



- (51) Classification internationale des brevets :  
H02J 15/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/IB2011/052118
- (22) Date de dépôt international :  
13 mai 2011 (13.05.2011)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
0762/10 17 mai 2010 (17.05.2010) CH
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
COSSECO SA [CH/CH]; Route de Pra de Plan 18,  
CH-1618 Chatel-st-denis (CH).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : ORLANDO,  
David [IT/CH]; Route de Pra de Plan 18, CH-1618  
Chatel-st-denis (CH).
- (74) Mandataire : REUTELER & CIE SA; Chemin de la  
Vuarpillière 29, CH-1260 Nyon (CH).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,  
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,  
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,  
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,  
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

- relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii)
- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SYSTEM FOR RECOVERING RENEWABLE ENERGY

(54) Titre : SYSTEME DE RECUPERATION D'ENERGIE RENOUVELABLE

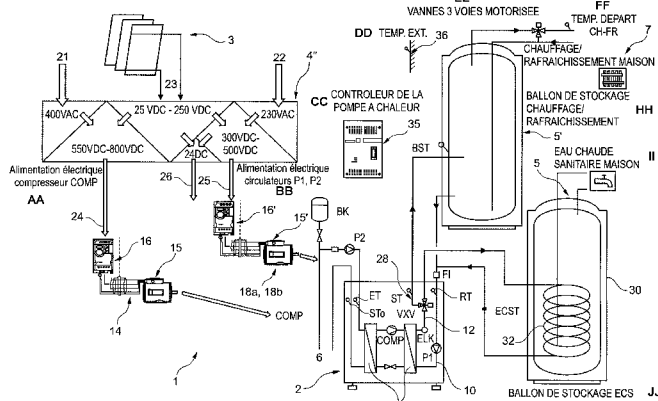


Fig. 1a

- AA... electric power supply compressor COMP  
BB... electric power supply circulators P1, P2  
CC... heat pump controller  
DD... ext. temp.  
EE... motorised three-way valves  
FF... starting temp. h-c  
GG... house heating/cooling house  
HH... heating/cooling storage tank  
II... hot water household facilities  
JJ... storage tank

(57) Abstract : The invention relates to a system (1) for recovering renewable energy, comprising a heat pump system (2) with at least one electric motor (16, 16') for a compressor (14) or a fluid circulation pump (18a, 18b), at least one photovoltaic solar panel (3), and an AC-DC/DC electronic converter (4) interconnected between the solar panels and the heat pump system. The system comprises at least one frequency variator (16, 16') connected to a DC outlet (24, 25) of the converter and to the electric motor for feeding and controlling the electric motor.

(57) Abrégé : Système de récupération d'énergie renouvelable (1) comprenant un système de pompe à chaleur (2) avec au moins un moteur électrique (16, 16') pour un compresseur (14) ou une pompe de circulation de fluide (18a, 18b), un ou plusieurs panneaux solaires photovoltaïques (3), et un convertisseur électronique (4) AC-DC/DC interconnecté entre les panneaux solaires et le système de pompe à chaleur. Le système comprend au moins un variateur de fréquence (16, 16') connecté à une sortie courant continu DC (24, 25) du convertisseur et au moteur électrique pour l'alimentation et la commande du moteur électrique.

**Publiée :**

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

## **Système de récupération d'énergie renouvelable**

La présente invention concerne un système de récupération d'énergie  
5 renouvelable, notamment d'énergie géothermique par un système de pompe à  
chaleur.

Les pompes à chaleur conventionnelles récupèrent de l'énergie thermique du sol  
ou de l'air et pour cela ont besoin de pompes pour la circulation de fluides et d'un  
10 compresseur pour le changement de phase du fluide utilisé pour l'échange  
thermique. Les pompes à chaleur sont principalement utilisées dans des bâtiments  
pour le chauffage en hiver, ou pour le chauffage de piscines. Malgré l'utilisation  
d'énergie renouvelable, les pompes à chaleur nécessitent néanmoins entre 35 et  
50% d'énergie électrique du réseau pour l'alimentation des moteurs électriques des  
15 circulateurs et du compresseur.

Pour réduire la consommation d'énergie non renouvelable, il est envisageable  
d'utiliser d'autres sources d'énergie comme des panneaux solaires photovoltaïques  
ou des turbines à vent. Les installations de turbines à vent ou de panneaux  
20 solaires photovoltaïques sont relativement coûteuses et leur connexion au système  
électrique d'une résidence ou d'un bâtiment pose un problème dans de nombreux  
pays, entre autre du fait que l'on ne peut pas injecter du courant dans le réseau  
public, quand bien même des solutions techniques existent. L'énergie solaire et/ou  
l'énergie du vent sont toutefois imprévisibles et/ou variables et ne permettent pas  
25 d'assurer, en continu et selon les besoins, l'énergie électrique dont a besoin une  
résidence, un bâtiment ou une autre construction. L'utilisation de systèmes  
d'énergie renouvelable étant aujourd'hui généralement plus coûteuse que l'énergie  
disponible du réseau électrique public, le coût d'installation et d'opération de  
systèmes d'énergie renouvelable tels que les pompes à chaleur ou les panneaux  
30 solaires photovoltaïques est un critère important pour la commercialisation de tels  
systèmes.

Il est connu de connecter des panneaux solaires à un système de récupération d'énergie tel qu'une batterie, ou connecté à un réseau électrique publique 50 Hz ou 60 Hz. Dans ce dernier cas, la sortie en courant direct DC des panneaux solaires est connectée à un onduleur réseau ("grid inverter") qui génère un courant sinusoïdal de fréquence fixe 50 ou 60Hz à une tension correspondant à la tension du réseau (par exemple 230 VAC, 110 VAC). Le courant sinusoïdal ainsi généré peut être consommé par toute machine connectée au réseau électrique domestique. Toutefois, un désavantage de la conversion du courant du panneau solaire par un onduleur connecté au réseau, est d'une part les pertes d'énergie de conversion du courant DC en courant alternatif sinusoïdal et le coût relativement important des onduleurs réseaux du fait que l'on recherche à générer un courant alternatif sinusoïdal.

Dans JP 2010088276, un système de récupération d'énergie solaire connecté à un système de pompe à chaleur est décrit. Pour tenir compte des variations de puissance électrique fournie par les panneaux solaires, l'alimentation du système de pompe à chaleur comprend également une alimentation du réseau électrique. Le courant alternatif de réseau électrique est converti en courant direct DC par un convertisseur AC-DC et chaque source de courant - le réseau, le panneau solaire, ou encore une batterie - sont connectés chacun à un onduleur afin de générer un courant sinusoïdal pour alimenter le système de pompe à chaleur. Différents onduleurs sont contrôlés par un contrôleur connecté à un voltmètre à la sortie des panneaux solaires afin de varier la puissance entre chaque source en fonction de la puissance d'énergie solaire disponible. Un désavantage de ce système est le coût important pour fournir un onduleur pour chaque source de courant et du contrôleur pour contrôler la sortie des différents onduleurs, et également des pertes de puissance liées à ce système de conversion et d'interconnexion entre plusieurs sources de courant. En effet, dans ce système comme dans des systèmes conventionnels, on cherche à recréer une onde sinusoïdale pour l'alimentation du des moteurs de la pompe à chaleur.

Un but de l'invention est de réaliser un système de génération d'énergie renouvelable qui est économe à installer et à utiliser et qui a un grand rapport entre l'énergie renouvelable générée et l'énergie non renouvelable utilisée pour sa génération.

Un des buts spécifiques de l'invention est de fournir un système de récupération d'énergie géothermique qui est très économe à installer et à utiliser et qui est très efficace afin de permettre une faible consommation d'énergie électrique provenant du réseau public.

Les objets de l'invention sont réalisés par le système de récupération d'énergie renouvelable selon la revendication 1 ou 2.

Dans la présente, on décrit un système de récupération d'énergie renouvelable comprenant au moins un moteur électrique à courant alternatif, un ou plusieurs panneaux solaires photovoltaïques, et un convertisseur électronique AC-DC/DC interconnecté entre les panneaux solaires et le moteur électrique. Le système comprend au moins un variateur de fréquence connecté à une sortie courant continue DC du convertisseur électronique AC-DC/DC et au moteur électrique. Le variateur de fréquence est configuré pour l'alimentation directe du moteur électrique sans qu'un onduleur réseau soit fourni pour effectuer une conversion de la sortie DC des panneaux solaires photovoltaïques. Le variateur de fréquence permet en même temps de commander le moteur électrique.

25

Dans une forme d'exécution spécifique de l'invention, le système de récupération d'énergie renouvelable comprend un système de pompe à chaleur avec au moins un moteur électrique pour un compresseur ou une pompe de circulation de fluide, un ou plusieurs panneaux solaires photovoltaïques, un convertisseur électronique AC-DC/DC interconnecté entre les panneaux solaires et le système de pompe à chaleur, et au moins un variateur de fréquence connecté à une sortie courant

30

continue DC du convertisseur électronique AC-DC/DC et au moteur électrique configuré pour l'alimentation et le contrôle de la vitesse et du courant du moteur électrique.

