

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 048 762**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① N° d'enregistrement national : **16 51970**
⑤① Int Cl⁸ : **F 25 B 9/06 (2016.01), A 61 F 7/00**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT UTILISABLE POUR LA CRYOTHERAPIE.

②② Date de dépôt : 09.03.16.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 15.09.17 Bulletin 17/37.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 21.06.19 Bulletin 19/25.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *AKSE Société à responsabilité
limitée — FR.*

⑦② Inventeur(s) : BILLARD GEORGES.

⑦③ Titulaire(s) : AKSE Société à responsabilité limitée.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BREV&SUD.

FR 3 048 762 - B1



Dispositif de refroidissement utilisable pour la cryothérapie

La présente invention concerne un dispositif de refroidissement utilisable pour la cryothérapie, et un outil de traitement par cryothérapie comprenant un tel dispositif.

5 En médecine physique et en rééducation fonctionnelle, le froid est utilisé pour traiter les douleurs et les traumatismes musculo-tendineux du fait de son effet antalgique et anti-inflammatoire, et pour récupérer la fonction musculaire après un effort physique intense et prolongé (tel que lors de compétitions sportives de
10 haut niveau) du fait de sa capacité à drainer les œdèmes issus de chocs physique et à induire une détente musculaire. Deux techniques de génération du froid sont principalement utilisées en cryothérapie.

Une première technique de cryothérapie utilise la décompression
15 d'un gaz comprimé liquéfié contenu dans une bouteille de gaz. Le dispositif de refroidissement correspondant comprend, d'une part, la bouteille de gaz dans laquelle est stocké le gaz comprimé liquéfié, tel que du dioxyde de carbone (CO₂), et, d'autre part, un détendeur qui est relié à la bouteille de gaz et permet de
20 libérer le gaz comprimé de sorte que ce gaz subi une détente brusque et se refroidi. Ainsi, il est possible d'obtenir un jet de CO₂ à environ -78°C. Un système de pistolet peut être relié à la sortie du détendeur afin de diriger le jet de gaz froid vers une zone précise à traiter. L'utilisation d'une bouteille de gaz
25 comprimé génère plusieurs contraintes. Premièrement, surtout dans le cas où le gaz comprimé est un gaz asphyxiant (comme le CO₂), il est nécessaire de contrôler en continu la concentration en dioxygène dans le lieu où est stockée la bouteille et d'y installer une ventilation performante. Deuxièmement, il est nécessaire
30 d'avoir un réapprovisionnement régulier en bouteille de gaz. Troisièmement, la bouteille de gaz est trop encombrante pour être déplacée dans le cabinet de kinésithérapie.

Une seconde technique de cryothérapie utilise une machine frigorifique à circuit fermé dont le cycle de réfrigération de

son fluide frigorigène (par exemple le fréon) permet de refroidir l'air ambiant à des températures comprises entre -30°C et -40°C . Cette technique de production qui n'utilise pas de bouteille de gaz comprimé, produit un jet de gaz froid moins concentré et moins froid que la technique de cryothérapie par décompression de gaz comprimé liquéfié contenu dans une bouteille de gaz. Comme la zone à traiter subit un choc thermique moins important, l'efficacité du traitement est moins importante. De plus, une telle machine frigorifique met un certain temps pour produire du froid, ce qui oblige le praticien à mettre en froid la machine frigorifique bien avant son utilisation (dans le cas d'un usage ponctuel) ou à la laisser tourner toute la journée (dans le cas d'un usage fréquent). Enfin, une machine frigorifique a un coût important.

La présente invention vise à réaliser un dispositif de refroidissement utilisable en cryothérapie n'ayant pas les inconvénients précités et permettant de produire un jet d'air froid intense et concentré sur une zone à traiter.

L'invention concerne un dispositif de refroidissement utilisable pour la cryothérapie et comprenant un compresseur adapté à comprimer un fluide, un système de refroidissement adapté à refroidir le fluide comprimé et un détendeur adapté à détendre le fluide comprimé refroidi, caractérisé en ce que le fluide utilisé par le dispositif de refroidissement est l'air ambiant, le compresseur étant adapté à aspirer, comprimer et injecter l'air ambiant dans le système de refroidissement puis dans le détendeur qui est adapté à rejeter l'air refroidi hors du dispositif de refroidissement.

