

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 10.09.12.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.03.14 Bulletin 14/11.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : YOUNI-IDRISSI MOHAMMED.

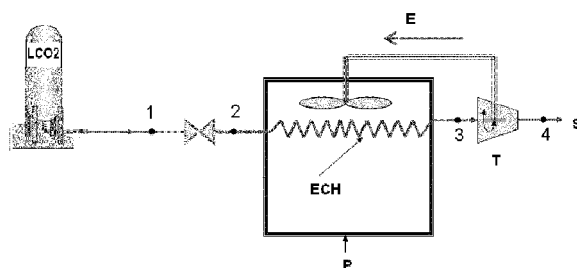
⑦3 Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE.

⑤4 PROCÉDE ET INSTALLATION DE REFROIDISSEMENT METTANT EN ŒUVRE DU CO₂ EN INJECTION
INDIRECTE ET ÉTANT AUTONOME EN ÉNERGIE.

⑤7 L'invention concerne un procédé (P) mettant en
œuvre du CO₂ liquide comme fluide cryogénique, permet-
tant de transférer des frigories à des produits à refroidir, pro-
cédé du type dit à injection indirecte où le CO₂ liquide est
envoyé dans un système d'échangeur thermique (ECH) où
il s'évapore, le transfert de froid aux produits passant par un
échange entre l'air environnant les produits et les parois
froides de l'échangeur thermique, se caractérisant par la
mise en œuvre des mesures suivantes :

- on dispose d'au moins une turbine (T) de détente, po-
sitionnée en sortie d'un des échangeurs du système
d'échangeur thermique, turbine connectée à un alternateur ;
- on dirige vers cette turbine tout ou partie des gaz pro-
duits en sortie (3) de l'échangeur considéré afin de produire
de l'électricité grâce à l'alternateur associé ;
- on utilise tout ou partie de l'électricité ainsi produite
pour alimenter (E) au moins un poste de l'installation néces-
sitant une alimentation électrique, préférentiellement pour
alimenter le ventilateur associé à l'échangeur considéré.



La présente invention concerne le domaine des procédés de refroidissement mettant en œuvre du CO₂. L'utilisation du CO₂ dans de tels procédés de refroidissement est, on le sait, très avantageuse puisque ce fluide présente une phase solide à -80°C à la pression atmosphérique, ce qui permet
5 de mettre en œuvre pour certaines applications de la glace sèche, glace très efficace notamment pour apporter du froid de manière localisée sans aucune installation frigorifique.

De nombreuses applications du CO₂ solide (glace sèche) sont
10 répertoriées dans la littérature et dans l'industrie, comme par exemple l'utilisation de sacs de glace carbonique chargés dans des conteneurs de transport de produits alimentaires ou pharmaceutiques, ou encore leur utilisation pour le maintien en froid des repas dans le domaine des transports aériens.

15 Dans de tels procédés et applications, le CO₂ est destiné le plus souvent à être utilisé en situation d'injection dite « directe » (le CO₂ solide est présent dans des sacs poreux ou encore dans un compartiment du conteneur en communication avec les produits transportés et libère progressivement ses
20 frigories), avec des températures de régulation des produits à refroidir qui varient typiquement entre 0 à -20°C dans le cas du transport réfrigéré, et entre -40°C à -70°C dans les cellules et autres tunnels de refroidissement de produits.

25 Si l'utilisation du CO₂ en injection directe présente des avantages incontestables, notamment l'absence de barrière thermique et par conséquent, la garantie d'une efficacité thermique maximale, elle présente en revanche des inconvénients, parmi lesquels on peut citer les difficultés suivantes :

- la question de la sécurité : une telle mise en œuvre requiert la mise en
30 place de dispositifs permettant d'éviter le risque d'asphyxie (systèmes d'alarme, systèmes d'extraction, capteurs de CO₂), avec les coûts et les contraintes que cela implique ;

- le bilan thermodynamique : les calories des gaz d'extraction notamment ceux à $-40^{\circ}\text{C}/-70^{\circ}\text{C}$ sont difficilement valorisables car après leur contact direct avec les produits à refroidir, ils deviennent pollués, par la présence de traces d'humidité, de particules de produits, etc...

5

Si comme on vient de la voir le CO_2 est destiné le plus souvent à être utilisé en situation d'injection dite « directe » il existe également de nombreuses applications où le CO_2 est utilisé en injection dite « indirecte » dans une boucle ouverte, notamment dans des applications pour le transport réfrigéré mais également dans des tunnels de surgélation; où un échangeur de chaleur est alimenté en CO_2 liquide qui en s'évaporant dans cet échangeur, extrait de la chaleur du milieu environnant à refroidir et produit ainsi le froid désiré (le transfert du froid aux produits passe par un échange avec l'air interne du tunnel ou du camion par l'intervention de moyens de ventilation associés à chaque échangeur).

15

Ici encore le CO_2 gazeux, résultant de la vaporisation du liquide dans les échangeurs, est rejeté à l'extérieur après extraction de ses frigories, sans être valorisé.

20

On sait en effet que la pression du CO_2 liquide (permettant de déduire sa température de saturation) à l'entrée d'un tel échangeur va dépendre de l'application de refroidissement visée, mais cette pression est dans tous les cas située entre 20bar/ -20°C (conditions dites « standards ») et 5,18bar/ $-56,6^{\circ}\text{C}$ (le point critique du CO_2 , en dessous duquel on formera un mélange solide/vapeur). La pression de sortie est équivalente à celle de l'entrée diminuée des pertes de charges dans l'échangeur. Ces pertes de charges dépendent du débit du CO_2 circulant dans l'échangeur, de la surface d'échange, de la configuration de l'échangeur. Ces pertes de charges peuvent couramment atteindre quelques centaines de mbar. Ainsi, on dispose dans toutes ces applications cryogéniques, en sortie d'échangeur, d'une pression encore élevée et ce gaz étant rejeté vers l'extérieur sans valorisation, on

25

30

réalise une détente sans récupération d'énergie vers la pression atmosphérique.

Comme on le verra plus en détails dans ce qui suit, la présente invention
5 souhaite proposer un nouveau procédé de refroidissement mettant en œuvre
du CO₂ en injection indirecte, dont le bilan énergétique global soit largement
amélioré, s'attachant pour cela à récupérer l'énergie de détente pour l'utiliser
totalement ou en partie afin d'alimenter d'autres composants du système
consommateurs d'énergie électrique, notamment comme on le verra pour
10 alimenter en électricité le ventilateur qui lui est associé.