5   Avantageusement, le variateur de fréquence permet de contrôler et d'alimenter en tension/courant le moteur électrique qui entraîne le compresseur ou encore des pompes de circulation de la pompe à chaleur. L'appoint de l'énergie solaire photovoltaïque arrive dans le moteur électrique avec peu de perte car on évite l'utilisation d'onduleurs triphasés pour traiter le signal DC des panneaux solaires  
10   dans le convertisseur. Le convertisseur électronique AC-DC/DC de l'invention est économe et très facile à réaliser même pour des puissances faibles car il ne nécessite aucun self ou capacité de filtrage importante puisque les variateurs de fréquence en sont déjà pourvus.

15   Pour une installation de petite (<3kW) ou de moyenne puissance (<10kW), le compresseur peut avoir un moteur électrique triphasé et un variateur triphasé 400V AC et les circulateurs peuvent avoir des moteurs électriques monophasés 230V AC avec des variateurs de fréquence monophasés ou triphasés 230V AC.

20   Pour une installation de grande puissance (>10kW), le compresseur et les circulateurs peuvent avoir des moteurs électriques et des variateurs triphasés 400V.

25   Le système de pompe à chaleur selon l'invention peut avantageusement inclure un système de stockage d'énergie comprenant un ballon de stockage d'énergie thermique afin de pouvoir utiliser la pompe à chaleur lorsque l'énergie solaire est suffisante pour alimenter les moteurs électriques.

30   Le convertisseur électronique AC-DC/DC comprend au moins une entrée connectée au réseau électrique public alternatif et au moins une entrée en courant continu connectée aux panneaux solaires photovoltaïques. Le convertisseur

électronique AC-DC/DC peut, en outre, comprendre une ou plusieurs sorties basse tension, telle qu'une sortie 24 Volts en courant continu, configurée pour l'alimentation de capteurs, de vannes, d'automates et de l'électronique ou encore une sortie 5, 10 ou 12V pour des capteurs.

5

Le convertisseur électronique AC-DC/DC est configuré pour opérer une conversion AC - DC qui redresse la tension du réseau public alternatif en une tension continue de valeur plus élevée que la tension du réseau, et une conversion DC - DC de la tension DC des panneaux photovoltaïques en une tension de valeur supérieure à la tension en courant continu DC du réseau public après conversion, ces deux conversions fournissant deux sources de courant. Les deux sources de courant peuvent être connectées à une alimentation du variateur de fréquence et mises en parallèle via des diodes de protection de l'alimentation.

Une différence entre un onduleur réseau et un variateur de fréquence est que ce dernier permet d'avoir une fréquence de sortie variable qui va de 0 à 400Hz. L'onduleur réseau a une sortie fixe à 50 ou 60 Hz et vise à alimenter le réseau public (50Hz ou 60Hz) avec un signal essentiellement sinusoïdal. Le variateur de fréquence a avantageusement des algorithmes de contrôle du courant par rapport à la fréquence qui permet de produire le couple maximum dans un moteur par rapport au courant (MTPA = Maximum Torque Per Ampere) ce qui permet d'utiliser au mieux le courant des panneaux photovoltaïques qui sont une source de courant. En contraste, l'onduleur réseau a typiquement uniquement une gestion pour produire une tension sinusoïdale de 50 ou 60Hz.

25

Une autre différence importante du système selon l'invention est l'absence de filtre LC à la sortie du variateur de fréquence car il est conçu pour alimenter directement des moteurs alternatifs.

D'autres buts et aspects avantageux de l'invention ressortiront des revendications, de la description détaillée d'une forme d'exécution ci-après et des dessins annexés, dans lesquels :

5 la figure 1a est une illustration schématique d'un système de récupération d'énergie géothermique selon une forme d'exécution de l'invention, avec une installation solaire photovoltaïque de grande puissance (inférieure à 3kW) ;

10 la figure 1b est une illustration schématique d'un système de récupération d'énergie géothermique selon une forme d'exécution de l'invention, avec une installation solaire photovoltaïque de moyenne puissance (3kW à 10kW) ;

15 la figure 1c est une illustration schématique d'un système de récupération d'énergie géothermique selon une forme d'exécution de l'invention, avec une installation solaire photovoltaïque de grande puissance (supérieure à 10kW) ;

la figure 2 est un diagramme du circuit d'un convertisseur électronique AC-DC/DC selon une forme d'exécution de l'invention ;

20 la figure 3a est une illustration schématique d'un moteur électrique d'un compresseur d'une pompe à chaleur d'un système de récupération d'énergie géothermique selon une forme d'exécution de l'invention;

25 la figure 3b est une illustration schématique d'une alimentation d'un variateur de fréquence et ses connexions à un panneau solaire selon une forme d'exécution de l'invention;

la figure 4 est un schéma illustrant le principe de fonctionnement d'un variateur de fréquence;

la figure 5a est une illustration graphique de la forme d'onde à la sortie d'un variateur de fréquence et la figure 5b est un graphique de la relation entre tension moteur et vitesse moteur du variateur de fréquence;

- 5 la figure 6a est une illustration graphique du courant électrique fourni par un panneau solaire photovoltaïque de 175W en fonction de la tension à circuit ouvert pour différentes valeurs d'ensoleillement, et la figure 6b est une illustration graphique de la tension à circuit ouvert, respectivement du courant en court circuit d'un panneau solaire photovoltaïque de 175W en fonction de l'ensoleillement (en  
10  $W/m^2$ ).

Faisant références aux figures, un système de récupération d'énergie géothermique et solaire 1 selon des formes d'exécution de l'invention comprend un système de pompe à chaleur 2, un ou plusieurs panneaux solaires  
15 photovoltaïques 3, un convertisseur électronique AC-DC/DC 4 interconnecté entre les panneaux solaires et le système de pompe à chaleur, des sondes géothermiques 6, et optionnellement un système de stockage d'énergie 5. Le système de pompe à chaleur 2 est connecté fluidiquement aux sondes géothermiques pour récupérer de l'énergie thermique du sol ou de l'air et fournir  
20 cette énergie à un ou plusieurs utilisateurs d'énergie thermique 7, tels que des bâtiments, piscines ou autres constructions. Le principe de récupération et de fourniture d'énergie par un système de pompe à chaleur est en soi bien connu et ne sera pas décrit en détail. Une ou plusieurs sondes de température peuvent être connectées à un contrôleur 35 du système de pompe à chaleur 2 pour contrôler les  
25 circuits de chauffage et de stockage, notamment les vannes de ses circuits, en fonction de la température extérieure et/ou intérieure et les paramètres définis par les utilisateurs. L'énergie thermique produite peut donc être soit stockée, soit utilisée directement en fonction des besoins et de la température environnante.

Entre 30 et 50 % de l'énergie fournie par un système de pompe à chaleur conventionnel provient du réseau électrique, cette énergie étant nécessaire pour les pompes de circulation de fluide à travers l'échangeur de chaleur et dans les sondes géothermiques, et surtout pour le fonctionnement du compresseur de la pompe à chaleur. La régulation de l'énergie fournie à l'utilisateur par une pompe à chaleur conventionnelle est effectuée par l'enclenchement et le déclenchement du système, le temps d'enclenchement régulant la quantité d'énergie thermique fournie. Les moteurs électriques du compresseur et des pompes de circulation conventionnelles ont donc un système de régulation très simple de type commutateur pour l'enclenchement et le déclenchement des moteurs. Dans des systèmes conventionnels, les moteurs électriques sont connectés au réseau électrique urbain (en Europe courant alternatif 50 Hz et 230 Volts monophasé, 400 Volts triphasé). Dans les systèmes de pompe à chaleur conventionnels, les moteurs tournent à régime constant, non variable. Les systèmes de pompe à chaleur conventionnels ne comportent aucun système de stockage et cela n'aurait pas de sens puisqu'il n'y aurait aucun avantage à stocker de l'énergie dans un système de pompe à chaleur conventionnel.

La pompe à chaleur comprend un circuit de fluide traversant un échangeur de chaleur 8 et la sonde géothermique 6, le circuit comprenant une partie de circuit froid 10 et une partie de circuit chaud 12. La pompe à chaleur peut comprendre un seul circuit de fluide, ou deux circuits de fluide séparés par l'échangeur de chaleur. Pour la circulation du fluide dans le ou les circuits, le système de pompe à chaleur comprend un, deux, ou plusieurs circulateurs 18a, 18b comprenant des pompes à fluide entraînées par des moteurs électriques 15'. Le compresseur 14 comprend également un moteur électrique 15, typiquement de plus grande puissance que les moteurs électriques des circulateurs.

Le circulateur et le compresseur du système selon l'invention sont avantageusement alimentés et commandés par des variateurs de fréquence 16, 16', ces variateurs de fréquence étant connectés aux sorties de tension à courant

continu 24, 25 du convertisseur électronique 4. Le convertisseur électronique 4 a des entrées 23 en courant continu connectées aux panneaux solaires photovoltaïques 3 et a également des entrées 21, 22 pour du courant alternatif du réseau urbain triphasé (400 Vac) et monophasé (230 Vac). Le convertisseur électronique 4 peut avantageusement également comprendre une sortie basse tension, telle qu'une sortie 24 Volts en courant continu pour l'alimentation de capteurs, de vannes, d'automates et de l'électronique. Une forme d'exécution avantageuse du circuit du convertisseur est illustré à la figure 2.