Ainsi, selon l'invention, le fluide frigorigène utilisé est l'air ambiant, et le dispositif de refroidissement peut être assimilé à une machine frigorifique à circuit ouvert utilisant un cycle de réfrigération turbo Brayton.

Le compresseur et la turbine de décompression sont chacun montés sur un arbre de rotation motorisé. Avantageusement, l'invention prévoit que le compresseur et la turbine de décompression soient

montés sur le même arbre de rotation. Cette caractéristique permet de récupérer une partie de l'effort de compression à la détente de l'air comprimé. De manière générale, la vitesse de rotation de l'arbre de rotation selon l'invention est comprise entre 150 000
5 tr/min et 300 000 tr/min.

De plus, afin d'obtenir une température d'air en échappement du dispositif de refroidissement comprise entre -10°C et -90°C , le système de refroidissement est adapté à refroidir l'air comprimé à une température proche de la température ambiante avant que la
10 turbine de décompression ne détende l'air comprimé. Un tel système de refroidissement peut être formé par un échangeur thermique.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, le compresseur est un compresseur centrifuge.

Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, le
15 compresseur est multi étagés, c'est-à-dire, qu'il comprend plusieurs étages et un système de refroidissement annexe situé entre chaque étage. Cette caractéristique permet d'obtenir un air comprimé à une pression comprise entre 4 et 8 bars selon le nombre d'étages présentant une température comprise entre 90°C et 140°C
20 en sortie du compresseur.

Selon une particularité du deuxième mode de réalisation de l'invention, chaque étage du compresseur multi-étagé comprend une roue de compression.

Afin de réaliser un traitement ciblé d'une zone anatomique précise
25 d'un patient à traiter, le dispositif de refroidissement peut comprendre en échappement de la turbine de décompression des moyens d'orientation de l'air froid d'échappement comme un pistolet d'échappement.

D'autres particularités et avantages de la présente invention
30 apparaîtront dans la description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple non limitatif et illustré dans les dessins mis en annexe dans lesquels :

- La figure 1 est un schéma représentant un dispositif de refroidissement conforme à un mode de réalisation de l'invention ;
- La figure 2 est une représentation en perspective d'une turbine de compression d'un compresseur utilisé dans le dispositif de refroidissement de la figure 1 ; et
- La figure 3 est une représentation en perspective d'une turbine de détente d'un détendeur utilisé dans le dispositif de 1.

10 La présente invention concerne un dispositif de refroidissement 1 utilisé pour la cryothérapie.

Comme illustré à la figure 1, le dispositif de refroidissement 1 selon l'invention comprend un compresseur 2 qui est adapté à aspirer l'air ambiant (environ 20 °C), un système de 15 refroidissement 3 (par exemple un échangeur thermique 3) qui est adapté à refroidir l'air comprimé (de préférence à une température proche de celle de l'air ambiant) et un détendeur 4 qui est adapté à détendre le fluide comprimé refroidi. Du fait que le fluide utilisé pour produire le froid est l'air ambiant, le dispositif 20 de refroidissement 1 n'utilise ni bouteille de gaz, ni fluide frigorigène (par exemple du fréon).

Dans les présents exemples, le compresseur 2 est un compresseur centrifuge qui comprend une enceinte de compression 5 et une turbine de compression 6 montée rotative dans l'enceinte de 25 compression 5 autour d'un arbre de compression 7. Le compresseur 2 comprend, d'une part, une admission d'air 8 permettant l'admission de l'air ambiant dans l'enceinte de compression 5 pour qu'il y soit comprimé par la rotation de la turbine de compression 6, et, d'autre part, une sortie d'air 9 permettant la sortie de 30 l'air comprimé hors de l'enceinte de compression 5 et son acheminement dans le système de refroidissement 3. La compression chauffe l'air. L'arbre de compression 7 est entraîné par un moteur 10 afin de permettre la rotation de la turbine de compression 6 et la compression de l'air ambiant.

Comme illustré à la figure 2, la turbine de compression 6 comprend une roue de compression 11 dont le centre porte perpendiculairement l'arbre de compression 7, et une série d'ailettes de compression 12 radiales. Chaque ailette de compression 12 est fixée à la roue de compression 11 et à la partie de l'arbre de compression 7 portée par la roue de compression 11. Dans le présent exemple, la roue de compression 11 présente un diamètre compris entre 10 mm et 50 mm, de préférence entre 20 mm et 40 mm et de préférence entre 25 mm et 35 mm.

