sortie est également reliée au réseau de chauffage, une cuve (9, 13) ainsi que des moyens de sélection (11) du réseau de chauffage ou du second circuit (P2) étant disposés entre les deux circuits hydrauliques (P1, P2).

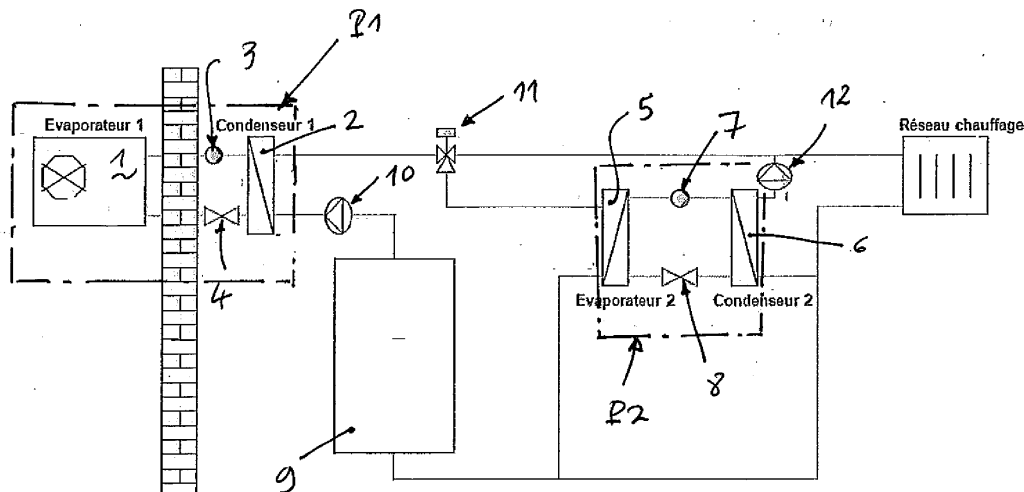


Figure 1

EP 2 827 068 A1

Description

[0001] La présente invention s'applique au domaine technique des pompes à chaleur et elle a plus spécifiquement trait à une pompe à chaleur destinée à produire de l'eau à haute température, c'est-à-dire aux alentours de 80°C, y compris pour un fonctionnement à température extérieure de l'ordre de - 15°C.

[0002] La production d'eau chaude par pompe à chaleur répond à un besoin qui s'exprime avec force de nos jours, celui d'utiliser des énergies renouvelables, auxquelles notre avenir semble conditionné et qui sont économiquement intéressantes pour les particuliers. A l'inverse, les énergies traditionnelles notamment à base de combustibles fossiles, outre les nombreux inconvénients qu'elles posent en termes d'environnement, n'ont plus qu'un avenir limité du fait de leur épuisement programmé, et verront probablement de ce fait leur prix s'envoler à mesure de leur raréfaction.

[0003] Pour la production d'eau chaude, autant sanitaire que pour des besoins de chauffage, les pompes à chaleur constituent une alternative intéressante tant du point de vue économique que selon une approche environnementale. L'une des questions qui subsistent est liée à leur capacité à produire de l'eau très chaude notamment en vue de les adapter aux systèmes de chauffage actuels, afin qu'elles puissent s'imposer comme une solution de remplacement crédible. Ainsi, à ce jour, beaucoup d'installations de chauffage sont prévues pour fonctionner avec de l'eau à régime et température élevés, pouvant aller jusqu'à 80°C comme mentionné, ce que ne permettent pas la plupart des pompes à chaleur classiques. Sous nos climats, les pompes à chaleur les plus couramment installées à l'appui de systèmes de chauffage sont des pompes air/eau, par conséquent tributaires des températures extérieures, et qui perdent de leur capacité à produire de l'eau à température élevée aux périodes où une telle production est pourtant requise.

[0004] L'objectif assigné à la pompe à chaleur de la présente invention est la production d'eau à haute température même lorsque les conditions extérieures sont sévères en termes de froid. Corrélativement, cette puissance calorifique doit être constante, afin de pouvoir substituer une pompe à chaleur à une chaudière classique.