10 Le convertisseur électronique 4 selon l'invention permet avantageusement de relier directement les panneaux solaires ainsi que le réseau électrique public aux moteurs électriques, en gérant l'apport des sources d'énergie électrique en fonction de l'ensoleillement, et aussi en permettant un contrôle des moteurs par les variateurs de fréquence, pour une utilisation optimale de l'énergie solaire dans  
15 une configuration très économique.

La configuration du convertisseur électronique peut dépendre de la puissance électrique des panneaux solaires photovoltaïques 3, comme illustré par les figures 1a, 1b et 1c résumées ci-après à titre illustratif :

20

*Figure 1a : Installation de petite puissance - Panneaux solaires photovoltaïques de moins de 3kW*

Le convertisseur électronique AC-DC/DC 4, qui permet d'alimenter en courant continu le variateur de fréquence 16 par son entrée triphasé ou par un bus DC si  
25 disponible, a les caractéristiques suivantes :

- Une entrée 21, 22 triphasé 400VAC/230VAC connectée au réseau électrique public
- Une entrée tension DC 23 de 150V DC à 250V DC connectée aux panneaux solaires photovoltaïques
- 30 ▪ Une sortie tension 24 de 550V DC à 800V DC connectée au variateur de fréquence 16 du compresseur 14

- Une sortie tension 25 de 350V DC à 450V DC connectée au variateur de fréquence 16' des circulateurs 18a, 18b
- Une sortie tension 24V DC pour l'alimentation de vannes, automates, et de l'électronique
- 5    ▪ Une sortie analogique DC/DC 0-10V pour la mesure de la puissance réseau
- Une sortie analogique 0-10V pour la mesure de la puissance solaire
- Puissance triphasée 1 à 10kW

Le compresseur a un moteur électrique 15 triphasé et un variateur 16 triphasé 400V AC et les circulateurs 18a, 18b ont des moteurs électriques 15' monophasés  
10 230V AC avec des variateurs de fréquence 16' monophasés ou triphasés 230V AC.

*Figure 1b : Installation de moyenne puissance - Panneaux solaires photovoltaïques de 3 à 10kW*

Le convertisseur électronique AC-DC/DC 4, qui permet d'alimenter en courant  
15 continu le variateur de fréquence 16 par son entrée triphasé ou par un bus DC si disponible, a les caractéristiques suivantes :

- Une entrée 21, 22 triphasé 400VAC/230VAC connectée au réseau électrique public
- Une entrée tension DC 23 de 600V DC à 800V DC connectée aux panneaux  
20 solaires photovoltaïques
- Une sortie tension 24 de 600V DC à 800V DC connectée au variateur de fréquence 16 du compresseur 14
- Une sortie tension 25 de 350V DC à 450V DC connectée au variateur de fréquence 16' des circulateurs 18a, 18b
- 25    ▪ Une sortie tension 24V DC pour l'alimentation de vannes, automates, et de l'électronique
- Une sortie analogique DC/DC 0-10V pour la mesure de la puissance réseau
- Une sortie analogique 0-10V pour la mesure de la puissance solaire
- Puissance triphasée 3 à 30kW

Le compresseur a un moteur électrique 15 triphasé et un variateur 16 triphasé 400V AC et les circulateurs 18a, 18b ont des moteurs électriques 15' monophasés 230V AC avec des variateurs de fréquence 16' monophasés ou triphasés 230V AC.

5 *Figure 1c : Installation de grande puissance - Panneaux solaires photovoltaïques de 10kW à 100kW*

Le convertisseur électronique AC-DC/DC 4, qui permet d'alimenter en courant continu le variateur de fréquence 16 par son entrée triphasé ou par un bus DC si disponible, a les caractéristiques suivantes :

- 10     ▪ Une entrée 21, 22 triphasé 400VAC/230VAC connectée au réseau électrique public
- Une entrée tension DC 23 de 600V DC à 800V DC connectée aux panneaux solaires photovoltaïques
- Une sortie tension 24 de 600V DC à 800V DC connectée au variateur de  
15 fréquence 16 du compresseur 14 et au variateur de fréquence 16' des circulateurs 18a, 18b
- Une sortie tension 24V DC pour l'alimentation de vannes, automates, et de l'électronique
- Une sortie analogique DC/DC 0-10V pour la mesure de la puissance réseau
- 20     ▪ Une sortie analogique 0-10V pour la mesure de la puissance solaire
- Puissance triphasée 10 à 300kW

Le compresseur a un moteur électrique 15 triphasé et un variateur 16 triphasé 400V AC et les circulateurs 18a, 18b ont des moteurs électriques 15' triphasés 400V AC avec des variateurs de fréquence 16' triphasés 400V AC.

25

*Principe de fonctionnement*

Le système de pompe à chaleur 2 intègre le convertisseur électronique AC-DC/DC 4 et un contrôleur ou commande électronique en combinaison avec un ou plusieurs variateurs de fréquence 16, 16' qui permettent de gérer la puissance de chauffe ou  
30 de rafraîchissement en fonction de l'énergie solaire photovoltaïque disponible et des besoins de l'utilisateur.

Le convertisseur électronique AC-DC/DC 4 (voir figures 1a-1c et 2) est configuré pour opérer deux types de conversion, une conversion courant alternatif AC en courant continu DC qui redresse le réseau alternatif 400V AC et 230V AC en une  
5 tension continue de 540V DC et 310V DC et une conversion courant continu DC - courant continu DC qui est la transformation de la tension en courant continu DC des panneaux photovoltaïques 3 en une tension légèrement supérieure (par exemple de 5 à 30%, par exemple d'environ 15%) à la tension en courant continu DC des réseaux publics 400V AC / 230V AC après conversion.

10

Ces deux sources de courant sont connectées à une alimentation 34 du variateur de fréquence 16, 16' (voir figures 3a et 3b) et mises en parallèle via des diodes de protection D1, D2 de l'alimentation et, de ce fait, on assure une isolation des deux sources de courant. Le point d'équilibre (tension identique des deux sources) doit  
15 être atteint quand on est au point de puissance maximale des panneaux solaires photovoltaïques. On tient compte aussi de la tolérance supérieure du réseau électrique public.

20

Si la puissance provenant des panneaux solaires photovoltaïques est insuffisante pour alimenter la pompe à chaleur, la tension va baisser en raison de l'impédance élevée des panneaux solaires photovoltaïques qui opèrent comme des sources de courant, et ensuite l'apport d'énergie électrique provient du réseau électrique en raison de son impédance plus faible. La transformation de l'apport de l'énergie électrique entre le réseau public et les panneaux solaires est donc opérée  
25 automatiquement en fonction de la puissance provenant des panneaux solaires. La tension DC du convertisseur électronique 4 ainsi obtenue est avantageusement utilisée directement pour l'alimentation du variateur de fréquence 16, 16' par son alimentation triphasé ou monophasé ou par son bus DC si disponible. Sur les variateurs de fréquence triphasés, on peut connecter à la sortie DC 24, 25 du  
30 convertisseur électronique 4 uniquement deux phases L1, L2 (voir figures 2, 3a) de l'alimentation 34 du variateur de fréquence 16, 16'.

Cette configuration selon l'invention permet avantageusement d'utiliser la capacité de filtrage, d'accumulation et de régulation du variateur de fréquence car celui-ci contient des condensateurs de forte capacité sous une tension DC élevée (> 540V DC), et le bobinage du moteur électrique 15, 15' peut être utilisé avantageusement comme self de lissage.

Le convertisseur électronique AC-DC/DC 4 de l'invention est donc de faible coût et très facile à réaliser même pour des puissances faibles de 1-2 kilowatts car, avantageusement, il ne nécessite pas de self et de capacités de filtrage importantes puisque les variateurs de fréquence 16, 16' en sont déjà pourvus.

L'apport de l'énergie solaire photovoltaïque arrive dans le moteur électrique avec peu de perte car on évite l'utilisation d'onduleurs triphasés pour traiter le signal DC des panneaux solaires dans le convertisseur.

Le régulateur du variateur de fréquence permet de contrôler et d'alimenter en tension/courant le moteur électrique 15 qui entraîne le compresseur 14 de la pompe à chaleur 2 en fonction des données envoyées par le contrôleur 36 de la pompe à chaleur.

Le contrôleur 36 de la pompe à chaleur va adapter la puissance de chauffe ou de refroidissement en fonction de l'énergie solaire électrique disponible et des besoins de l'utilisateur.

Si l'apport du soleil est trop important, il est possible d'emmagasiner l'énergie produite par la pompe à chaleur dans un ballon de stockage 30 dimensionné selon la puissance de la pompe à chaleur et la puissance des panneaux solaires photovoltaïques. Cette énergie pourra ensuite être utilisée plus tard dans la journée ou pendant la nuit, fonctionnant aussi bien en mode chauffage qu'en mode rafraîchissement.