Pour cela, la présente invention propose d'intégrer une turbine de
détente en sortie d'échangeur, et l'on dirige dans cette turbine les gaz de
sortie d'échangeur, turbine où ces gaz vont subir une détente quasi-
15 isentropique. Connectée à un alternateur, cette détente permet de produire une
énergie électrique qui peut être utilisée partiellement ou totalement sur un
poste de l'installation nécessitant une alimentation électrique (tel des
électrovannes, des capteurs etc...) mais préférentiellement pour alimenter le
ventilateur de l'échangeur. On est alors ici dans une configuration où le groupe
20 cryogénique fonctionnant en injection indirecte au CO₂ est totalement, ou
partiellement au moins, autonome en énergie.

Comme il apparaîtra clairement à l'homme du métier, une telle
autonomie énergétique d'un tel groupe est un point extrêmement avantageux,
25 notamment pour les applications de transport cryogénique en camions où
l'autonomie électrique est un point critique, son obtention se révélant couteuse
en batteries, batteries dont l'encombrement et l'impact environnemental
pénalisent les procédés de transport existants. La proposition technique de la
présente invention permet d'améliorer tous ces aspects.

30

L'invention concerne alors un procédé mettant en œuvre du CO₂ liquide
comme fluide cryogénique, permettant de transférer des frigories à des

produits à refroidir, procédé du type dit à injection indirecte où le CO₂ liquide est envoyé dans un système d'échangeur thermique où il s'évapore, le transfert de froid aux produits s'effectuant par un échange entre l'air environnant les produits et les parois froides de l'échangeur thermique, favorisé par l'intervention de moyens de ventilation associés au système d'échangeur thermique et aptes à mettre en contact l'air environnant les produits avec les parois froides de l'échangeur, se caractérisant par la mise en œuvre des mesures suivantes :

- on dispose d'au moins une turbine de détente, positionnée en sortie d'un des échangeurs du système d'échangeur thermique, turbine connectée à un alternateur ;

- on dirige vers cette turbine tout ou partie des gaz produits en sortie de l'échangeur considéré afin de produire de l'électricité grâce à l'alternateur associé ;

- on utilise tout ou partie de l'électricité ainsi produite pour alimenter au moins un poste de l'installation nécessitant une alimentation électrique (tel une électrovanne ou un capteur etc..), et préférentiellement pour alimenter le ventilateur associé à l'échangeur considéré.

Selon un des modes de mise en œuvre de l'invention, le système d'échangeur thermique comporte plusieurs échangeurs, et l'on rassemble tous les gaz issus des différents échangeurs du système en un unique gaz de sortie, tout ou partie de ce gaz de sortie ainsi collecté étant dirigé vers ladite turbine.

L'invention concerne également une installation mettant en œuvre du CO₂ liquide comme fluide cryogénique, permettant de transférer des frigories à des produits à refroidir, installation du type dit à injection indirecte qui comprend un système d'échangeur thermique où est envoyé le CO₂ liquide qui s'y évapore, le transfert de froid aux produits s'effectuant par un échange entre l'air environnant les produits et les parois froides de l'échangeur thermique, l'installation comprenant également des moyens de ventilation associés au

système d'échangeur thermique qui sont aptes à mettre en contact l'air environnant les produits avec les parois froides de l'échangeur pour ainsi favoriser ledit échange, se caractérisant par la mise en œuvre des mesures suivantes :

- 5 - l'installation comprend au moins une turbine de détente, positionnée en sortie d'un des échangeurs du système d'échangeur thermique, turbine connectée à un alternateur ;
- l'installation comprend un système de canalisations permettant de diriger vers cette turbine tout ou partie des gaz produits en sortie de
- 10 l'échangeur considéré afin de produire de l'électricité grâce à l'alternateur associé ;
- l'installation comprend des moyens permettant de diriger tout ou partie de l'électricité ainsi produite pour alimenter au moins un poste de l'installation nécessitant une alimentation électrique (tel une électrovanne ou un capteur
- 15 etc.), et préférentiellement pour alimenter le ventilateur associé à l'échangeur considéré.

 Selon un des modes de mise en œuvre de l'invention, le système d'échangeur thermique de l'installation comporte plusieurs échangeurs, et ledit

20 système de canalisation est apte à rassembler tous les gaz issus des différents échangeurs du système en un unique gaz de sortie, et à diriger tout ou partie de ce gaz de sortie ainsi collecté vers ladite turbine.

 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention

25 apparaîtront plus clairement dans la description suivante, donnée à titre illustratif mais nullement limitatif, faite en relation avec les dessins et diagrammes de Mollier annexés pour lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique partielle d'une installation permettant la mise en œuvre de l'invention, qui permet de
- 30 visualiser le cheminement du CO₂ dans un procédé conforme à l'invention.
- la figure 2 fournit un digramme de Mollier où figure le cheminement du gaz en les différentes étapes de la figure 1.

- la figure 3 est une représentation schématique partielle d'un autre mode de réalisation de l'invention, où le gaz subit une transformation supplémentaire (réchauffement avant d'atteindre la turbine).

5 - la figure 4 fournit un digramme de Mollier où figure le cheminement du gaz en les différentes étapes de la figure 2.

- la figure 5 est une représentation schématique partielle d'un autre mode de réalisation de l'invention, où le gaz subit deux transformations supplémentaires : réchauffement avant d'atteindre la turbine et récupération des gaz en sortie de turbine vers le procédé de refroidissement.

10 - la figure 6 fournit un digramme de Mollier où figure le cheminement du gaz en les différentes étapes de la figure 5.

On va ainsi mieux comprendre les transformations thermodynamiques qui interviennent grâce à l'invention, en plus de la transformation thermodynamique principale que subit le CO_2 , c'est-à-dire son évaporation dans l'échangeur de chaleur permettant de produire la puissance frigorifique désirée.

En l'occurrence on propose selon l'invention au moins une transformation supplémentaire, voire deux dans une variante de l'invention, voire même trois transformations supplémentaires dans une autre variante de la présente invention :

- selon l'invention, le gaz subit une détente dans la turbine ;
- selon un des modes de mise en œuvre de l'invention, il subit une transformation supplémentaire (optionnelle) qui est un réchauffement des gaz en sortie d'échangeur pour les amener au moins à la température ambiante, ce qui peut se faire par exemple simplement en véhiculant les gaz de sortie dans des tubes non-isolés qui échangent avec l'air ambiant ;
- selon un autre des modes de mise en œuvre de l'invention, il subit non seulement la transformation supplémentaire précédente (un réchauffement) mais il subit également une troisième transformation, par le fait que les gaz récupérés en sortie de turbine (turbine qui provoque une baisse significative de la température des gaz qui la traverse) ne sont pas

envoyés vers l'extérieur mais sont au contraire valorisés, par exemple en les utilisant dans le procédé de refroidissement, qu'il s'agisse par exemple d'un tunnel ou encore toujours à titre illustratif d'un camion de transport de produits thermosensibles, par exemple en envoyant ces gaz récupérés dans un échangeur interne au procédé en question.