10 Dans les présents exemples, le système de refroidissement 3 est un échangeur thermique 3 air-eau de type air-air ou, de préférence (notamment pour des raisons de débit important du fluide de refroidissement et de niveau sonore réduit) de type air-eau. Le système de refroidissement 3 comprend, d'une part, une admission d'air comprimé 13 qui est reliée à la sortie d'air 9 du compresseur 2 et qui permet l'admission de l'air comprimé à refroidir, et, d'autre part, une sortie d'air comprimé refroidi 14 permettant la sortie de l'air comprimé refroidi et son acheminement dans le détenteur 4.

20 Le système de refroidissement 3 permet de refroidir l'air comprimé à une température inférieure à 50°C, de préférence inférieure à 40°C, et même à une température proche de celle du fluide réfrigérant utilisé (soit la température de l'air ambiant en cas d'échangeur thermique air-air, soit la température de l'eau en cas d'échangeur thermique air-eau).

Dans les présents exemples, le détenteur 4 comprend une enceinte de détente 15 et une turbine de détente 16 montée rotative dans l'enceinte de détente 15 autour d'un arbre de détente 17. Le détenteur 4 comprend, d'une part, une admission d'air comprimé refroidi 18 qui est reliée à la sortie d'air comprimé refroidi 14 du système de refroidissement 3 et qui permet l'admission de l'air comprimé refroidi dans l'enceinte de détente 15, et, d'autre part, une sortie d'air détendu 19 qui permet la sortie de l'air détendu hors de l'enceinte de détente 15. Dans l'enceinte de détente 15, l'air se détend et entraîne la rotation de la turbine de détente

16. Du fait de sa détente, la température de l'air en sortie de l'enceinte de détente 15 est particulièrement basse, inférieure à 0 °C, de préférence inférieure à -10 °C, inférieure à -35 °C, voire inférieure à -65 °C. De l'air ayant une température inférieure à -35 °C permet de produire un choc thermique suffisant de façon à prodiguer un traitement cryogénique efficace.

Comme illustré à la figure 3, la turbine de détente 16 comprend une roue de détente 20 dont le centre porte perpendiculairement l'arbre de détente 17, et une série d'ailettes de détente 21 radiales. Chaque ailette de détente 21 est fixée à la roue de détente 20 et à la partie de l'arbre de détente 17 portée par la roue de détente 20. Dans le présent exemple, la roue de détente 20 présente un diamètre compris entre 10 mm et 40 mm, de préférence entre 15 mm et 35 mm et de préférence entre 20 mm et 30 mm.

Pour obtenir une température de l'air en sortie de l'air détendu 18 de -35 °C, le taux de détente de la turbine de détente 16 doit être compris entre 3 et 5 (selon le rendement isentropique du détenteur 4). Pour obtenir une température de l'air en sortie de l'air détendu 18 de -65 °C, le taux de détente de la turbine de détente 16 doit être compris entre 5 et 8 (selon le rendement isentropique du détenteur 4).

L'invention concerne également un outil de traitement par cryothérapie qui comprend le dispositif de refroidissement 1 et un dispositif d'orientation 22 permettant d'orienter l'air détendu froid provenant de la sortie d'air détendu 19 du détenteur 4. Cet outil permet le traitement ciblé d'une zone anatomique précise d'un patient à traiter. Un tel dispositif d'orientation 22 peut être un pistolet d'échappement 22.

Selon une particularité de l'invention illustrée à la figure 1, l'arbre de compression 7 et l'arbre de détente 17 sont mécaniquement reliés l'un à l'autre de sorte que la rotation de l'arbre de détente 17 par la détente de l'air dans le détenteur 4 entraîne la rotation de l'arbre de compression 7. De préférence, l'arbre de compression 7 et l'arbre de détente 17 forment un

unique arbre de rotation. Dans ce dernier cas, l'énergie récupérée par la rotation de l'arbre de détente 17 représente environ 40% du travail à fournir pour comprimer l'air. De plus, le volume du dispositif de refroidissement 1 s'en trouve réduit, et la turbine de compression 6 et la turbine de détente 16 tournent à la même vitesse de rotation.