Selon un mode de fonctionnement avantageux de l'invention, en mode rafraîchissement la chaleur produite peut être envoyée dans les sondes géothermiques 6 pour stocker cette énergie dans le sol. On obtiendra un rendement annuel supérieur du système.

Selon l'invention, la régulation de la pompe à chaleur permet d'optimiser le facteur d'utilisation de l'énergie solaire, idéalement proche de 100%, sans avoir la nécessité d'injecter l'électricité solaire dans le réseau public.

10

#### *Fonctionnement en hiver*

En hiver, la pompe à chaleur géothermique peut chauffer des résidences ainsi que l'eau sanitaire, l'électricité nécessaire à son fonctionnement venant principalement du réseau public 230V monophasé ou 400V triphasé. Si l'ensoleillement le permet, un apport électrique des panneaux solaires photovoltaïques permet de réduire la consommation sur le réseau public.

15

Le régulateur de la pompe à chaleur calcule en temps réel la puissance disponible par les panneaux solaires photovoltaïques et adapte sa puissance de chauffe pour obtenir le meilleur ratio énergie réseau/ énergie solaire.

20

La pompe à chaleur selon l'invention peut avantageusement fonctionner en continu pendant la journée en évitant une fonction enclenchement / déclenchement (Start and Stop) des pompes à chaleur conventionnelles, ce qui permet l'obtention d'un bon rendement.

25

Si l'apport solaire est trop important, on peut chauffer un ballon de stockage complémentaire 30 qui permet d'emmagasiner cette énergie pour la restituer en fin de journée et profiter de l'électricité réseau de nuit qui est à plus bas tarif. S'il n'y a pas suffisamment de soleil, la pompe à chaleur peut puiser son électricité sur le réseau public.

30

*Fonctionnement au printemps*

L'apport solaire photovoltaïque est plus important qu'en hiver et le besoin en énergie thermique moindre, et par conséquent la pompe à chaleur va pouvoir  
5 fonctionner pratiquement uniquement qu'avec l'énergie solaire.

Le surplus pendant la journée peut-être emmagasiné dans un ballon de stockage 30 et restitué pendant la nuit.

10 *Fonctionnement en été*

L'apport solaire étant maximal et les besoins en chaleur étant réduits sauf pour l'eau chaude, la pompe à chaleur peut fonctionner en mode rafraîchissement en utilisant uniquement l'énergie solaire photovoltaïque. Le stockage du froid peut se faire dans un ballon de stockage d'eau qui sera utilisé selon la demande. La  
15 chaleur qui est générée peut avantageusement être envoyée dans les sondes géothermiques et on peut utiliser le sol pour stocker l'énergie thermique. Cette énergie stockée peut être utilisée notamment en automne, et même en hiver.

*Fonctionnement en automne*

20 Similaire à celui du printemps, mais le rendement sera supérieur car on peut récupérer une partie de l'énergie envoyée dans le sol en été.

*Fonctionnement en stand-by*

Quand la pompe à chaleur est arrêtée, l'électronique peut néanmoins être  
25 alimentée par les panneaux solaires photovoltaïques via convertisseur électronique AC-DC/DC pendant la journée même si le soleil n'est pas présent. Cela permet d'optimiser l'utilisation des panneaux solaires photovoltaïques.

*Câblage variateur de fréquence avec moteur triphasé*

30 Le variateur de fréquence est utilisé pour convertir la tension continue (DC) du convertisseur solaire photovoltaïque en une tension alternative triphasée utilisable

directement par un moteur électrique triphasé avec un contrôle de la vitesse et du courant, comme illustré par les graphiques de figure 5a, 5b. Le moteur électrique entraîne le compresseur 14 de la pompe à chaleur ainsi que les pompes de circulation P1, P2 pour le chauffage et des sondes géothermiques 6. Le variateur de fréquence 16, 16' contient des condensateurs de forte capacité qui permettent d'emmagasiner suffisamment d'énergie pour produire les pointes de courant nécessaires au moteur.

L'invention combine des panneaux solaires photovoltaïques avec un variateur de fréquence du marché, et permet d'utiliser le contrôleur 36 du variateur de fréquence 16 pour générer une tension alternative triphasé avec un contrôle de la vitesse et du courant du moteur électrique 15, 15'.

Faisant référence aux figuresm1a-1c et 4, le contrôleur 36 de la pompe à chaleur envoie la référence de vitesse au variateur de fréquence 16,16',16'' en fonction de plusieurs paramètres tel que :

- Puissance de chauffe ou de refroidissement nécessaire
- Puissance solaire disponible
- Puissance consommée sur le réseau public
- COP (coefficient de performance de la pompe à chaleur)

configurés pour produire le maximum d'énergie via la pompe à chaleur en utilisant au minimum l'énergie du réseau public mais au maximum l'énergie solaire.

#### *Le raccordement sur le variateur de fréquence*

L'alimentation 34 du variateur de fréquence 16, 16' se fait par ces bornes de raccordement normalement utilisées pour le raccordement sur les réseaux triphasés 400VAC/50Hz (Europe). Le convertisseur électronique 4 produit une tension continue, et par conséquent on utilise uniquement deux bornes L1, L2 pour alimenter le variateur de fréquence (L1 = +V, L2 = -V). Faisant référence à la figure 3, le pont de six diodes D1, D2 laisse passer le courant suivant le sens des flèches, donc on n'a pas de court-circuit. Ces diodes sont dimensionnées pour

supporter des tensions inverses de 1000V DC, ce qui permet le fonctionnement du régulateur solaire avec une tension jusqu'à 800V DC.

#### *Caractéristiques des panneaux solaires photovoltaïques*

5 Faisant référence aux figures 6a et 6b, un panneau solaire photovoltaïque produit un courant en fonction de l'ensoleillement et cela d'une manière essentiellement proportionnelle. La puissance maximale en fonction de l'ensoleillement est pratiquement toujours disponible avec la même tension de sortie, la différence étant d'environ 10%. De plus, cette puissance reste essentiellement constante  
10 dans la même plage de tension, ce qui facilite la construction du convertisseur électronique 4 et sa conversion DC-DC.

#### **Exemple panneaux solaire de 175W**

##### *Convertisseur AC-DC/DC*

15 Selon une forme d'exécution, le convertisseur utilise la technologie PWM en mode Push-pull à une fréquence moyenne de 100kHz pour la conversion DC/DC. Cette fréquence est un bon compromis car elle permet d'utiliser des composants électroniques standards. Le transformateur peut par exemple être de type Ferroxcube type ETD59 avec des pertes à une fréquence de 150Khz qui ne sont  
20 pas trop élevées. Le dimensionnement du transformateur est optimisé en fonction des caractéristiques tension/courant des panneaux solaires photovoltaïques, pour atteindre un cycle de service (en anglais « duty-cycle ») d'environ 49 % pour obtenir le maximum de puissance du transformateur. Une protection contre la surtension peut être prévue quand la tension DC du convertisseur dépasse les  
25 800V DC, car les condensateurs des variateurs de fréquence triphasés 400VAC/50Hz du marché ont une tension maximale de fonctionnement à 800VDC. Pour une puissance supérieure à 2kW, le convertisseur électronique AC-DC/DC peut être configuré pour ne fournir que les conversions basses puissances pour alimenter les pompes de circulations ainsi que le contrôleur de la pompe à chaleur.

30

##### *Le contrôleur de la pompe à chaleur*

Le contrôleur de la pompe à chaleur 36 peut être de type industriel courant tel que le Saia PCD1m, ayant suffisamment d'entrées analogiques pour analyser au mieux les besoins, le rendement et la productivité d'énergie, tels que :

- Mesure puissance électrique absorbée sur réseau public
- 5    ▪ Mesure puissance électrique produite par les panneaux solaires
- Mesure puissance calorifique de la pompe à chaleur
- Mesure température externe.
- Mesure température interne de la maison
- Mesure température ECS (Eau Chaude Sanitaire)
- 10   ▪ Mesure température de départ chauffage
- Mesure température de retour chauffage
- Mesure débit eau de chauffage
- Mesure température de départ évaporateur
- Mesure température de retour évaporateur

15

La combinaison avantageuse de panneaux solaires et d'un variateur de fréquence avec un convertisseur électronique pour relier les deux selon l'invention peut être utilisée dans d'autres applications que la pompe à chaleur, par exemple dans des systèmes de ventilation d'un bâtiment, ou pour des systèmes de production industrielle utilisant de l'énergie thermique. Avantageusement, l'invention permet, sans modification importante, de connecter des variateurs de fréquence disponibles sur le marché sur des panneaux solaires photovoltaïques sans la nécessité d'utiliser un onduleur triphasé. Les moteurs électriques triphasés ont un très bon rendement, il est donc très avantageux d'utiliser cette énergie solaire par l'entremise de variateurs de fréquence.