La figure 1 annexée est une représentation schématique partielle d'une installation de mise en œuvre de l'invention, qui permet de visualiser de façon simple et claire le cheminement du CO_2 dans un procédé conforme à l'invention. Le système d'échangeur ECH est mis en œuvre dans un procédé P dit à injection indirecte, par exemple dans une opération de refroidissement de produits, par exemple de surgélation ou de croustage de produits, en particulier de produits alimentaires (le système d'échangeur est alors par exemple présent à l'intérieur d'une cellule ou d'un tunnel cryogénique), ou encore à l'intérieur d'une chambre d'un camion frigorifique transportant des produits périssables thermosensibles.

On peut se reporter, pour mieux suivre ce qui suit, au diagramme de Mollier annexé en figure 2, diagramme bien connu de l'homme du métier (pression en ordonnée (MPa) / enthalpie en abscisse (kJ/kg)).

Comme on peut le lire sur ces figures, le CO_2 liquide (point 1) soutiré du stockage, est détendu à une pression par exemple voisine de 6 à 10 bar (point 2), avant d'atteindre le système d'échangeur ECH.

Comme on l'a déjà bien expliqué, il se produit dans l'échangeur l'évaporation du CO_2 pour produire la quantité de froid désirée.

Les gaz obtenus en sortie d'échangeur (point 3) sont alors dirigés dans une turbine T où ils subissent une détente quasi-isentropique (rendement 90%), la pression de détente est limitée pour ne pas pénétrer dans la zone solide-vapeur (S+V).

Tout ou partie de l'électricité produite par l'ensemble « turbine/alternateur » est alors dirigée (E) vers le ventilateur associé à l'échangeur (mais comme on l'a déjà dit, elle pourrait également être dirigée –

en totalité ou partiellement - vers tout autre composant de l'installation consommant de l'électricité).

Par ailleurs, ici, les gaz obtenus en sortie de turbine T (point 4) sont évacués vers l'extérieur (s).

5

Comme on l'a mentionné plus haut, selon un des modes de mise en œuvre de l'invention, le gaz subit non seulement la détente dans la turbine T, mais il subit de plus une transformation supplémentaire qui est un réchauffement des gaz en sortie d'échangeur (avant qu'ils n'atteignent la turbine T) pour les amener au moins à la température ambiante, ce qui peut se faire par exemple simplement en véhiculant les gaz de sortie dans des tubes non-isolés qui échangent avec l'air ambiant.

10

La figure 3 annexée, et le diagramme de Mollier annexé en figure 4 ci-après permettent de mieux appréhender cette situation :

15

- ici encore, le CO₂ liquide soutiré du stockage (point 1), est détendu à une pression par exemple voisine de 6 à 10 bar (point 2), avant d'atteindre le système d'échangeur ECH.

- comme on l'a déjà bien expliqué, il se produit dans l'échangeur l'évaporation du CO₂ pour produire la quantité de froid désirée.

20

- avant d'atteindre la turbine T (point 4), les gaz obtenus en sortie d'échangeur (point 3) subissent, entre les points 3 et 4 un réchauffement, par exemple par le fait que la portion de canalisation entre les points 3 et 4 est réalisée en un tube non-isolé qui échange avec l'air ambiant. Ceci permet d'alimenter la turbine T avec des gaz plus chauds.

25

- ces gaz sont donc dirigés dans la turbine T où ils subissent une détente quasi-isentropique (rendement 90%), la pression de détente est limitée pour ne pas pénétrer dans la zone solide-vapeur (S+V).

- tout ou partie de l'électricité produite par l'ensemble « turbine/alternateur » est alors dirigée (E) vers le ventilateur associé à l'échangeur.

30

- les gaz obtenus en sortie de turbine T (point 5) sont par exemple évacués vers l'extérieur (s).

- comme on peut ainsi le constater sur le diagramme, le réchauffement des vapeurs avant qu'elles n'atteignent la turbine, permet la récupération d'une plus grande quantité d'énergie que dans le cas précédent des figures 1 et 2.

5 Comme on l'a donc mentionné plus haut, selon un autre des modes de mise en œuvre de l'invention, le gaz subit non seulement la détente dans la turbine T, mais il subit de plus deux transformations supplémentaires, un réchauffement des gaz en sortie d'échangeur pour les amener au moins à la température ambiante, avant qu'ils n'atteignent la turbine T, et également une
10 transformation additionnelle, par le fait que les gaz récupérés en sortie de turbine (turbine qui provoque une baisse significative de la température des gaz qui la traversent) ne sont pas envoyés vers l'extérieur mais sont au contraire valorisés, par exemple en les utilisant dans le procédé de refroidissement, qu'il s'agisse par exemple d'un tunnel ou encore toujours à
15 titre illustratif d'un camion de transport de produits thermosensibles, par exemple en envoyant ces gaz récupérés dans un échangeur interne au procédé en question.

La figure 5 annexée, et le diagramme de Mollier annexé en figure 6 ci-après permettent de mieux appréhender cette situation :

20 - ici encore, le CO₂ liquide soutiré du stockage (point 1), est détendu à une pression par exemple voisine de 6 à 10 bar (point 2), avant d'atteindre le système d'échangeur ECH.

- comme on l'a déjà bien expliqué, il se produit dans l'échangeur l'évaporation du CO₂ pour produire la quantité du froid désirée.

25 - avant d'atteindre la turbine T (point 4), les gaz obtenus en sortie d'échangeur (point 3) subissent, entre les points 3 et 4 un réchauffement, par exemple comme exemplifié ci-dessus. Ceci permet d'alimenter la turbine T avec des gaz plus chauds.

- ces gaz sont donc dirigés dans la turbine T où ils subissent une
30 détente quasi-isentropique (rendement 90%), la pression de détente est limitée pour ne pas pénétrer dans la zone solide-vapeur (S+V).

- tout ou partie de l'électricité produite par l'ensemble « turbine/alternateur » est alors dirigée (E) vers le ventilateur associé à l'échangeur.

- 5 - les gaz obtenus en sortie de turbine T (point 5) sont récupérés : on récupère cette puissance frigorifique (chaleur sensible) en injectant ce gaz dans le procédé de refroidissement P lui-même (tunnel, camion...), via un échangeur de chaleur (point 6).