[0005] Il existe certes déjà des pompes à chaleur à haute température, c'est-à-dire capables de produire de l'eau à la température précitée. Ainsi en est-il des pompes à chaleur qui utilisent un cycle à compression de vapeur mono-étagé, qui permettent en théorie de produire de l'eau à 80°C, mais avec un coefficient de performance qui se dégrade lorsque la température de l'eau augmente, et/ou pour une température d'air extérieur pas trop froide, la puissance calorifique disponible étant fortement tributaire de la température de la source froide. L'un des inconvénients principaux de ce type de pompes à chaleur réside dans la propension de la température de refoulement, au niveau du compresseur, à atteindre

rapidement des valeurs élevées, ce qui n'est acceptable ni pour les composants, ni pour l'huile, ni pour le fluide frigorigène.

[0006] Les solutions qui ont été proposées pour résoudre ce problème sont principalement de deux ordres. L'utilisation d'un cycle à injection de vapeur, qui consiste à refroidir les gaz lors de la compression pour permettre au compresseur d'atteindre des pressions plus élevées sans atteindre la température de refoulement maximale, est une possibilité. Le refroidissement des gaz est obtenu par un mélange liquide-vapeur issu de la détente du fluide frigorigène liquide en sortie du condenseur pour l'amener à une pression intermédiaire. Le liquide est refroidi par ce mélange en sortie du condenseur, et se réchauffe jusqu'à devenir vapeur. C'est cette vapeur qui, injectée au compresseur, refroidit les gaz comprimés. Cette technologie permet en pratique d'atteindre des températures de l'ordre de 65°C, par conséquent insuffisantes par rapport aux objectifs fixés auparavant pour l'invention.

[0007] Il a également été imaginé d'utiliser des cycles au CO₂, matériau qui a la particularité de posséder une température critique de l'ordre de 30°C (pour une pression de l'ordre 74 bars) et un cycle transcritique puisqu'il se situe en partie au-dessus dudit point critique. Le fluide frigorigène est comprimé, puis refroidi dans un refroidisseur de gaz dans lequel il entre à une température d'environ 120°C pour une pression de l'ordre de 110 bars. Il est ensuite détendu puis évaporé pour compléter le cycle. Le problème des pompes à chaleur qui obéissent à ce cycle est qu'elles sont plus onéreuses que celles qui sont construites à partir d'autres technologies de pompe à chaleur.

[0008] Une alternative également connue est d'utiliser un cycle dit en cascade, réalisé en pratique par deux circuits hydrauliques implémentant chacun le cycle habituel des pompes à chaleur, et disposés l'un à la suite de l'autre, le premier fonctionnant à des températures plus basses que le second. C'est cette technologie qui a été retenue pour la présente invention.

[0009] En substance, la pompe à chaleur de l'invention est constituée de deux pompes à chaleur successives constituant deux circuits hydrauliques distincts, la première permettant d'obtenir de l'eau à une température au maximum de l'ordre de 55°C, et la seconde, en cascade avec la première, permettant d'atteindre une température d'au moins 80°C. La première pompe à chaleur étant de type air/eau alors que la seconde est du type eau/eau, le problème résolu par l'invention réside dans la réalisation pratique de leur couplage et/ou plus généralement dans la gestion de leur association, sachant que la pompe à chaleur globale de l'invention doit pouvoir transmettre l'énergie produite par le premier circuit hydraulique au réseau de chauffage lorsque la consigne sur l'eau de chauffage est inférieure à 55°C, alors que l'énergie produite par le premier circuit doit être transmise au second circuit lorsque la consigne sur l'eau de chauffage est supérieure à 55°C. Il doit par ailleurs être possible de fournir de l'énergie au premier circuit hydraulique

lors de son cycle de dégivrage, sachant que dans certaines conditions, une couche de glace peut se former entre les ailettes de l'échangeur extérieur des pompes à chaleur air/eau, diminuant ainsi leur efficacité. Pour procéder au dégivrage, le compresseur de la pompe à chaleur doit inverser son cycle pour que l'échangeur à ailettes devienne condenseur et cesse d'être un évaporateur, afin de réchauffer les ailettes et donc de le dégivrer. Lors de cette phase intermédiaire, le condenseur intérieur devient par conséquent évaporateur, ce qui signifie qu'il faut lui apporter l'énergie pour que le dégivrage puisse s'effectuer.