20

25

Liste d'éléments référencés dans les figures

- 1 système de récupération d'énergie géothermique et solaire
- 5           2 pompe à chaleur  
               8 échangeur de chaleur  
               10 circuit froid  
               12 circuit chaud  
               14 compresseur
- 10           15 moteur électrique  
               16 variateur de fréquence  
                   34 alimentation du variateur
- 15           18a, 18b circulateurs  
               15' moteur électrique  
               16' variateur de fréquence  
                   34 alimentation du variateur
- 35 contrôleur  
               36 sonde de température externe
- 20           3 panneaux solaires photovoltaïques  
               23 sortie DC
- 25           4 convertisseur électronique AC-DC/DC  
               21 entrée réseau triphasé 400VAC  
               22 entrée réseau monophasé 230VAC  
               23 entrée connexion panneaux photovoltaïques 150-250V DC  
               24 sortie DC – 550-800V DC  
               25 sortie DC – 300-500V DC
- 30           26 sortie DC – 24V DC
- 5 système de stockage d'énergie  
               28 vanne
- 35           30 ballon de stockage  
               32 circuit
- 6 sondes géothermiques
- 40           7 utilisateur d'énergie thermique

## Revendications

1. Système de récupération d'énergie renouvelable (1) comprenant au  
5 moins un moteur électrique (16, 16') pour un compresseur (14) ou une pompe  
de circulation de fluide (18a, 18b) d'un système de pompe à chaleur (2), un ou  
plusieurs panneaux solaires photovoltaïques (3), et un convertisseur  
électronique (4) AC-DC/DC comprenant au moins une entrée (21, 22)  
10 configurée pour être connectée à une source de courant alternatif AC,  
notamment un réseau électrique public alternatif, et au moins une entrée (23)  
en courant continu connectée audits un ou plusieurs panneaux solaires  
photovoltaïques, caractérisé en ce que le système comprend en outre au moins  
un variateur de fréquence (16, 16') connecté à une sortie courant continu DC  
15 (24, 25) du convertisseur et audit au moins un moteur électrique, le variateur  
de fréquence configuré pour l'alimentation directe dudit au moins un moteur  
électrique sans onduleur réseau et pour le contrôle du moteur électrique.

2. Système de récupération d'énergie renouvelable (1) comprenant un  
système de pompe à chaleur (2) avec au moins un moteur électrique (16, 16')  
20 pour un compresseur (14) ou une pompe de circulation de fluide (18a, 18b), un  
ou plusieurs panneaux solaires photovoltaïques (3), et un convertisseur  
électronique (4) AC-DC/DC interconnecté entre les panneaux solaires et le  
système de pompe à chaleur, le convertisseur électronique AC-DC/DC  
comprenant au moins une entrée (21, 22) configurée pour être connectée à  
25 une source de courant alternatif AC, notamment un réseau électrique public  
alternatif, caractérisé en ce que le convertisseur électronique (4) AC-DC/DC  
est interconnecté entre les panneaux solaires et le système de pompe à  
chaleur sans onduleur réseau, et en ce que le système comprend au moins un  
variateur de fréquence (16, 16') connecté à une sortie courant continu DC (24,

25) du convertisseur et audit au moins un moteur électrique pour l'alimentation directe et la commande dudit au moins un moteur électrique.

3. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que le système de pompe à chaleur comprend plusieurs moteurs électriques AC pour le compresseur et la ou les pompes de circulation de fluide (18a, 18b), chacun des moteurs électriques étant connecté directement à un variateur de fréquence (16, 16'), chaque variateur de fréquence étant connecté à une sortie de tension à courant continu (24, 25) du convertisseur électronique (4).

4. Système selon la revendication 3 caractérisé en ce que le compresseur a un moteur électrique triphasé et un variateur triphasé 400V AC et les circulateurs ont des moteurs électriques monophasés 230V AC avec des variateurs de fréquence monophasés ou triphasés 230V AC.

5. Système selon la revendication 3 caractérisé en ce que le compresseur et les circulateurs ont des moteurs électriques et des variateurs triphasés 400V.

6. Système selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il inclut un système de stockage d'énergie (5) comprenant un ballon de stockage (30) d'énergie thermique.

7. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le convertisseur électronique (4) AC-DC/DC comprend une sortie basse tension, telle qu'une sortie 24 Volts en courant continu, configurée pour l'alimentation de capteurs, de vannes, d'automates et de l'électronique.

8. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le convertisseur électronique AC-DC/DC est configuré pour opérer une conversion AC - DC qui redresse la tension du réseau public alternatif en une

tension continue de valeur plus élevée que la tension du réseau, et une conversion DC - DC de la tension DC des panneaux photovoltaïques en une tension de valeur supérieure à la tension en courant continu DC du réseau public après conversion, ces deux conversions fournissant deux sources de courant.

9. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le convertisseur électronique AC-DC/DC est configuré pour opérer une conversion AC - DC qui redresse la tension du réseau public alternatif en une tension continue de 540V DC et 310V DC et une conversion DC - DC de la tension en courant continu DC des panneaux photovoltaïques (3) en une tension supérieure de 5 à 30% à la tension en courant continu DC des réseaux publics 400V AC / 230V AC après conversion

10. Système selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que les deux sources de courant sont connectées à une alimentation (34) du variateur de fréquence et mises en parallèle via des diodes de protection D1, D2 de l'alimentation.

11. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le convertisseur électronique (4) AC-DC/DC utilise la technologie PWM en mode Push-pull à une fréquence moyenne de 100kHz pour la conversion DC/DC.

12. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le convertisseur électronique (4) AC-DC/DC comprend un transformateur configuré en fonction des caractéristiques tension/courant des panneaux solaires photovoltaïques pour atteindre un cycle de service d'environ 49 %.

13. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le convertisseur électronique (4) AC-DC/DC comprend une protection

contre la surtension quand la tension DC du convertisseur dépasse les 800V DC.

14. Système selon la revendication 1, 2, 3 ou 4 pour panneaux solaires photovoltaïques de moins de 3kW, caractérisé en ce que le convertisseur électronique AC-DC/DC comprend :

- une entrée (21, 22) triphasé 400VAC/230VAC connectée au réseau électrique public
- une entrée tension DC (23) de 150V DC à 250V DC connectée aux panneaux solaires photovoltaïques
- une sortie tension (24) de 550V DC à 800V DC connectée au variateur de fréquence (16) du compresseur (14)
- une sortie tension (25) de 350V DC à 450V DC connectée au variateur de fréquence (16') des circulateurs (18a, 18b)
- une sortie tension 24V DC pour l'alimentation de vannes, automates, et de l'électronique
- une sortie analogique DC/DC 0-10V pour la mesure de la puissance réseau
- une sortie analogique 0-10V pour la mesure de la puissance solaire

15. Système selon la revendication 1, 2, 3 ou 4 pour panneaux solaires photovoltaïques de 3 à 10 kW, caractérisé en ce que le convertisseur électronique AC-DC/DC comprend :

- une entrée (21, 22) triphasé 400VAC/230VAC connectée au réseau électrique public
- une entrée tension DC (23) de 600V DC à 800V DC connectée aux panneaux solaires photovoltaïques
- une sortie tension (24) de 600V DC à 800V DC connectée au variateur de fréquence (16) du compresseur (14)
- une sortie tension (25) de 350V DC à 450V DC connectée au variateur de fréquence (16') des circulateurs (18a, 18b)

- une sortie tension 24V DC pour l'alimentation de vannes, automates, et de l'électronique
- une sortie analogique DC/DC 0-10V pour la mesure de la puissance réseau
- 5    ▪ une sortie analogique 0-10V pour la mesure de la puissance solaire

16. Système selon la revendication 1, 2, 3 ou 5 pour panneaux solaires photovoltaïques de plus de 10 kW, caractérisé en ce que le convertisseur électronique AC-DC/DC comprend :

- 10    ▪ une entrée (21, 22) triphasé 400VAC/230VAC connectée au réseau électrique public
- une entrée tension DC (23) de 600V DC à 800V DC connectée aux panneaux solaires photovoltaïques
- une sortie tension (24) de 600V DC à 800V DC connectée au variateur de fréquence (16) du compresseur (14) et au variateur de fréquence (16') des circulateurs (18a, 18b)
- 15    ▪ une sortie tension 24V DC pour l'alimentation de vannes, automates, et de l'électronique
- une sortie analogique DC/DC 0-10V pour la mesure de la puissance réseau
- 20    ▪ une sortie analogique 0-10V pour la mesure de la puissance solaire