Afin d'avoir une température d'air en sortie du dispositif de refroidissement 1 particulièrement basse (inférieure à -35 °C), il est nécessaire d'avoir une détente importante (un taux de détente compris entre 3 et 8) et donc une compression tout aussi importante. Or, pour limiter la valeur élevée de la température de l'air en sortie du compresseur 2 (typiquement comprise entre 100 °C et 140 °C , de préférence entre 110 °C et 120 °C), il faut limiter le taux de compression de la turbine de compression 6 à une valeur comprise entre 1,75 et 2,75 (selon le rendement isentropique du compresseur 2). Aussi, il est préférable d'utiliser plusieurs compresseurs 2 montés en série, avec, entre chaque compresseur 2, un système de refroidissement 3 permettant de limiter la hausse de la température de l'air comprimé à l'entrée du détendeur 4 dont le taux de détente sera celui requis pour obtenir la température d'air en sortie du dispositif de refroidissement 1.

De préférence, les compresseurs 2 sont similaires et leurs arbres de compression 7 sont mécaniquement reliés entre eux (avantageusement, ils ne forment qu'un seul arbre de rotation qui, de préférence, est également celui de l'arbre de détente 17).

De préférence, les rendements isentropiques des compresseurs 2 et du détendeur 4 sont compris entre environ 0,7 et environ 0,8. Les diamètres des roues de compression 11 et de la roue de détente 20 sont inférieurs à 35 mm.

Pour obtenir de l'air à une température inférieure à -35 °C avec un débit de $50\text{ Nm}^3/\text{h}$ ($17,5\text{ g/s}$), il est possible d'utiliser deux compresseurs 2 montés en série ; l'arbre commun aux deux compresseurs 2 et au détendeur 4 a une vitesse de 250 000

tour/min ; le premier compresseur 2 a un rendement isentropique de 0,725 et une roue de compression 11 de 25,95 mm ; le second compresseur 2 a un rendement isentropique de 0,65 et une roue de compression 11 de 25,75 mm ; le détendeur 4 a un rendement isentropique de 0,77 et une roue de détente 20 de 20,35 mm ; l'air ambiant entrant dans le premier compresseur 2 a une température de 27 °C et une pression de 1 bar ; l'air sortant du premier compresseur 2 a une température de 117,5 °C et une pression de 2 bars ; l'air entrant dans le second compresseur 2 a une température de 27 °C (du fait de son refroidissement par un premier système de refroidissement 3) et une pression de 2 bars ; l'air sortant du second compresseur 2 a une température de 128,8 °C et une pression de 4 bars ; l'air entrant le détendeur 4 a une température de 27 °C (du fait de son refroidissement par un second système de refroidissement 3) et une pression de 4 bars ; l'air sortant du détendeur 4 a une température de -49 °C et une pression de 1 bar.

Pour obtenir de l'air à une température inférieure à -65 °C avec un débit de 100 Nm³/h (35 g/s), il est possible d'utiliser trois compresseurs 2 montés en série ; l'arbre commun aux trois compresseurs 2 et au détendeur 4 a une vitesse de 200 000 tour/min ; le premier compresseur 2 a un rendement isentropique de 0,79 et une roue de compression 11 de 33,5 mm ; le second compresseur 2 a un rendement isentropique de 0,76 et une roue de compression 11 de 32,3 mm ; le troisième compresseur 2 a un rendement isentropique de 0,7 et une roue de compression 11 de 31,75 mm ; le détendeur 4 a un rendement isentropique de 0,79 et une roue de détente 20 de 29,8 mm ; l'air ambiant entrant dans le premier compresseur 2 a une température de 27 °C et une pression de 1 bar ; l'air sortant du premier compresseur 2 a une température de 110,2 °C et une pression de 2 bars ; l'air entrant le second compresseur 2 a une température de 27 °C (du fait de son refroidissement par un premier système de refroidissement 3) et une pression de 2 bars ; l'air sortant du second compresseur 2 a une température de 113,5 °C et une pression de 4 bars ; l'air

entrant le troisième compresseur 2 a une température de 27 °C (du fait de son refroidissement par un second système de refroidissement 3) et une pression de 4 bars ; l'air sortant du troisième compresseur 2 a une température de 120,8 °C et une
5 pression de 8 bars ; l'air entrant le détendeur 4 a une température de 27 °C (du fait de son refroidissement par un troisième système de refroidissement 3) et une pression de 8 bars ; l'air sortant du détendeur 4 a une température de -80,2 °C et une pression de 1 bar.