10 Le tableau ci-dessous montre un exemple de calcul de la puissance électrique (via la détente des gaz) pouvant être récupérée grâce au procédé selon l'invention :

Echangeur	Puissance frigorifique	1850	W
	Enthalpie d'entrée	155,5	kJ/kg
	Pression d'entrée	10	bar
	Pertes de charge	0,2	bar
	Pression de sortie	9,8	bar
	Température de sortie	-10	°C
	Entropie de sortie	2,17	kJ/kg K
	Enthalpie de sortie	465,0	kJ/kg

Turbine	Température entrée	-10	°C
	Pression entrée	9,7	bar
	Enthalpie entrée	465	kJ/kg
	Pression sortie	5,2	bar
	Entropie entrée	2,17	kJ/kg/K
	Température sortie	-47,5	°C
	Enthalpie sortie	438,5	kJ/kg
	Rendement isentropique	90%	
	Débit du CO2	6,0	g/s
	Puissance récupérée	143	W

Tableau 1

Comme il apparaîtra clairement à l'homme du métier, au regard des caractéristiques thermodynamiques du CO₂, la pression en sortie de la turbine est limitée si l'on veut maintenir le CO₂ à l'état de vapeur, en dessous de cette limite, on forme des cristaux de neige carbonique, préjudiciables au bon fonctionnement de cette turbine.

La pression limite de sortie de turbine dépend largement de la température du CO₂ en entrée de turbine (sortie échangeur) et du niveau de pression en entrée.

A titre illustratif, les deux figures 7 et 8 annexées montrent l'évolution de cette limite et le potentiel d'énergie électrique à récupérer en fonction de la pression après détente, pour deux niveaux de pression à l'entrée de la turbine à 10bar et à 6bar, pour un faible débit du CO₂ de 6g/s.

A la lumière de l'enseignement de ces courbes, nous remarquons que la puissance électrique qui peut être récupérée représente selon les conditions d'exploitation entre 5% et 20% de la puissance frigorifique instantanée.

Prenons dans ce qui suit l'exemple d'un camion frigorifique de transports de produits thermosensibles.

Rappelons que le contrôle de procédé typiquement mis en œuvre dans de tels camions fonctionnant en injection indirecte est le suivant :

1- lors de la mise en route du système frigorifique du camion (par exemple au démarrage d'une tournée ou après un arrêt prolongé du système frigorifique pour une raison quelconque) ou encore après une ouverture de porte, on adopte un mode de descente rapide en température (cette industrie nomme cette phase « pull-down »).

2- Une fois la température de consigne requise atteinte dans la chambre de stockage des produits, on adopte un mode de contrôle/régulation qui permet de maintenir la température de la chambre de stockage des produits à la valeur de la consigne requise (phase de « maintien »).

On comprend donc que lors du fonctionnement d'un tel camion frigorifique, la puissance frigorifique instantanée va varier selon :

5 - Que l'on est en pleine charge (phase de descente rapide pour l'une ou l'autre des causes évoquées plus haut). Pour cette phase de fonctionnement, la puissance frigorifique est très élevée, elle est de l'ordre de quelques dizaines de kilowatts pour un transporteur mono-température par exemple ;

10 - Que l'on est en charge partielle (phase de maintien), ce qui se produit pendant la majeure partie du fonctionnement du camion. Pour cette phase de maintien, la puissance frigorifique est réduite, elle est de l'ordre de quelques kilowatts.

15 La puissance électrique récupérée varie donc selon la phase de fonctionnement considérée. Pour garantir une alimentation continue des composants consommant de l'électricité dans le groupe cryogénique (ventilateur(s), électrovanne(s), armoire électrique, capteurs de mesures, système de télémétrie, ...), il est alors envisagé selon un mode avantageux de mise en œuvre de l'invention, de disposer d'une batterie de stockage électrique
20 reliée à l'alternateur, permettant le stockage de « l'excès » de production électrique, notamment durant les phases de fonctionnement en pleine charge afin de palier à une insuffisance pendant la période de fonctionnement à charge partielle.

25 En résumé, lorsqu'une telle batterie est présente, on peut adopter des modes de fonctionnement très variés, selon que l'on se met en direct sur l'alternateur pour alimenter tel ou tel composant consommateur, ou bien que l'on se met en alimentation sur la batterie, totalement ou partiellement, à titre illustratif :

30 - on peut être en direct sur l'alternateur, tant durant la phase de descente rapide que durant la phase de maintien ;

- on peut fonctionner sur la batterie tant durant la phase de descente rapide que durant la phase de maintien (si bien entendu on a suffisamment stocké d'électricité dans la batterie) ;

5 - on peut « panacher » les sources d'électricité : par exemple avoir stocké dans la batterie l'excès généré par l'alternateur durant la phase de descente rapide, et ensuite en phase de maintien tirer soit sur le l'alternateur soit sur la batterie ;

10 - selon une autre alternative, dans une démarche de « zéro adhesion » sur la surface de l'échangeur, bien connue de l'homme du métier, on peut durant une première partie de la phase de descente rapide fonctionner « ventilateur arrêté » et donc durant cette sous-phase, le ventilateur associé ne consomme pas, on peut alors diriger l'électricité produite par l'alternateur durant cette sous-phase soit vers un autre poste consommateur (vanne etc...), soit plus préférentiellement vers la batterie pour y être stockée.

15

Revendications

1. Procédé (P) mettant en œuvre du CO₂ liquide comme fluide cryogénique, permettant de transférer des frigories à des produits à refroidir, procédé du type dit à injection indirecte où le CO₂ liquide est envoyé dans un système d'échangeur thermique (ECH) où il s'évapore, le transfert de froid aux produits s'effectuant par un échange entre l'air environnant les produits et les parois froides de l'échangeur thermique, favorisé par l'intervention de moyens de ventilation associés au système d'échangeur thermique et aptes à mettre en contact l'air environnant les produits avec les parois froides de l'échangeur, se caractérisant par la mise en œuvre des mesures suivantes :

- on dispose d'au moins une turbine (T) de détente, positionnée en sortie d'un des échangeurs du système d'échangeur thermique, turbine connectée à un alternateur ;

- on dirige vers cette turbine tout ou partie des gaz produits en sortie (3) de l'échangeur considéré afin de produire de l'électricité grâce à l'alternateur associé ;

- on utilise tout ou partie de l'électricité ainsi produite pour alimenter (E) au moins un poste de l'installation nécessitant une alimentation électrique, préférentiellement pour alimenter le ventilateur associé à l'échangeur considéré.