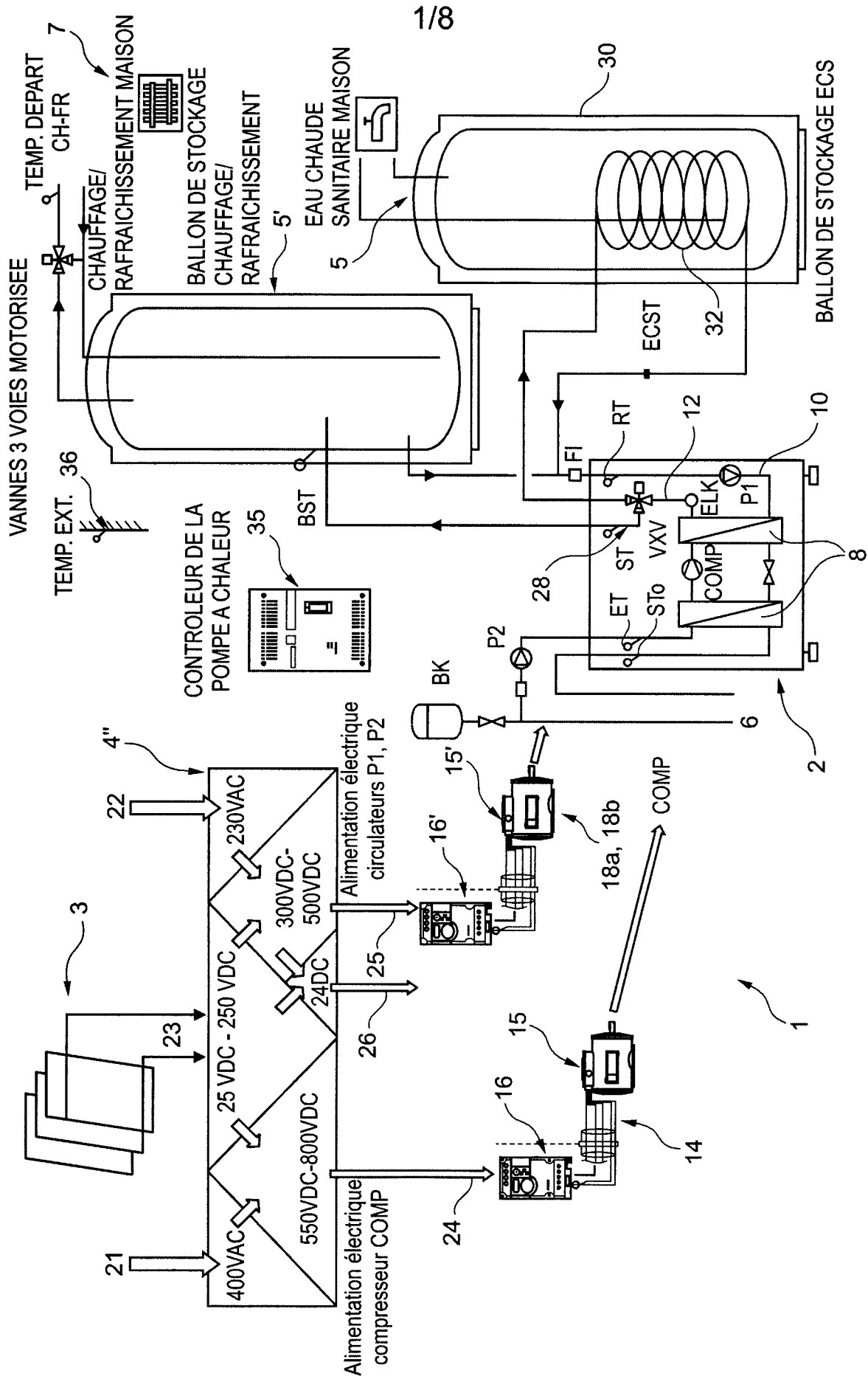


Fig. 1a



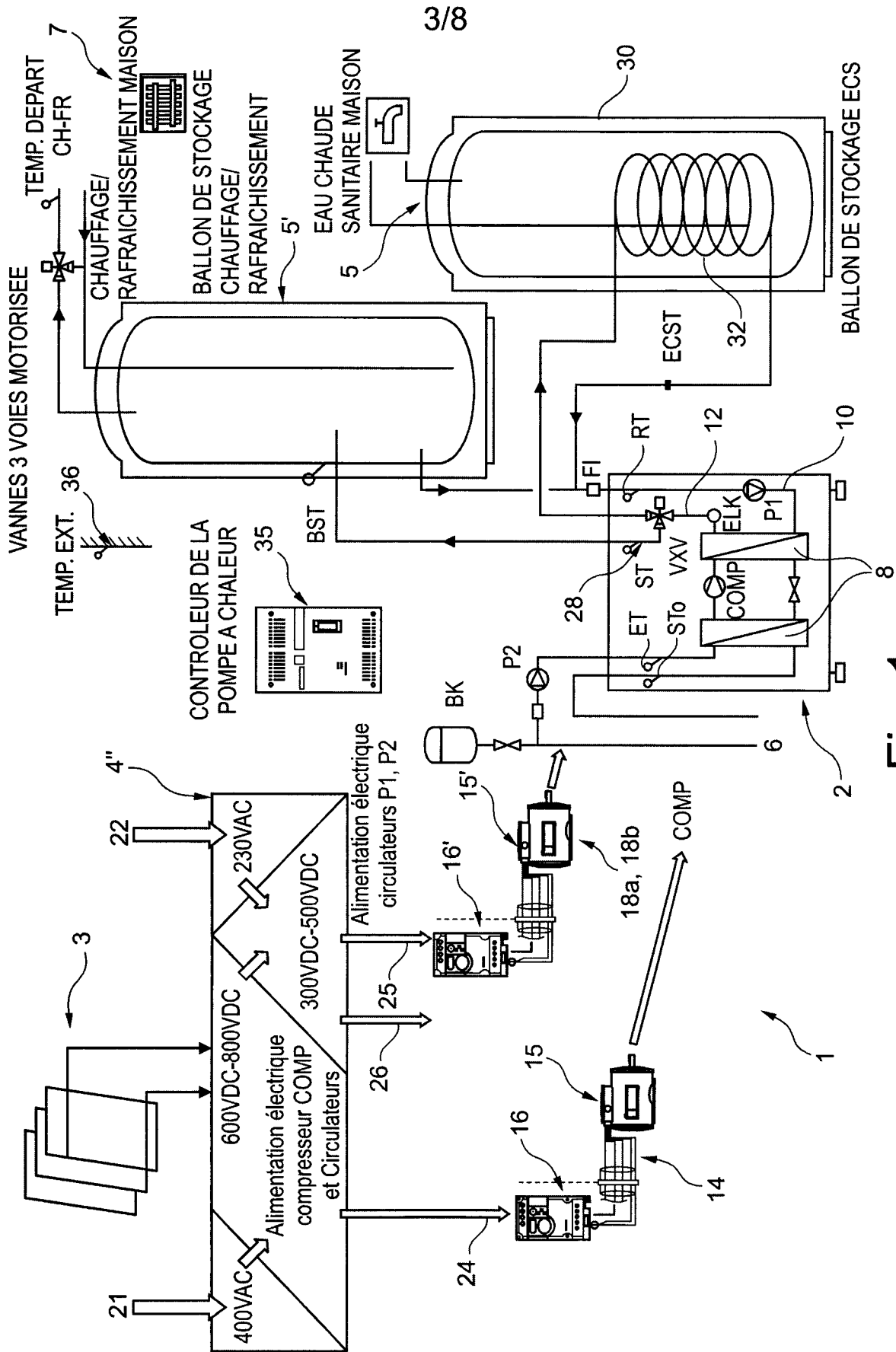


Fig. 1c

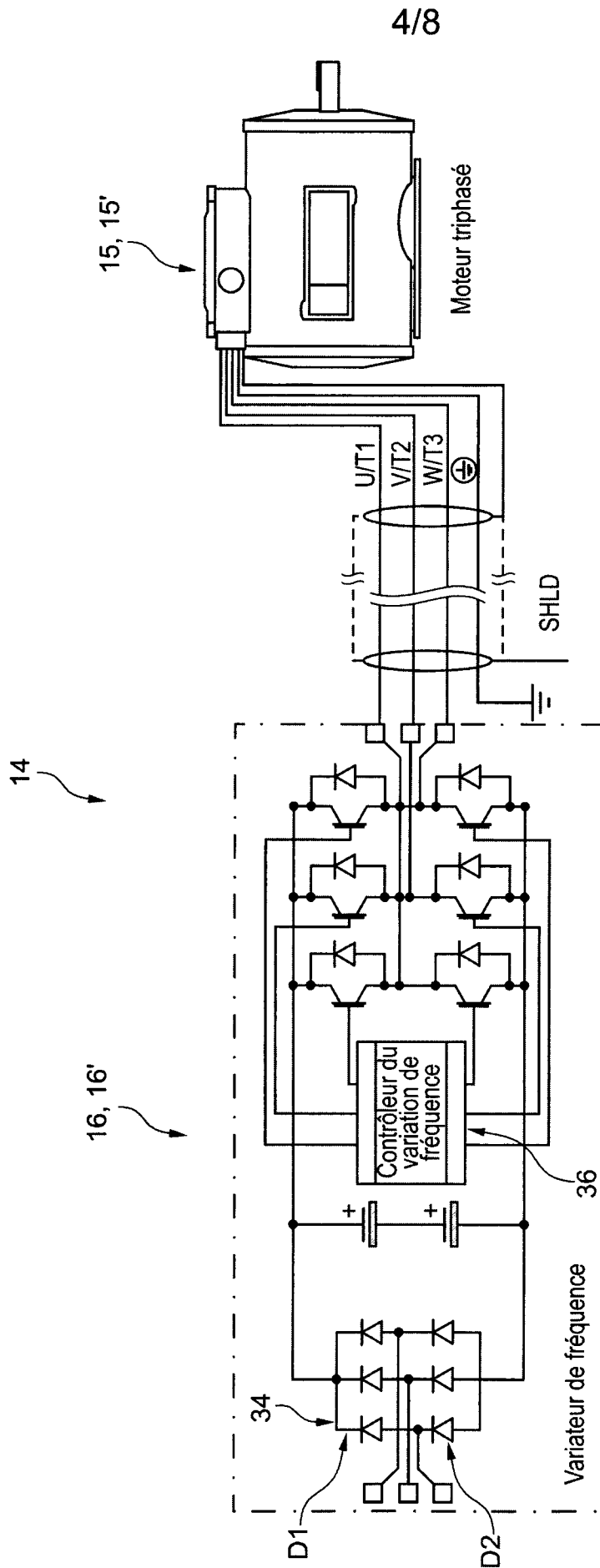


Fig. 2