[0010] Or, dans l'association de deux pompes à chaleur en cascade, l'utilisation d'un échangeur évapo-condenseur médian répond aux fonctions principales demandées à l'élément de liaison entre les deux circuits hydrauliques associés, mais ne permet pas de fournir l'énergie nécessaire au dégivrage du groupe extérieur ; ni d'assurer l'inertie thermique apte à réaliser en pratique l'interfaçage entre les deux circuits hydrauliques.

[0011] L'invention consiste à titre principal en ce que les deux circuits hydrauliques formés des deux pompes à chaleur en cascade sont reliés par un circuit d'eau intermédiaire comportant un volume d'eau tampon. Concrètement, selon l'invention, le secondaire du condenseur du premier circuit est relié en parallèle au réseau de chauffage et au primaire de l'évaporateur du second circuit dont la sortie est également reliée au réseau de chauffage, une cuve ainsi que des moyens de sélection du réseau de chauffage ou du second circuit étant disposés entre les deux circuits hydrauliques.

[0012] Ce circuit intermédiaire, et plus particulièrement la cuve qui fait office de volume tampon, sert notamment au stockage de l'énergie requise pour le dégivrage. Il confère également l'inertie souhaitée entre les deux circuits, permettant la compensation des variations de puissance de la première pompe à chaleur, fonctionnant à plus basse température. L'objectif est en réalité d'absorber les éventuelles variations au niveau du groupe extérieur, dans ladite pompe à chaleur constituant le premier circuit hydraulique. Il offre de plus la possibilité d'utiliser seulement le « premier étage », c'est-à-dire le premier circuit hydraulique, pour chauffer l'eau et la fournir au réseau de chauffage, ce qui n'est pas possible sans l'existence de ce circuit intermédiaire.

[0013] Selon une possibilité, les moyens de sélection peuvent consister en une vanne trois voies placée à l'un des embranchements des dérivations parallèles vers le primaire de l'évaporateur du second circuit et le réseau de chauffage.

[0014] Cette vanne trois voies contrôle en pratique une possibilité de dérivation directe vers le réseau de chauffage, sans recourir à la totalité des moyens du système. Elle permet en effet de répondre à une des contraintes fixées initialement, à savoir la possibilité pour la pompe à chaleur de l'invention d'alimenter le circuit de chauffage directement en sortie du premier circuit hydraulique, si la température de 55°C produite en sortie de ce dernier

est considérée comme suffisante pour répondre à la consigne.

[0015] Selon une première variante possible, la cuve du circuit intermédiaire peut consister en une cuve formant ballon tampon, qui est placée entre la sortie du primaire de l'évaporateur du second circuit et l'entrée du secondaire du condenseur du premier circuit. Dans cette hypothèse, le ballon utilisé peut être un simple ballon tampon tel que classiquement commercialisé.

[0016] L'invention comporte également une seconde variante, dans laquelle la cuve consiste en une bouteille de découplage implantée entre le secondaire du condenseur du premier circuit hydraulique et le primaire de l'évaporateur du second circuit hydraulique. Dans une telle solution, le débit d'eau dans le condenseur du premier circuit peut être différent de celui de l'évaporateur du second circuit, ce qui n'est pas le cas dans la solution utilisée dans la variante précédente.

[0017] De préférence, dans les deux variantes, au moins une pompe de recirculation peut être disposée entre les deux circuits hydrauliques, par exemple interposée entre la cuve et l'entrée du secondaire du condenseur du premier circuit.

[0018] Selon une possibilité additionnelle, une autre pompe de circulation peut être placée entre la sortie du secondaire du condenseur du second circuit et le réseau de chauffage.

[0019] Pour assurer au mieux la circulation correcte de l'eau, une pompe de circulation peut enfin également être placée entre la sortie du primaire de l'évaporateur du second circuit et la bouteille de découplage, dans la variante qui est basée sur la bouteille de découplage.

[0020] L'invention va à présent être décrite au moyen des figures disposées en annexe, pour lesquelles :

- la figure 1 est une représentation schématique de la première variante d'une pompe à chaleur à haute température selon la présente invention, dans sa version à ballon tampon interfaçant la première pompe à chaleur ou premier circuit hydraulique et la seconde pompe à chaleur ou second circuit hydraulique ; et
- la figure 2 est une représentation schématique d'une seconde version comportant un circuit hydraulique intermédiaire basé sur une bouteille de découplage.