2. Procédé selon la revendication 1, se caractérisant en ce que le système d'échangeur thermique comporte plusieurs échangeurs, et en ce que l'on rassemble tous les gaz issus des différents échangeurs du système en un unique gaz de sortie, tout ou partie de ce gaz de sortie ainsi collecté étant dirigé vers ladite turbine.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, se caractérisant en ce que l'on procède à un réchauffement des gaz en sortie d'échangeur, avant leur arrivée dans ladite turbine, pour les amener au moins à la température ambiante, par exemple en véhiculant ces gaz de sortie dans une canalisation non-isolée qui échange avec l'air ambiant.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, se caractérisant en ce que les gaz récupérés en sortie de turbine ne sont pas évacués vers l'extérieur mais sont au contraire valorisés, par le fait que l'on utilise tout ou partie de leurs frigories pour participer audit refroidissement des produits.

5. Procédé selon la revendication 4, se caractérisant en ce que tout ou partie des gaz récupérés sont envoyés dans un des échangeurs dudit système d'échangeur.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, se caractérisant en ce que l'on dispose d'une batterie de stockage électrique, reliée à l'alternateur, permettant le stockage de tout ou partie de l'électricité produite par l'alternateur durant les phases opérationnelles de l'échangeur considéré.

7. Installation mettant en œuvre du CO₂ liquide comme fluide cryogénique, permettant de transférer des frigories à des produits à refroidir, installation du type dit à injection indirecte qui comprend un système d'échangeur thermique (ECH) où est envoyé le CO₂ liquide qui s'y évapore, le transfert de froid aux produits s'effectuant par un échange entre l'air environnant les produits et les parois froides de l'échangeur thermique, l'installation comprenant également des moyens de ventilation associés au système d'échangeur thermique qui sont aptes à mettre en contact l'air environnant les produits avec les parois froides de l'échangeur pour ainsi favoriser ledit échange, se caractérisant par la mise en œuvre des mesures suivantes :

- l'installation comprend au moins une turbine (T) de détente, positionnée en sortie (3) d'un des échangeurs du système d'échangeur thermique, turbine connectée à un alternateur ;

- l'installation comprend un système de canalisations permettant de diriger vers cette turbine tout ou partie des gaz produits en sortie de l'échangeur considéré afin de produire de l'électricité grâce à l'alternateur associé ;

- l'installation comprend des moyens permettant de diriger tout ou partie de l'électricité ainsi produite pour alimenter (E) au moins un poste de l'installation nécessitant une alimentation électrique, préférentiellement pour alimenter le ventilateur associé à l'échangeur considéré.

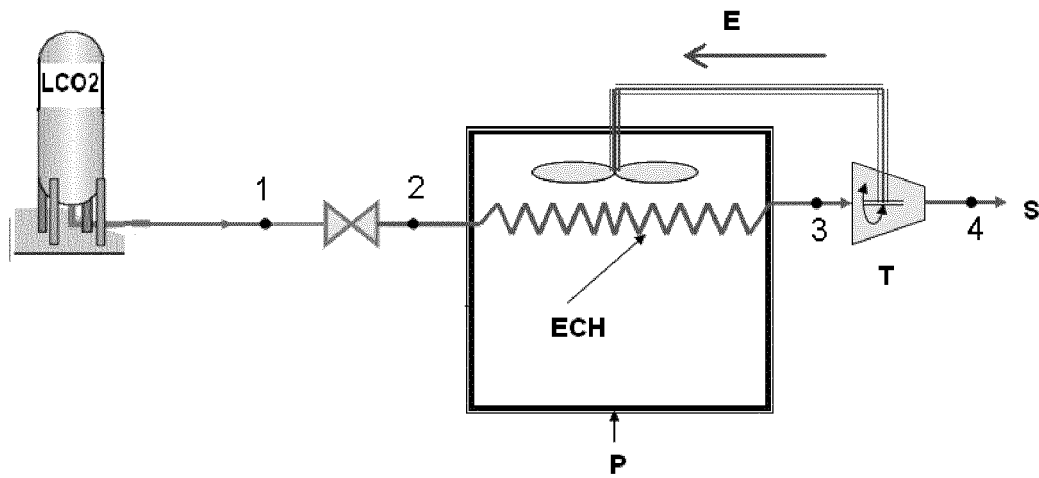
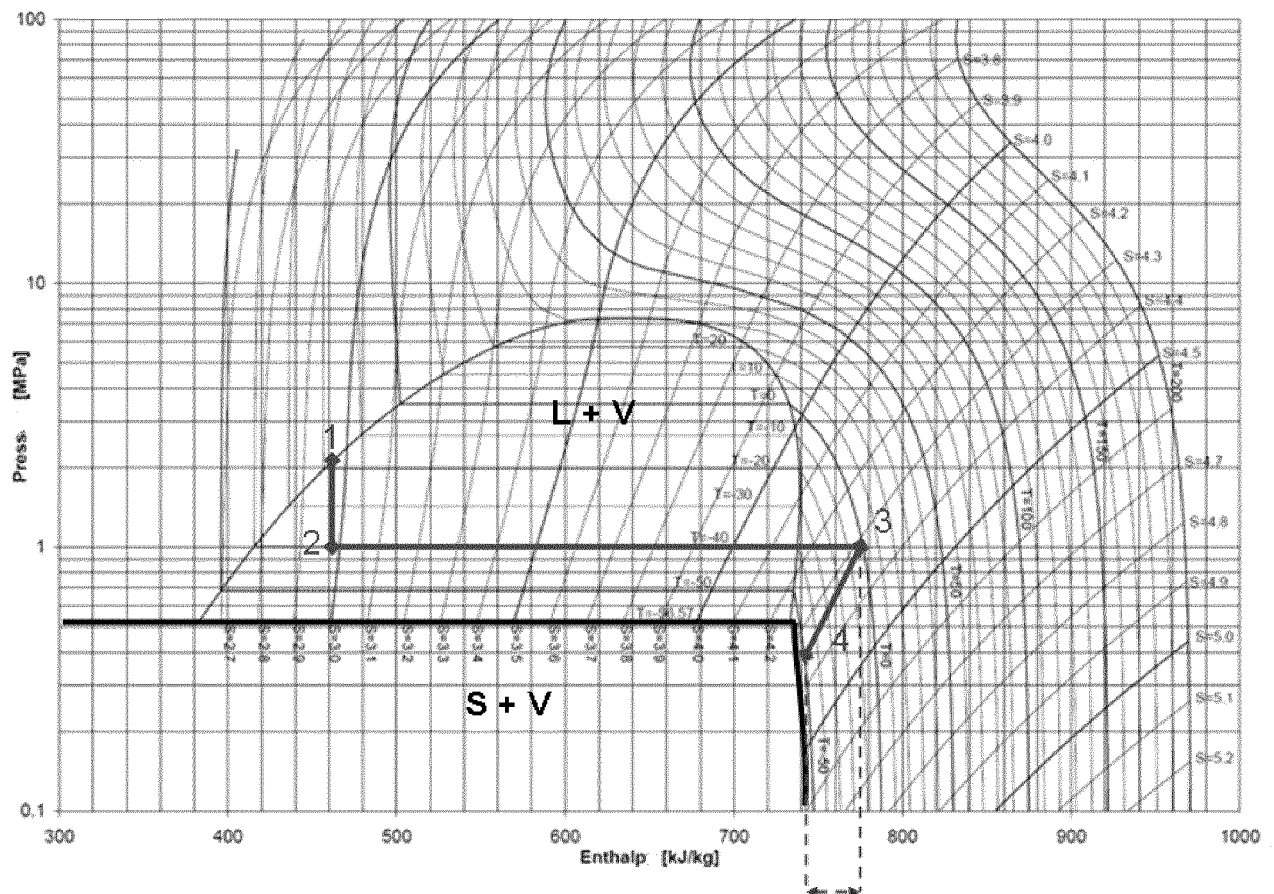
5 **8.** Installation selon la revendication 7, se caractérisant en ce que le système d'échangeur thermique comporte plusieurs échangeurs, et en ce que ledit système de canalisation est apte à rassembler tous les gaz issus des différents échangeurs du système en un unique gaz de sortie, et à diriger tout ou partie de ce gaz de sortie ainsi collecté vers ladite turbine.

10 **9.** Installation selon la revendication 7 ou 8, se caractérisant en ce que le système de canalisations permettant de diriger vers la turbine tout ou partie des gaz produits en sortie de l'échangeur considéré est non isolé, permettant un réchauffement de ces gaz en sortie d'échangeur, avant leur arrivée dans ladite turbine, pour les amener au moins à la température ambiante.

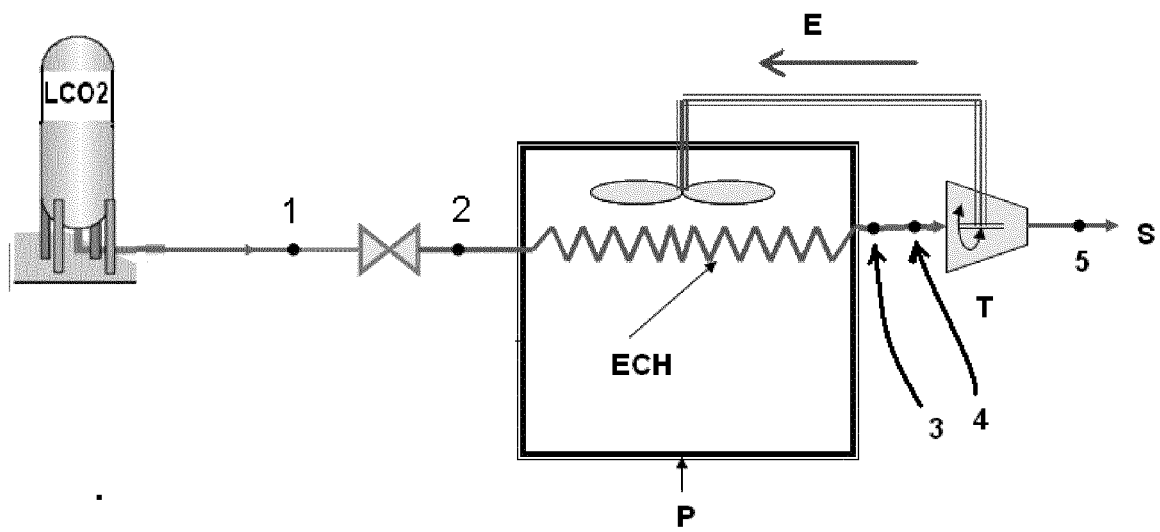
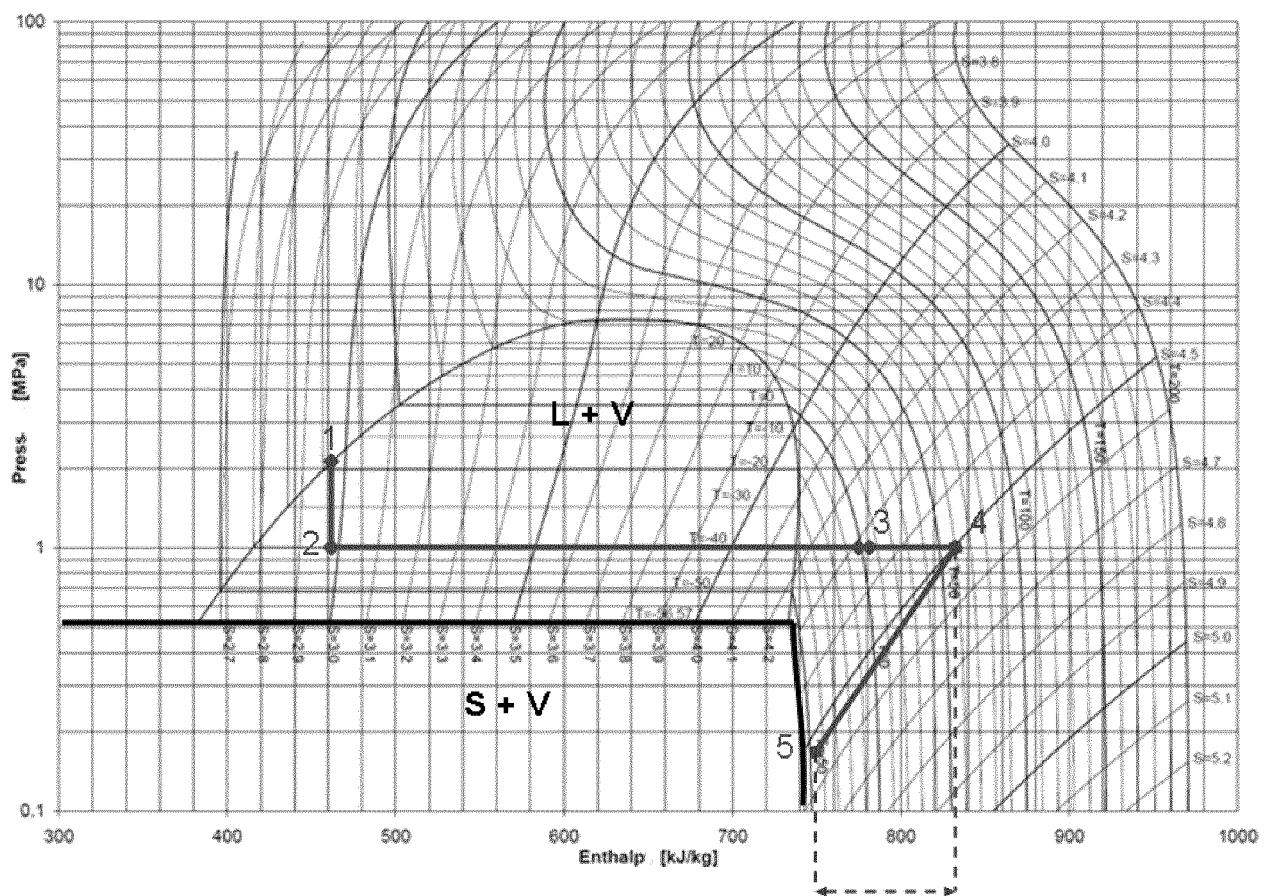
15 **10.** Installation selon l'une des revendications 7 à 9, se caractérisant en ce que qu'elle comprend des moyens permettant de récupérer tout ou partie des gaz issus de la turbine pour les envoyer dans un des échangeurs dudit système d'échangeur.

20 **11.** Installation selon l'une des revendications 7 à 10, se caractérisant en ce que qu'elle comprend une batterie de stockage électrique, reliée à l'alternateur, permettant le stockage de tout ou partie de l'électricité produite par l'alternateur durant les phases opérationnelles de l'échangeur considéré.

1/4

**Figure 1****Figure 2**

2/4

**Figure 3****Figure 4**

3/4

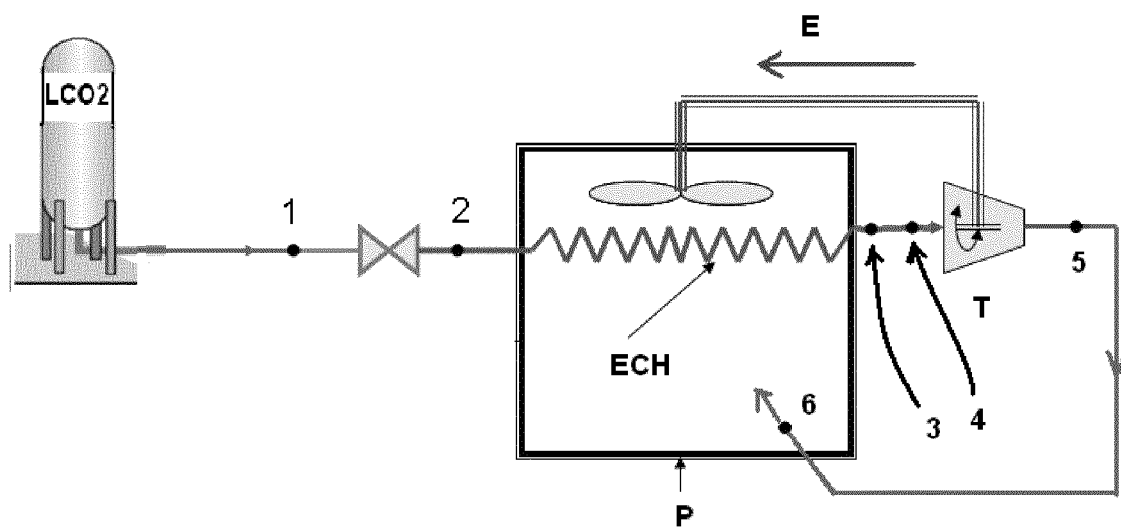


Figure 5

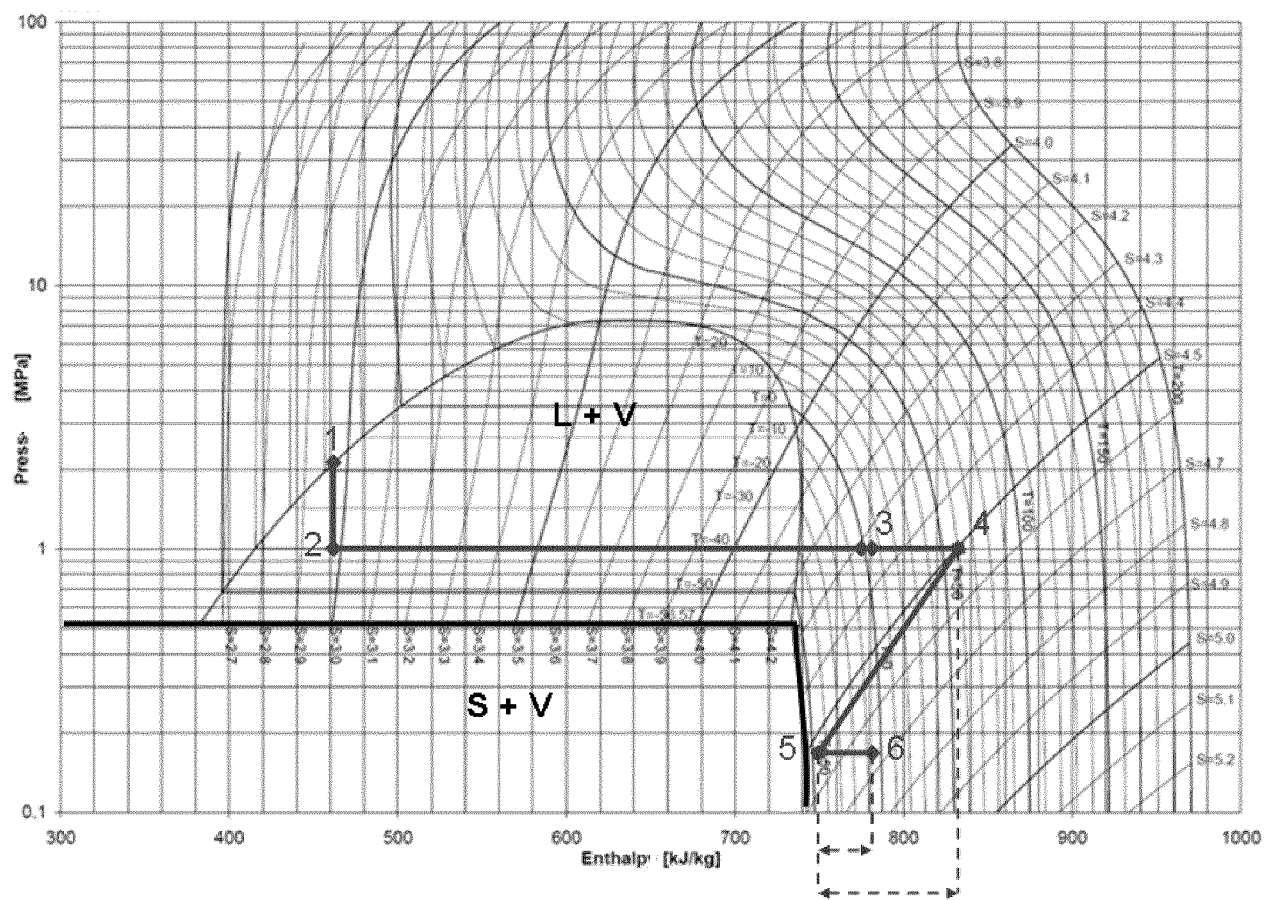


Figure 6

4/4

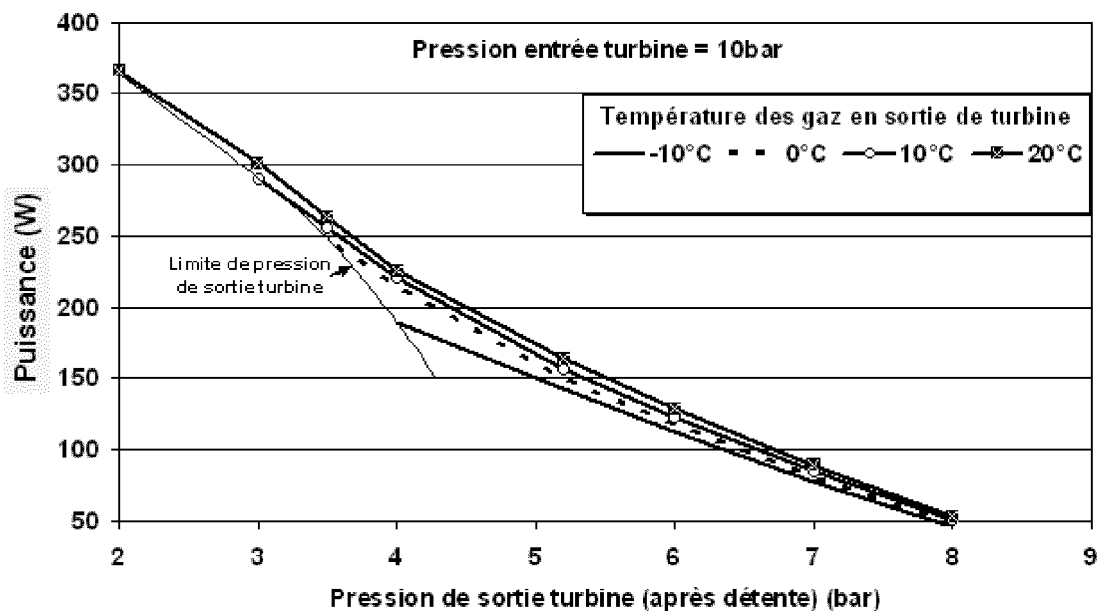


Figure 7

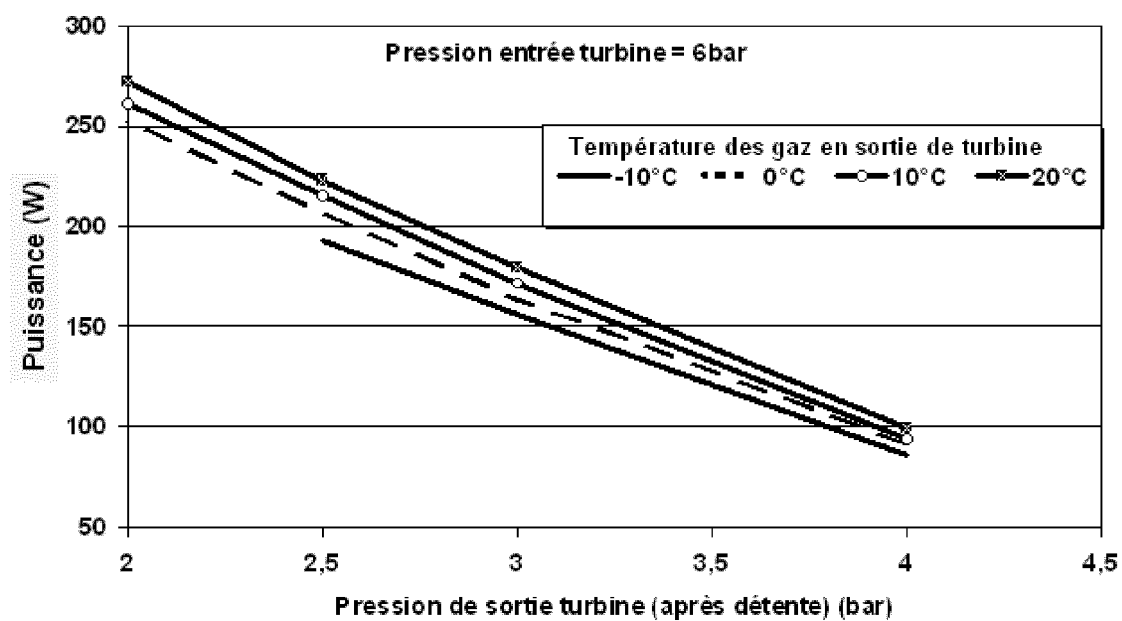


Figure 8



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 770716
FR 1258438

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 045 972 A (TYREE JR LEWIS) 6 septembre 1977 (1977-09-06) * colonne 3, ligne 28-42 * * colonne 4, ligne 21-44 * * colonne 7, ligne 17-28 * * figures 2, 3A * -----	1-11	F25D3/10
X	US 5 285 644 A (ROEHRICH ROLAND L [US] ET AL) 15 février 1994 (1994-02-15) * colonne 1, ligne 40-43 * * colonne 5, ligne 9-13 * * colonne 11, ligne 50-53 * * figure 1 * -----	1-11	
X	US 2002/174666 A1 (VIEGAS HERMAN H [US] ET AL) 28 novembre 2002 (2002-11-28) * alinéa [0008]; figure 2 * -----	1,6,7,11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F25D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 août 2013		Salaün, Eric	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1258438 FA 770716

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **14-08-2013**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 4045972	A	06-09-1977	AR	215011 A1	31-08-1979
			BR	7704724 A	02-05-1978
			ES	460951 A1	16-05-1978
			JP	S5313255 A	06-02-1978
			JP	S6032105 B2	26-07-1985
			US	4045972 A	06-09-1977

US 5285644	A	15-02-1994	CA	2110106 A1	28-05-1994
			DE	69326870 D1	02-12-1999
			DE	69326870 T2	18-05-2000
			EP	0599639 A1	01-06-1994
			JP	H06235564 A	23-08-1994
			US	5285644 A	15-02-1994

US 2002174666	A1	28-11-2002	DE	10223161 A1	16-01-2003
			US	2002174666 A1	28-11-2002