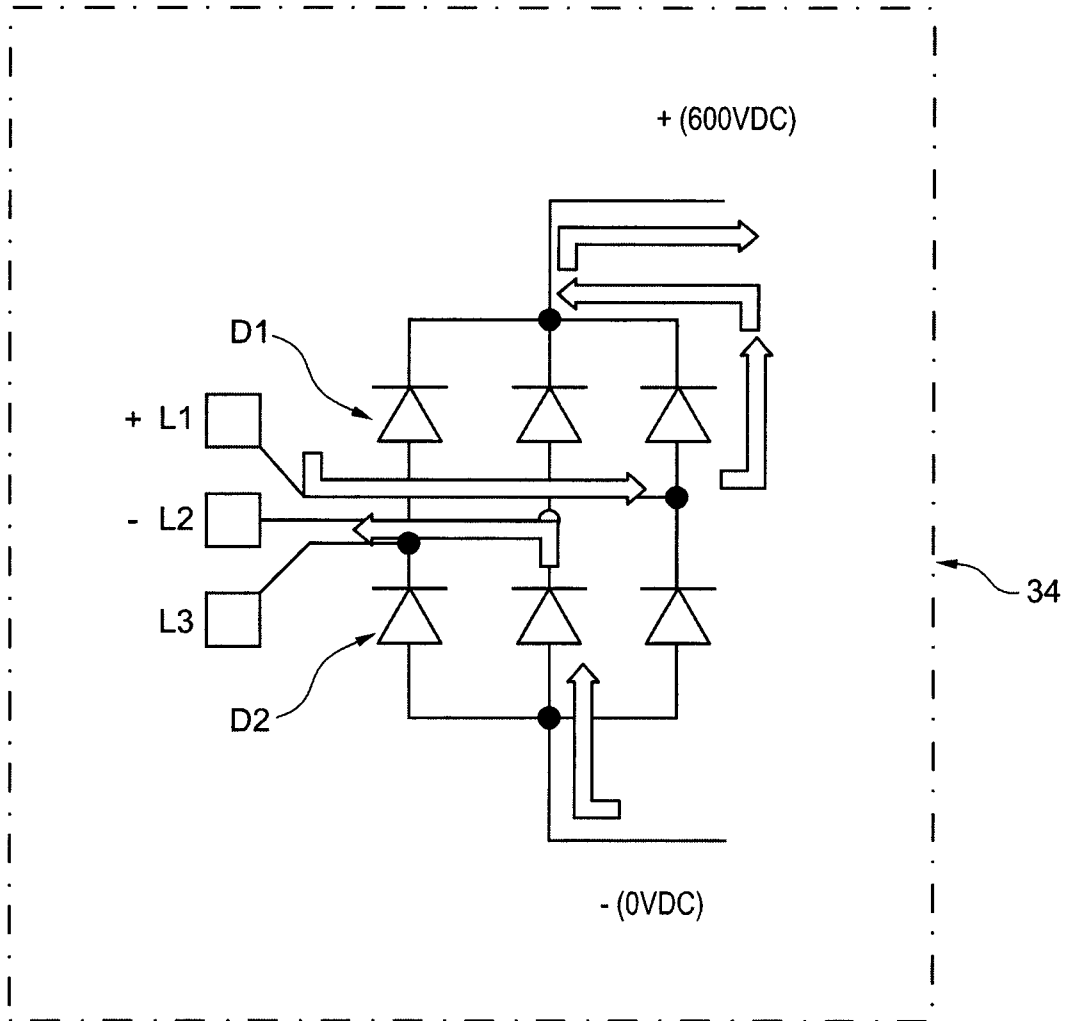


Fig. 3

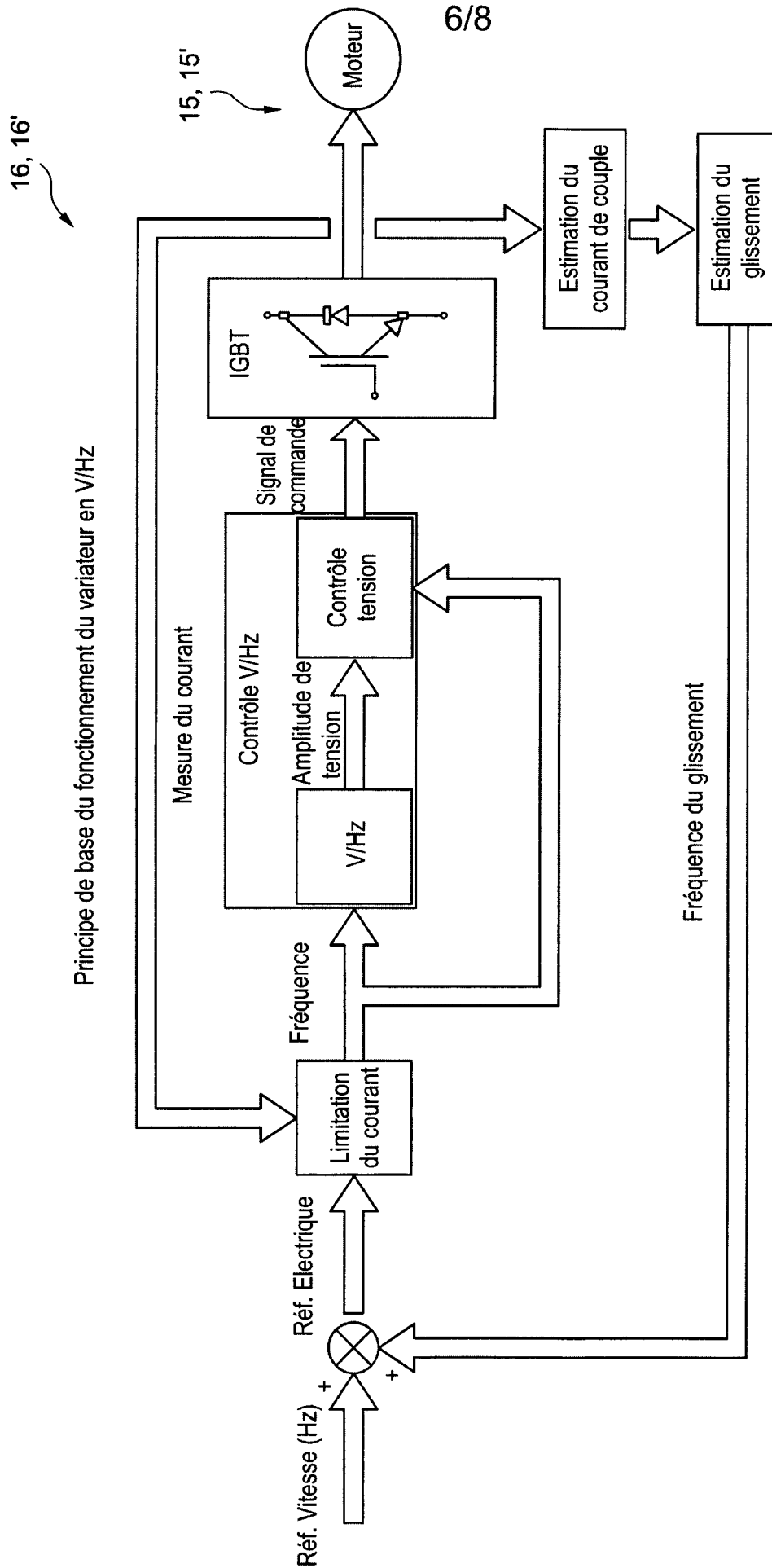


Fig. 4

Formes d'onde a la sortie du variateur

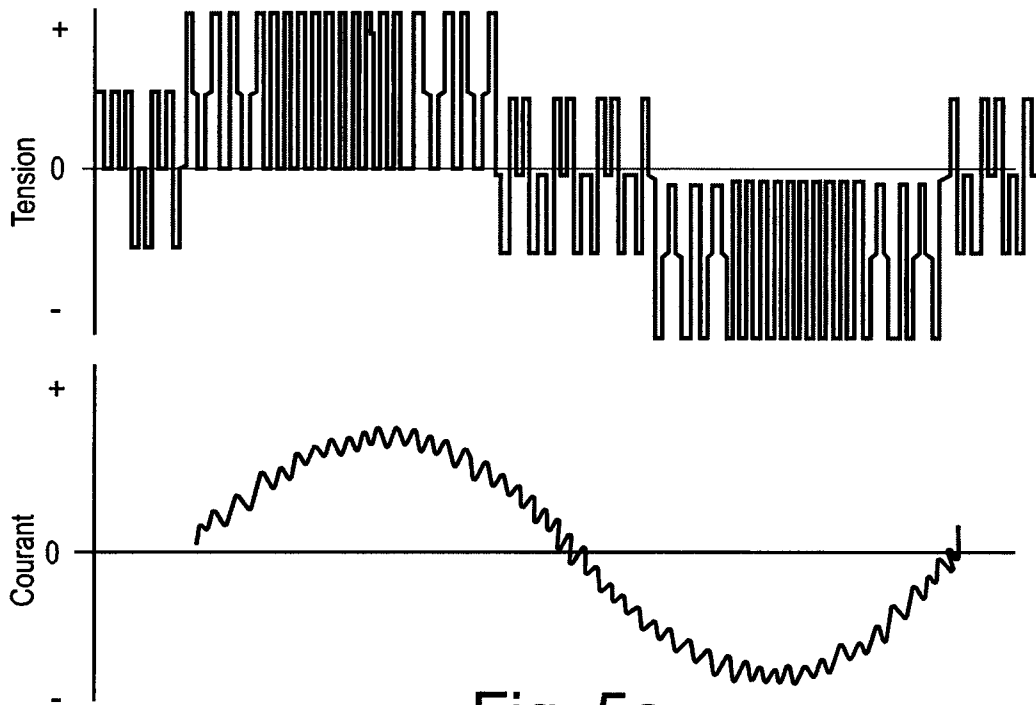