[0021] En référence à la figure 1, la pompe à chaleur à haute température de l'invention est en réalité constituée de deux pompes à chaleur (P1) et (P2) (ou circuits hydrauliques) disposées en cascade. La première pompe à chaleur (P1) est une pompe à chaleur air/eau, monobloc ou non, dont l'évaporateur (1) est situé à l'extérieur du bâtiment, symbolisé par le mur de briques. Cet évaporateur est relié de manière classique à un condenseur (2) via d'une part un compresseur (3) et d'autre part un détendeur (4). De même, la deuxième pompe à chaleur (P2), qui est en l'occurrence une pompe à chaleur eau/eau, se compose d'un évaporateur (5) relié à un con-

denseur de sortie (6) via d'une part un compresseur (7) et d'autre part un détendeur (8).

[0022] Le circuit intermédiaire de la version apparaissant en figure 1 est basé sur un ballon tampon (9) disposé entre lesdites deux pompes à chaleur (P1, P2), ce ballon (9) étant relié à l'entrée du secondaire du condenseur (2) du premier circuit hydraulique (P1) via une pompe de circulation (10). Ce ballon tampon (9) présente par exemple une contenance de l'ordre de 150 litres, et est alimenté par de l'eau obtenue en sortie du primaire de l'évaporateur (5) du second circuit hydraulique (P2) ainsi que par les conduites de retour du réseau de chauffage.

[0023] Une vanne trois voies (11) permet de raccorder directement ledit réseau du chauffage à la sortie du secondaire du condenseur (2) du premier circuit hydraulique (P1), si la température de l'eau d'alimentation du réseau de chauffage ne doit pas être supérieure à 55°C. A l'inverse, lorsque le besoin en température de l'eau alimentant ledit réseau de chauffage est supérieur, la vanne trois voies (11) raccorde la sortie du secondaire du condenseur (2) au circuit disposé en parallèle, et plus précisément à l'entrée du primaire de l'évaporateur (5) du second circuit de chauffage (P2), pour ajouter un étage de chauffage permettant de produire *in fine* de l'eau à température correcte par rapport à la consigne de chauffage. Cette vanne trois voies (11) pourrait cependant aussi être disposée à l'autre embranchement desdits circuits parallèles, en amont de la cuve (9).

[0024] Une pompe de circulation (12) est prévue en amont du réseau de chauffage, et en sortie du secondaire du condenseur (6) du second circuit hydraulique (P2). La fonction du circuit d'eau intermédiaire constitué à titre principal du ballon tampon (9) est d'apporter l'inertie thermique souhaitée entre les deux circuits, afin d'absorber les éventuelles variations au niveau de la pompe à chaleur air/eau (P1), formant en l'occurrence le circuit hydraulique soumis aux variations de la température extérieure.

[0025] Ce circuit intermédiaire permet également, comme mentionné auparavant, de fournir de l'énergie au premier circuit hydraulique (P1) lors de son cycle de dégivrage, au cours duquel le cycle de fonctionnement est inversé : le condenseur (2) devient évaporateur alors que l'évaporateur (1) devient condenseur de manière à réchauffer les ailettes de l'échangeur qui le constitue en pratique. Les températures en sortie du primaire de l'évaporateur (5) et en entrée du secondaire du condenseur (2) du premier circuit hydraulique (P1) sont sensiblement égales à la température de l'eau qui est contenue dans le ballon tampon (9), lorsque celui-ci joue son rôle de garant de l'inertie.

[0026] En référence à la figure 2, qui illustre la seconde variante de l'invention qui est décrite, les mêmes composants, lorsqu'ils s'y retrouvent, comportent les mêmes références numériques que dans la variante de la figure 1. La différence majeure entre la figure 2 et la figure 1 réside bien entendu dans le remplacement du ballon tampon (9) de la figure 1 par une bouteille de découplage

(13) faisant l'interface entre le premier circuit hydraulique ou pompe à chaleur air/eau (P1) et le second circuit hydraulique ou pompe à chaleur interne eau/eau (P2).

[0027] Cette variante répond également aux besoins d'interfaçages entre les deux pompes à chaleur en cascade tels qu'identifiés comme devant être des fonctions assurées par l'élément de liaison, l'une des différences étant que le débit d'eau dans le condenseur (2) du premier circuit hydraulique (P1) peut dans ce cas être différent du débit d'eau dans l'évaporateur (5) du second circuit hydraulique (P2), ce qui n'est pas possible dans la solution de la figure 1 à ballon tampon (9). Dans cette première variante, le débit d'eau est constant dans la totalité du circuit intermédiaire interposé entre les deux pompes à chaleur en cascade, et il n'y a qu'une seule pompe de circulation (10). Dans la version de la figure 2 à bouteille de découplage (13), il peut en fait exister une autre pompe de circulation (14) placée entre la sortie du primaire de l'évaporateur (5) du second circuit hydraulique (2) et la bouteille de découplage (13).

[0028] La description ci-dessus reflète les exemples illustrés aux figures 1 et 2 et n'a pas valeur exhaustive, les modifications mineures de forme et de constitution étant intégrées à l'invention.

Revendications

1. Pompe à chaleur destinée à alimenter en eau chaude un réseau de chauffage et comportant deux pompes à chaleur constituant deux circuits hydrauliques (P1, P2) couplés en cascade, un premier circuit hydraulique pour les températures les plus basses et un second circuit hydraulique pour les températures les plus hautes, chacun comportant un évaporateur (1, 5) et un condenseur (2, 6) séparés d'une part par un compresseur (3, 7) localisé entre la sortie du secondaire de l'évaporateur (1, 5) et l'entrée du primaire du condenseur (2, 6) et d'autre part par un détendeur (4, 8) placé entre la sortie du primaire du condenseur (2, 6) et l'entrée du secondaire de l'évaporateur (1, 5), **caractérisée en ce que** le secondaire du condenseur (2) du premier circuit (P1) est relié en parallèle au réseau de chauffage et au primaire de l'évaporateur (5) du second circuit (P2) dont la sortie est également reliée au réseau de chauffage, une cuve (9, 13) ainsi que des moyens de sélection (11) du réseau de chauffage ou du second circuit (P2) étant disposés entre les deux circuits hydrauliques (P1, P2).
2. Pompe à chaleur à deux circuits hydrauliques (P1, P2) couplés en cascade selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** les moyens de sélection consistent en une vanne trois voies (11) placée à l'un des embranchements des dérivations parallèles vers le primaire de l'évaporateur (5) du second circuit (P2) et le réseau de chauffage.

3. Pompe à chaleur à deux circuits hydrauliques (P1, P2) couplés en cascade selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** ladite cuve consiste en un ballon tampon (9) placé entre la sortie du primaire de l'évaporateur (5) du second circuit (P2) et l'entrée du secondaire du condenseur (2) du premier circuit (P1). 5
4. Pompe à chaleur à deux circuits hydrauliques (P1, P2) couplés en cascade selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** ladite cuve consiste en une bouteille de découplage (13) implantée entre le secondaire du condenseur (2) du premier circuit (P1) et le primaire de l'évaporateur (5) du second circuit (P2). 10 15
5. Pompe à chaleur à deux circuits hydrauliques (P1, P2) couplés en cascade selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**au moins une pompe de recirculation (10) est disposée entre les deux circuits hydrauliques (P1, P2), par exemple interposée entre la cuve (9, 13) et l'entrée du secondaire du condenseur (2) du premier circuit (P1). 20
6. Pompe à chaleur à deux circuits hydrauliques (P1, P2) couplés en cascade selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**une pompe de recirculation (12) est placée entre la sortie du secondaire du condenseur (6) du second circuit (P2) et le réseau de chauffage. 25 30
7. Pompe à chaleur à deux circuits hydrauliques (P1, P2) couplés en cascade selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisée en ce qu'**une pompe de recirculation (14) est placée entre la sortie du primaire de l'évaporateur (5) du second circuit (P2) et la bouteille de découplage (13). 35

40

45

50

55

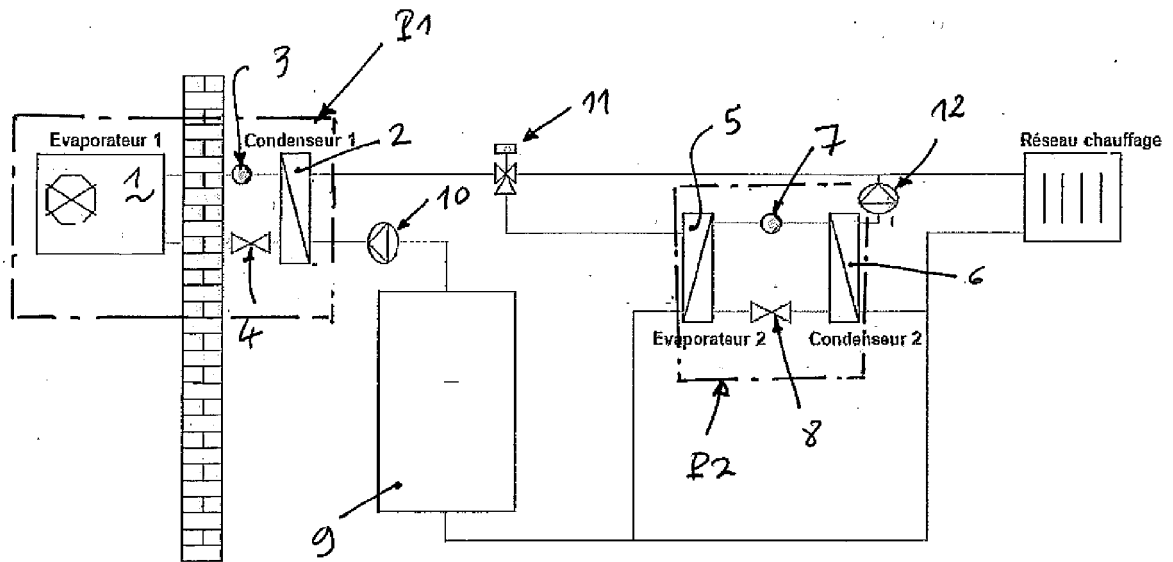


Figure 1

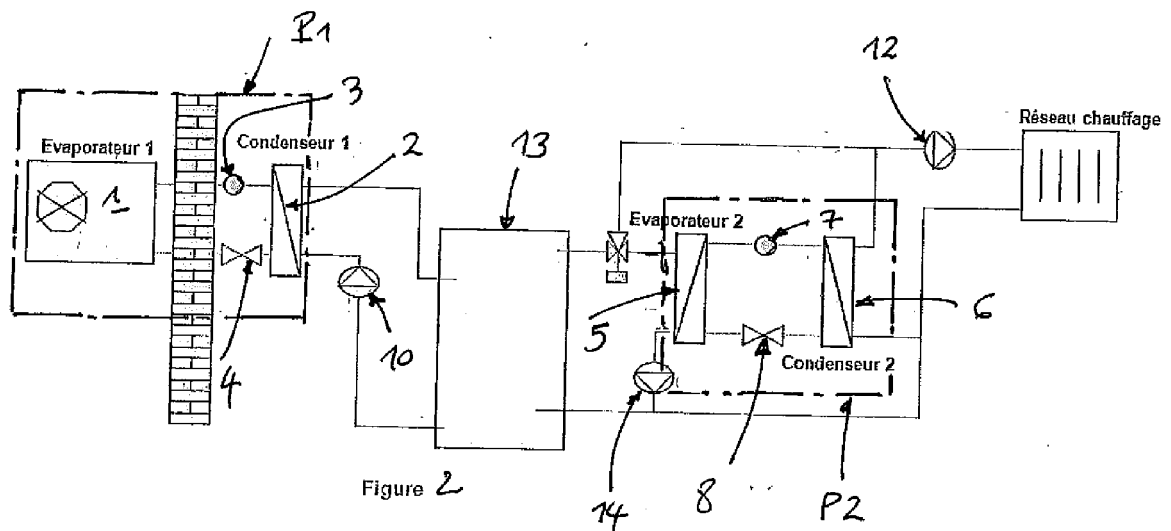
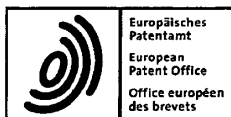


Figure 2



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 13 30 6044

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
4 X	EP 2 532 983 A2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 12 décembre 2012 (2012-12-12) * alinéas [0005], [0015], [0050] - alinéa [0077]; figures 1-6 * -----	1-7	INV. F24D11/02 F25B7/00 F25B25/00
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F24D F25B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 18 février 2014	Examineur García Moncayo, O
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

10

18-02-2014

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0460

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