10 Ainsi, l'invention permet de produire facilement, sans utilisation de fluide frigorigène ni de récipient de gaz sous pression, de l'air ayant une température inférieure à -35 °C, voire inférieure à -65 °C. Le dispositif de refroidissement 1 est d'un poids et d'un volume permettant son déplacement (son poids est en général
15 inférieur à 25 kg et son volume est en général inférieur à un cube de 400 mm de côté). Enfin, la mise en froid de l'air est rapide (en général inférieure à 15 minutes) et pendant son utilisation, le bruit est faible (environ 40 dB).

Revendications

1. Dispositif de refroidissement (1) utilisable pour la cryothérapie et comprenant un compresseur (2) adapté à comprimer un fluide, un système de refroidissement (3) adapté à refroidir le fluide sortant du compresseur (2) et un détendeur (4) adapté à détendre le fluide sortant du système de refroidissement (3), le fluide utilisé par le dispositif de refroidissement (1) est l'air ambiant, caractérisé en ce que le compresseur (2) comporte une turbine de compression (6) qui comprend une roue de compression (11) présentant un diamètre compris entre 10 mm et 50 mm, la roue de compression (11) étant montée sur un arbre de compression (7) entraîné en rotation par un moteur (10) à une vitesse comprise entre 150 000 tr/min et 300 000 tr/min permettant au détendeur (4) de rejeter, hors du dispositif de refroidissement (1), de l'air refroidi à une température inférieure à - 35°C.

2. Dispositif de refroidissement (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le détendeur (4) comprend une turbine de détente (16) montée sur un arbre de détente (17).

3. Dispositif de refroidissement (1) selon la revendication 2, caractérisé en ce que la turbine de détente (16) comporte une roue de détente (16) présentant un diamètre compris entre 10 mm et 40 mm.

4. Dispositif de refroidissement (1) selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'arbre de compression (7) et l'arbre de détente (17) sont mécaniquement reliés l'un à l'autre.

5. Dispositif de refroidissement (1) selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'arbre de compression (7) et l'arbre de détente (17) forment un unique arbre de rotation.

6. Dispositif de refroidissement (1) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le système de refroidissement (3) utilise un fluide de réfrigérant formé par l'air ambiant ou par de l'eau.

7. Dispositif de refroidissement (1) selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs compresseurs (2) montés en série et, entre chaque compresseur (2), un système de refroidissement (3).

5 8. Dispositif de refroidissement (1) selon la revendication 7, caractérisé en ce que chaque compresseur (2) est conforme à la revendication 2.

10 9. Dispositif de refroidissement (1) selon la revendication 8, caractérisé en ce que les arbres de compression (7) de chaque compresseur (2) sont mécaniquement reliés entre eux.

15 10. Outil de traitement par cryothérapie, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de refroidissement (1) selon l'une des revendications 1 à 9 et un dispositif d'orientation (22) permettant d'orienter l'air provenant de ce dispositif de refroidissement (1).