Fig. 5a

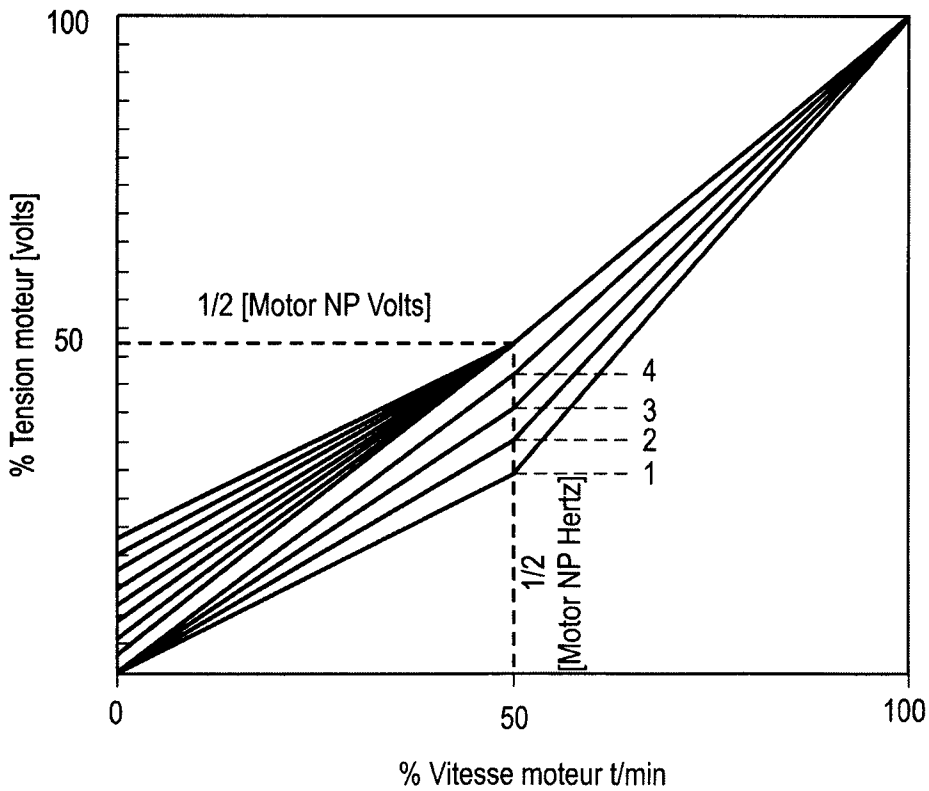


Fig. 5b

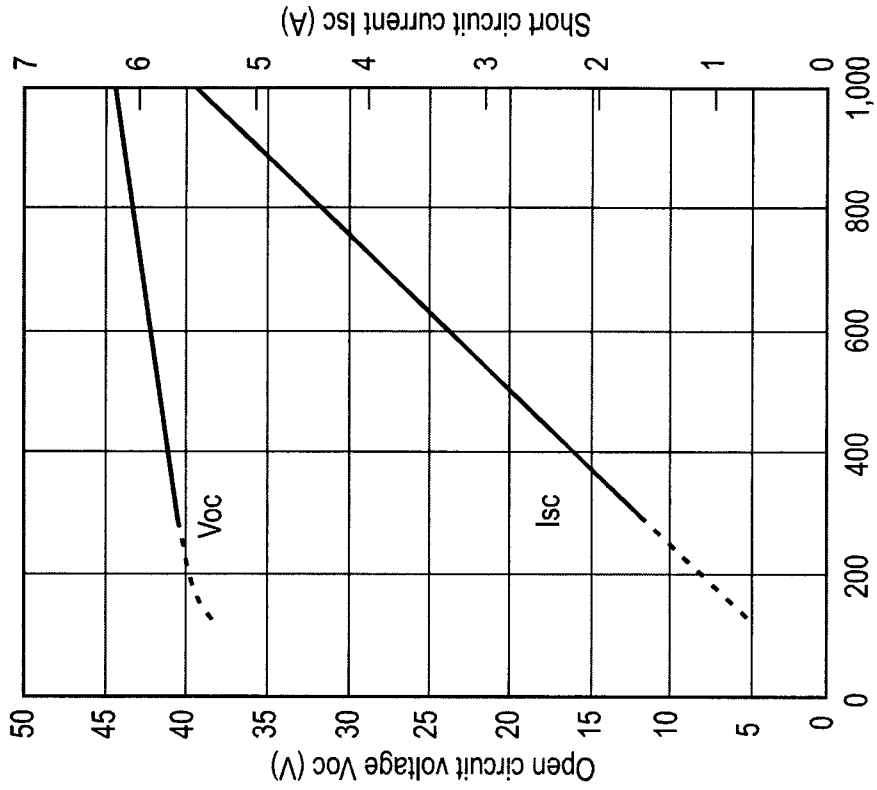


Fig. 6b

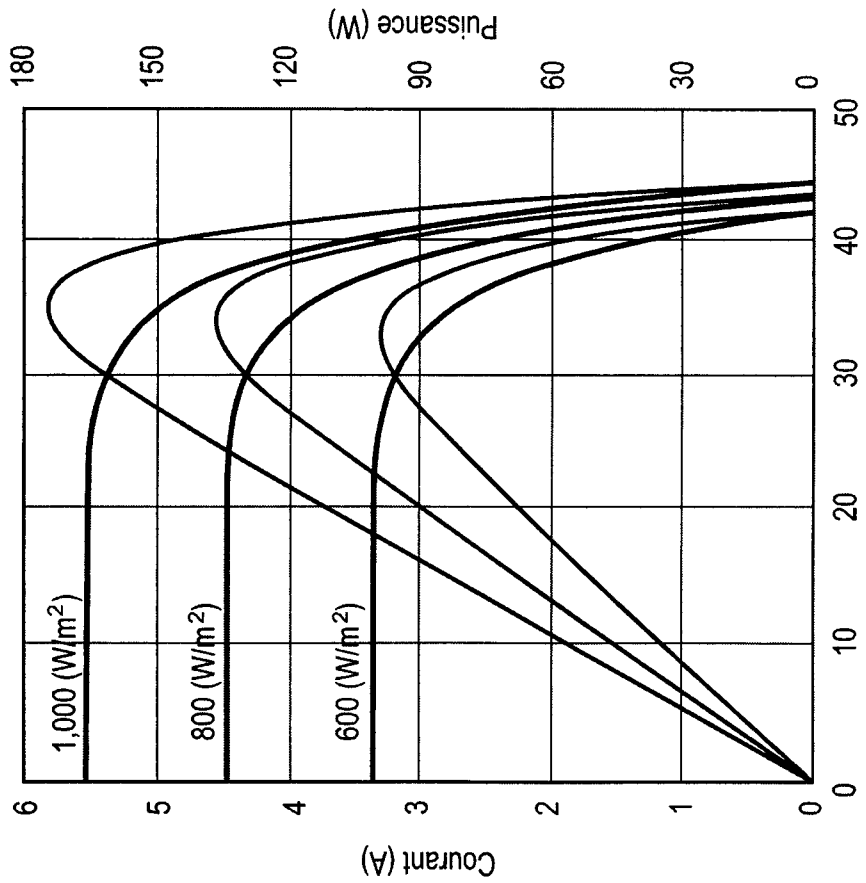


Fig. 6a