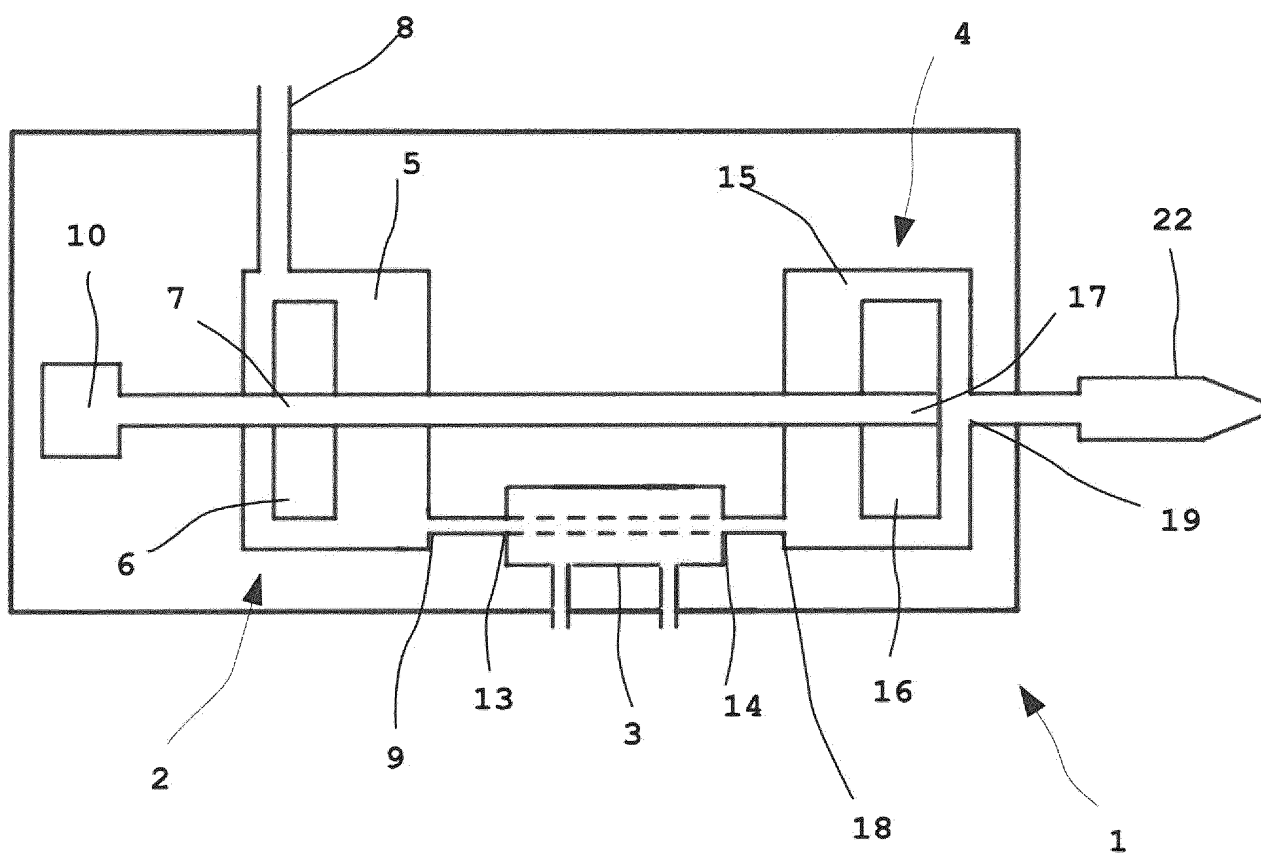


Figure 1

2/2

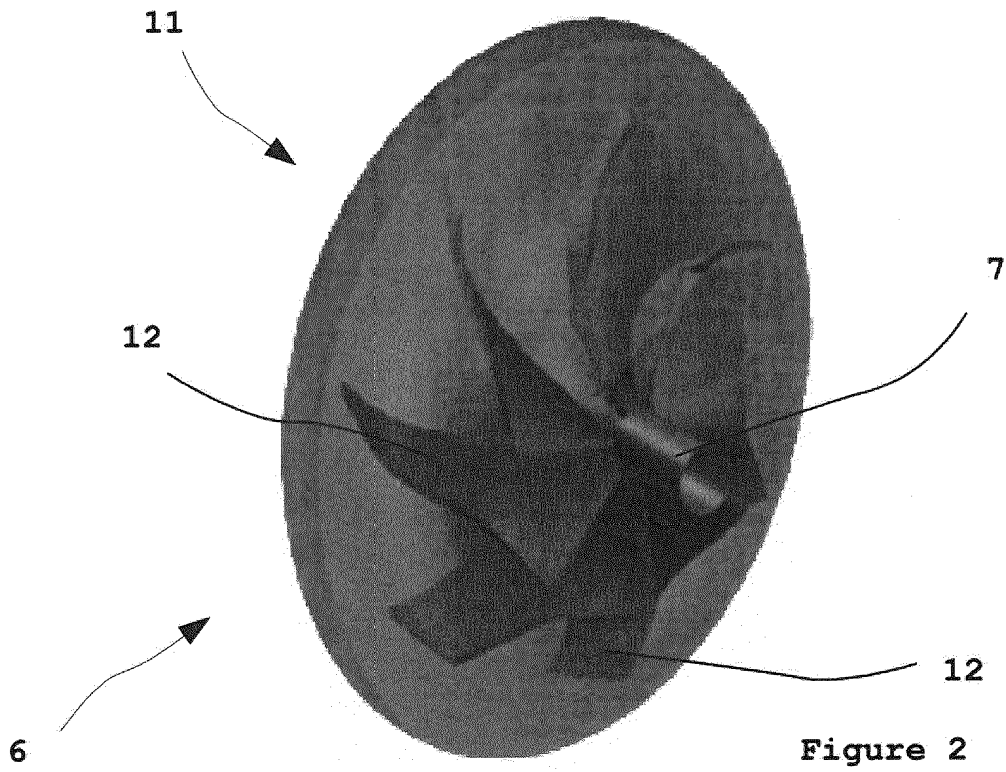


Figure 2

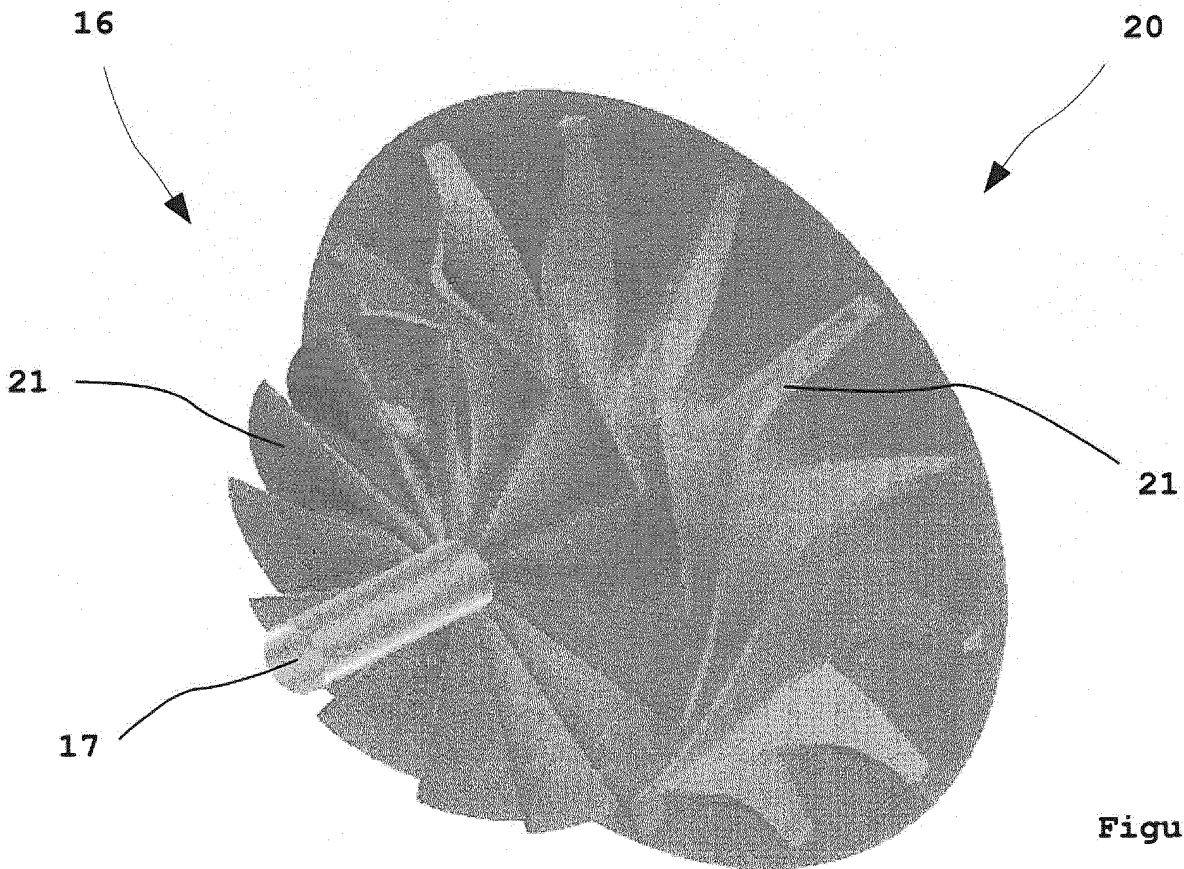


Figure 3

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 2013/180270 A1 (LEMIEUX PATRICK J E [US] ET AL) 18 juillet 2013 (2013-07-18)

DE 10 2007 027725 A1 (WOLF GMBH [DE]) 18 décembre 2008 (2008-12-18)

US 2013/294890 A1 (CEPEDA-RIZO JUAN [US] ET AL) 7 novembre 2013 (2013-11-07)

US 6 128 909 A (JONQUERES MICHEL A [US]) 10 octobre 2000 (2000-10-10)

US 5 077 980 A (WEBER DIETER [DE]) 7 janvier 1992 (1992-01-07)

DE 44 04 213 A1 (HERBERT SEUS GMBH & CO KG [DE]) 17 août 1995 (1995-08-17)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT