

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 020 755

②1 N° d'enregistrement national : 14 54151

⑤1 Int Cl⁸ : A 61 B 5/00 (2013.01), A 61 B 5/11, 5/08, A 61 M 16/00, G 06 F 19/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 07.05.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.11.15 Bulletin 15/46.

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 :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme — FR.

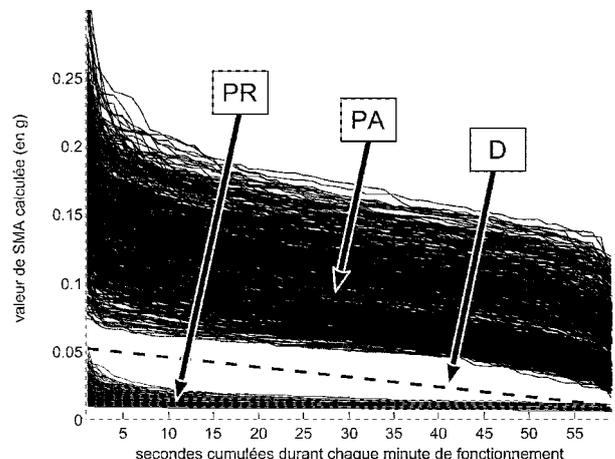
⑦2 Inventeur(s) : CARRON AMELIE et DUDRET STEPHANE.

⑦3 Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE.

⑤4 DISPOSITIF DE DETERMINATION DE L'ETAT D'ACTIVITE PHYSIQUE D'UN PATIENT SOUS OXYGENOTHERAPIE.

⑤7 L'invention porte sur un dispositif de détermination de l'état d'activité physique d'un patient sous oxygénothérapie comprenant un accéléromètre conçu pour opérer, pendant au moins une première durée t_i donnée, des mesures d'accélération $(a_{x,i}, a_{y,i}, a_{z,i})$ sur 3 axes, avec i compris entre 1 et N , où N est un nombre entier supérieur à 1, et des moyens de traitement incluant un algorithme conçu pour traiter au moins une partie des mesures d'accélération $(a_{x,i}, a_{y,i}, a_{z,i})$ opérées par l'accéléromètre en calculant, pendant au moins une durée t_i donnée, un indicateur de magnitude de signal (SMA, SMV) basé sur des moyennes calculées à partir des mesures d'accélération $(a_{x,i}, a_{y,i}, a_{z,i})$, et en comparant la valeur de l'indicateur de magnitude de signal (SMA, SMV) à un seuil S donné pour en déduire un état de repos ou d'activité, avec: $0.007 \text{ g} < S < 0.060 \text{ g}$, et où g désigne la constante d'accélération de la pesanteur terrestre (soit environ 9.81 m/s^2).



FR 3 020 755 - A1



L'invention concerne un dispositif de détermination de l'état d'activité physique d'un patient sous oxygénothérapie.

De nombreux dispositifs connus permettent de réaliser une étude et une mesure de l'activité physique des personnes. L'utilisation d'accéléromètres dans ce type de dispositifs est assez répandue car les accéléromètres ont l'avantage d'être portables et sont généralement considérés comme assez précis et fiables.

La grande variété des mouvements humains et des activités physiques des personnes fait que la capacité à différencier finement diverses activités est conditionnée à l'utilisation de plusieurs accéléromètres par personne, c'est-à-dire une multiplication des points de mesure sur le corps, et/ou d'algorithmes complexes pour le traitement des données, avec des répercussions problématiques sur la consommation des appareils, leur dimensionnement et éventuellement celui des canaux de communication, leur capacités en temps-réel...

Par ailleurs, l'utilisation d'accéléromètres peut notamment être couplée à de la localisation par système de type GPS, ce qui permet de combiner la mesure du mouvement en un ou plusieurs points du corps, et la mesure du déplacement général de la personne considérée.

Ainsi, parmi les dispositifs existants utilisant un unique accéléromètre, les podomètres permettent une détection tout-ou-rien des pas réalisés par le porteur. Ils sont cependant mal adaptés aux marches lentes telles que celles de patients en mauvaise santé, et ne peuvent fournir d'information quant à l'activité physique générale de leur porteur que s'ils sont portés en continu pendant des périodes de l'ordre de la semaine.

En revanche, l'utilisation d'un unique accéléromètre tridimensionnel est adaptée à la récupération de signaux permettant l'analyse de la marche et de l'activité physique, notamment de patients sous traitement d'oxygénothérapie.

Cette technique a l'inconvénient de ne mesurer de manière directe que l'aspect ambulatoire de l'activité physique, ce qui implique que les mouvements des membres supérieurs ne sont pas forcément mesurés. Il faut dès lors avoir recours à des traitements de données adaptés pour reconstruire des indicateurs cliniques d'activité.

Parmi les traitements des signaux issus de l'accéléromètre, on peut citer notamment la comparaison de grandeurs statistiques telles que leur moyenne ou variance, à des valeurs tabulées ; la construction de signaux intermédiaires, tels que le SMA ou le SMV (décrits plus loin), et la comparaison de ces signaux intermédiaires et de grandeurs statistiques dérivées à des valeurs tabulées ; l'analyse fréquentielle des signaux ; et les méthodes décisionnelles qui prennent en compte l'historique du patient et contextualisent les données au temps présent pour en tirer de l'information

D'une manière générale, la difficulté sous-jacente à ces méthodes réside dans la tabulation des valeurs de référence. En effet, il s'agit de trouver des grandeurs qui soient peu ou pas dépendantes de la physiologie de l'individu suivi et fortement dépendantes du type d'activité effectuée par ledit individu.

A titre d'exemple, on connaît de EP-A-2670463, un dispositif de mesure de l'observance d'un patient sous oxygénothérapie, muni d'un accéléromètre tridimensionnel, et traitant l'information de ce capteur, pour déterminer un état d'activité physique du patient. Si un tel dispositif de mesure se montre relativement efficace pour déterminer un état d'activité physique d'un patient en relativement bonne santé, en pratique il a été constaté qu'un tel dispositif ne réalise pas toujours une détermination satisfaisante de l'état d'activité physique du patient, lorsque le patient n'est pas en bonne santé, est trop faible et/ou se déplace avec un déambulateur par exemple, donc si l'intensité de son activité physique est plus ou moins fortement diminuée.

Le problème est donc d'améliorer ce type de dispositif à accéléromètre tridimensionnel pour accroître l'efficacité de détermination de l'activité physique d'un patient sous traitement d'oxygénothérapie, en prenant en compte les spécificités de son activité physique par rapport à celle d'une personne saine dans le traitement des données issues de l'accéléromètre tridimensionnel.

La solution de l'invention est un dispositif de détermination de l'état d'activité physique d'un patient sous oxygénothérapie comprenant :

- un accéléromètre conçu pour opérer, pendant au moins une première durée t_1 donnée, des mesures d'accélération $(a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i})$ sur 3 axes, avec i compris entre 1 et N, où N est un nombre entier supérieur à 1, et

- des moyens de traitement incluant un algorithme conçu pour traiter au moins une partie des mesures d'accélération $(a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i})$ opérées par l'accéléromètre :

i) en calculant, pendant au moins une durée t_1 donnée, un indicateur de magnitude de signal (SMA, SMV) basé sur des moyennes calculées à partir des mesures d'accélération ($a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i}$),

ii) et en comparant la valeur de l'indicateur de magnitude de signal (SMA, SMV) à un seuil S donné pour en déduire un état de repos ou d'activité, avec : $0.007 g < S < 0.060 g$ et où g désigne la constante d'accélération de la pesanteur terrestre (environ 9.81 m/s^2).

Selon le cas, le dispositif de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques techniques suivantes :

10 - les moyens de traitement incluent un algorithme conçu pour déterminer un indicateur d'aire de magnitude de signal (SMA) tel que :

$$\begin{aligned} SMA = & \text{moyenne} \left(\left| a_{X,i} - \text{moyenne} (a_{X,i}) \right| \right) \\ & + \text{moyenne} \left(\left| a_{Y,i} - \text{moyenne} (a_{Y,i}) \right| \right) \\ & + \text{moyenne} \left(\left| a_{Z,i} - \text{moyenne} (a_{Z,i}) \right| \right) \end{aligned}$$

- les moyens de traitement incluent un algorithme conçu pour déterminer un indicateur de vecteur de magnitude de signal (SMV) tel que :

15
$$SMV = \sqrt{\text{moyenne} (a_{X,i}^2) - \bar{a}_X^2 + \text{moyenne} (a_{Y,i}^2) - \bar{a}_Y^2 + \text{moyenne} (a_{Z,i}^2) - \bar{a}_Z^2}$$

où $\bar{a}_X = \text{moyenne} (a_{X,i})$, $\bar{a}_Y = \text{moyenne} (a_{Y,i})$, $\bar{a}_Z = \text{moyenne} (a_{Z,i})$.

- les moyens de traitement sont conçus pour opérer un écrêtage des mesures d'accélération ($a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i}$), préalablement au calcul de l'indicateur (SMA, SMV),
20 typiquement un écrêtage de 2 à 5 % des valeurs de mesures d'accélération extrêmes.

- les moyens de traitement sont conçus pour déduire, pendant la première durée t_1 , un état d'activité du patient lorsque $SMA > S$ ou $SMV > S$, ou un état de repos du patient lorsque $SMA \leq S$ ou $SMV \leq S$.

- les moyens de traitement comprennent un microprocesseur ou un circuit
25 électronique.

- il comprend au moins une mémoire de stockage pour mémoriser au moins une partie des mesures d'accélération.

- l'accéléromètre opère les mesures d'accélération à une fréquence F comprise entre 25 et 50 Hz.

- les moyens de traitement sont conçus pour :

a) calculer plusieurs valeurs de l'indicateur SMA ou, selon le cas, de l'indicateur SMV, pendant plusieurs premières durées t_1 ,

b) déduire, pendant au moins une deuxième durée t_2 donnée, avec $t_2 > K \cdot t_1$ où K est un nombre entier supérieur à 10, de préférence compris entre 10 et 30 :

. un état d'activité du patient pour la deuxième durée t_2 , lorsque pendant la deuxième durée t_2 , un nombre au moins égal à K de valeurs de l'indicateur SMA ou, selon le cas, de l'indicateur SMV, déterminées pendant les durées t_1 sont telles que : $SMA > S$ ou, selon le cas, $SMV > S$, et

. un état de repos du patient pour la deuxième durée t_2 dans le cas contraire.

- les moyens de traitement sont conçus pour :

a) déduire plusieurs états de repos ou d'activité du patient pendant plusieurs premières durées t_1 , et

b) déduire, pendant au moins une deuxième durée t_2 donnée, avec $t_2 > K \cdot t_1$ où K est un nombre entier supérieur à 10, de préférence compris entre 10 et 30 :

. un état d'activité du patient pour la deuxième durée t_2 , lorsque pendant la deuxième durée t_2 , des états d'activité du patient ont été déduits pour un nombre au moins égal à K de durées t_1 , et

. un état de repos du patient pour la deuxième durée t_2 , dans le cas contraire.

- la première durée t_1 est comprise entre 1 et 5 secondes, typiquement 1 seconde.

- la deuxième durée t_2 est comprise entre 1 et 5 minutes, typiquement 1 minute.

- l'accéléromètre, les moyens de traitement et la ou les mémoires de stockage sont compris dans un boîtier, de préférence dans le même boîtier.

- le boîtier permet le passage d'un fluide, de préférence un gaz, tel que de l'oxygène médical gazeux, et contient des moyens de mesure d'au moins une grandeur physique caractérisant ce fluide, par exemple débit, pression, température...

5 - ladite au moins une mémoire de stockage est conçue pour mémoriser au moins une partie des états d'activité et de repos du patient déterminées pendant lesdites premières et/ou deuxièmes durées t_1 , t_2 .

- le boîtier contient une antenne capable de transmettre à distance au moins une partie des états d'activité et de repos mémorisés dans ladite mémoire de stockage, par exemple

10 - directement vers un appareil électronique, tel qu'un ordinateur portable, équipé d'une antenne adéquate, et/ou

15 - vers des moyens de stockage distants, moyennant une réception des données transmises par une passerelle équipée d'une antenne adéquate, et la retransmission des données par la passerelle sur un réseau de télécommunication, tel qu'un réseau filaire ou de téléphonie mobile.

20 La transmission des états d'activité et de repos a pour but de permettre à des personnes, possiblement différentes du patient, telles que des médecins, des prestataires de services de santé ou d'assurance, de consulter l'estimation du temps d'activité et de repos du patient réalisée par l'invention (moyennant éventuellement un traitement des données transmises après réception, pour les transcrire sous une forme graphique ou alphanumérique par exemple), afin notamment de suivre l'évolution de son état de santé.

Selon un autre aspect, l'invention concerne aussi un procédé de détermination de l'état d'activité physique d'un patient sous oxygénothérapie comprenant :

25 - on opère au moyen d'un accéléromètre, pendant au moins une première durée t_1 donnée, des mesures d'accélération $(a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i})$ sur 3 axes, avec i compris entre 1 et N , où N est un nombre entier supérieur à 1,

30 - on traite au moins une partie des mesures d'accélération $(a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i})$ opérées par l'accéléromètre au moyen de moyens de traitement incluant un algorithme, en :

i) calculant, pendant au moins une durée t_1 donnée, un indicateur de magnitude de signal (SMA, SMV) basé sur des moyennes calculées à partir des mesures d'accélération ($a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i}$),

ii) et comparant la valeur de l'indicateur de magnitude de signal (SMA, SMV) à un seuil S donné pour en déduire un état de repos ou d'activité, avec : $0.007 g < S < 0.060 g$ et où g désigne la constante d'accélération de la pesanteur terrestre (soit environ 9.81 m/s^2).

Selon le cas, le procédé de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques techniques suivantes :

10 - on détermine via l'algorithme des moyens de traitement, un indicateur d'aire de magnitude de signal (SMA) tel que :

$$\begin{aligned} SMA = & \text{moyenne} \left(\left| a_{X,i} - \text{moyenne} (a_{X,i}) \right| \right) \\ & + \text{moyenne} \left(\left| a_{Y,i} - \text{moyenne} (a_{Y,i}) \right| \right) \\ & + \text{moyenne} \left(\left| a_{Z,i} - \text{moyenne} (a_{Z,i}) \right| \right) \end{aligned}$$

- on détermine via l'algorithme des moyens de traitement, un indicateur de vecteur de magnitude de signal (SMV) tel que :

15
$$SMV = \sqrt{\text{moyenne} (a_{X,i}^2) - \bar{a}_X^2 + \text{moyenne} (a_{Y,i}^2) - \bar{a}_Y^2 + \text{moyenne} (a_{Z,i}^2) - \bar{a}_Z^2}$$

où $\bar{a}_X = \text{moyenne} (a_{X,i})$, $\bar{a}_Y = \text{moyenne} (a_{Y,i})$, $\bar{a}_Z = \text{moyenne} (a_{Z,i})$.

20 - on opère un écrêtage des mesures d'accélération ($a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i}$), préalablement au calcul de l'indicateur (SMA, SMV), typiquement un écrêtage de 2 à 5 % des valeurs de mesures d'accélération extrêmes, de préférence ledit écrêtage est opéré par les moyens de traitement.

- on déduit, pendant la première durée t_1 , au moyen des moyens de traitement soit un état d'activité du patient lorsque $SMA > S$ ou $SMV > S$, soit un état de repos du patient, dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque $SMA \leq S$ ou $SMV \leq S$.

25 - on mémorise au moins une partie des mesures d'accélération, de préférence dans une ou plusieurs mémoires de stockage.

- on opère les mesures d'accélération à une fréquence (F) comprise entre 25 et 50 Hz au moyen de l'accéléromètre.

- on calcule plusieurs valeurs de l'indicateur SMA ou de l'indicateur SMV pendant plusieurs premières durées t_1 , et on déduit, pendant au moins une deuxième durée t_2 donnée, avec $t_2 > K \cdot t_1$ où K est un nombre entier supérieur à 10, de préférence compris entre 10 et 30,

5 . un état d'activité du patient pour la deuxième durée t_2 , lorsque pendant la deuxième durée t_2 , un nombre au moins égal à K de valeurs de l'indicateur SMA ou MSV déterminées pendant les durées t_1 sont telles que :
SMA > S ou SMV > S,

10 . un état de repos du patient pour la deuxième durée t_2 dans le cas contraire.

- on déduit plusieurs états de repos ou d'activité du patient pendant plusieurs premières durées t_1 , et on déduit, pendant au moins une deuxième durée t_2 donnée, avec $t_2 > K \cdot t_1$ où K est un nombre entier supérieur à 10, de préférence compris entre 10 et 30 :

15 . soit un état d'activité du patient pour la deuxième durée t_2 , lorsque pendant la deuxième durée t_2 , des états d'activité du patient ont été déduits pour un nombre au moins égal à K de durées t_1 ,

- soit un état de repos du patient pour la deuxième durée t_2 , dans le cas contraire.

20 - la première durée t_1 est comprise entre 1 et 5 secondes, typiquement 1 seconde.

- la deuxième durée t_2 est comprise entre 1 et 5 minutes, typiquement 1 minute.

- on mémorise au moins une partie des états d'activité et de repos du patient déterminés pendant lesdites premières et/ou deuxièmes durées t_1 , t_2 .

25 L'invention va maintenant être mieux comprise grâce à la description détaillée suivante, faite à titre illustratif mais non limitatif, en référence aux figures annexées parmi lesquelles :

- la Figure 1 représente des courbes de valeurs de l'indicateur SMA telles que calculées durant l'utilisation de l'invention durant plusieurs minute ;

30 - la Figure 2 représente un schéma de principe d'un premier mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention ;

- la Figure 3 représente un schéma de principe d'un deuxième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, permettant également le passage d'un fluide et la mesure d'une grandeur caractéristique de ce fluide ;

5 - la Figure 4 représente une étape de détermination d'un indicateur de magnitude de signal (SMA ou SMV) à partir de mesures d'accélération 3 axes ;

- Les Figures 5 et 6 schématisent des étapes de détermination d'un état de repos ou d'activité physique d'un patient pour la durée d'une étape d'acquisition de mesures d'accélération, à partir de l'indicateur de magnitude de signal calculé d'après lesdites mesures d'accélération ;

10 - la Figure 7 schématise une étape de détermination d'un état de repos ou d'activité physique d'un patient pour la durée de plusieurs étapes successives d'acquisition de mesures d'accélération, à partir des états de repos ou d'activité physique du patient calculés pour chacune desdites étapes successives d'acquisition ; et

15 - la Figure 8 schématise l'ordonnancement des différentes étapes d'acquisition de mesures d'accélération et de détermination des états de repos et d'activité sur un cycle de fonctionnement de l'invention.

20 Selon l'invention, on peut réaliser une classification de l'activité physique d'un individu grâce à un traitement algorithmique des mesures d'accélération fournies par un accéléromètre enclos dans un boîtier que l'individu peut porter à la ceinture ou autour d'un cou, par exemple au bout d'une sangle d'une longueur de 40 à 50 cm environ. L'accéléromètre délivre des mesures d'accélération sur 3 axes, à une fréquence F , typiquement comprise entre 25 et 50 Hz.

25 Les mesures de l'accéléromètre sont stockées dans la mémoire d'une carte électronique. Un microprocesseur ou un circuit électronique réalise en boucle, par exemple au moyen d'un l'algorithme, les opérations données dans les étapes a) et b) suivantes.

Etape a)

Pour chaque seconde d'enregistrement disponible, l'individu est classé comme étant au repos ou en activité durant la seconde considéré, de la façon suivante :

30 - On nomme $a_{X,i}$, $a_{Y,i}$, $a_{Z,i}$ les mesures de l'accéléromètre sur les 3 axes. L'indice i varie de 1 à N, où N est un nombre entier représentant le nombre d'échantillons disponibles pour chaque axe, par exemple N = 25.

- Eventuellement, les données $a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i}$, $i=1\dots N$, sont écrêtées, c'est-à-dire expurgées d'un pourcentage (%) de leurs valeurs extrêmes (au sens de la valeur absolue), typiquement de 2 à 5 %.

- On calcule un indicateur de magnitude de signal appelé « SMA » (pour
5 Signal Magnitude Area = Aire de Magnitude de Signal) selon la formule suivante :

$$\begin{aligned} SMA = & \text{moyenne} \left(\left| a_{X,i} - \text{moyenne} (a_{X,i}) \right| \right) \\ & + \text{moyenne} \left(\left| a_{Y,i} - \text{moyenne} (a_{Y,i}) \right| \right) \\ & + \text{moyenne} \left(\left| a_{Z,i} - \text{moyenne} (a_{Z,i}) \right| \right) \end{aligned}$$

Les moyennes sont calculées sur les données restantes après l'éventuel écrêtage. La notation « || » désigne la valeur absolue.

- Si la valeur de l'indicateur SMA est strictement supérieure à un seuil S
10 donné, l'individu est classé « en activité » durant la seconde considérée. Sinon, l'individu est classé comme « au repos » durant ladite seconde. La valeur du seuil S est de l'ordre de 0.05 g, ou g désigne la constante d'accélération de la pesanteur terrestre (environ 9.81 m/s²).

Etape b)

- 15 Pour chaque minute d'enregistrement disponible, l'individu est classé comme étant au repos ou en activité durant la minute considérée, de la façon suivante :

- Si au moins K secondes de la minute (pas forcément consécutives) ont été classées comme « en activité », l'individu est classé comme « en activité » pour toute la minute

- 20 - Sinon, l'individu est classé comme « au repos »

Le nombre K est préférentiellement de l'ordre de 10 à 30 secondes.

A titre d'exemple, on peut adopter les paramètres donnés dans le Tableau suivant.

Tableau

	Exemple A	Exemple B
valeur du seuil S	0.045 g	0.038 g
Nombre K	10 sec	20 sec
% d'écrtage des valeurs	4%	4%
Fréquence F	25 Hz	25 Hz

Dans tous les cas, il a été mis en évidence, dans le cadre de la présente invention, que la valeur du seuil S doit être supérieure à 0.01 g pour éviter de classer
5 intempestivement des périodes de repos du patient comme étant des périodes « actives ».

A l'inverse, des périodes de marche commencent à être classées comme des périodes de repos pour S supérieur à 0.06 g. En fait, des problèmes de détection commencent à apparaître quand le seuil S est réglé au dessus de 0.06g : la marche
10 génère alors des accélérations trop inférieures à ce seuil, et les périodes de marche sont donc classées comme du repos de façon erronée.

En d'autres termes, S doit être réglé de manière à être compris dans la plage de 0.01 g à 0.06 g pour permettre une détection efficace des périodes de repos et de celles d'activité. La valeur du seuil S est donc préférentiellement telle que : $0.01 \text{ g} < S < 0.06 \text{ g}$.

15 Par ailleurs, une loi expérimentale, mise en évidence dans le cadre de la présente invention, permet de déterminer S par rapport à K (ou vice et versa) selon la relation suivante :

$$S = A \times K + B$$

avec : $A = \text{env. } - 7.25 \times 10^{-4} \text{ g}$ et $B = \text{env. } 0.052 \text{ g}$

20 Cette loi expérimentale a été déterminée en réalisant des séries de tests, comme illustré en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et expliqué ci-après.

Plus précisément, la Figure 1 schématise des courbes de valeurs de l'indicateur SMA telles que calculées durant l'utilisation de l'invention durant plusieurs minutes.

Chaque courbe du faisceau PA représente 60 valeurs de l'indicateur de SMA calculées à raison d'une valeur par seconde durant 1 min, alors que le porteur du dispositif de l'invention est physiquement actif. Ces 60 valeurs sont représentées par ordre décroissant (et non pas chronologique).

5 De même, chaque courbe du faisceau PR représente 60 valeurs de l'indicateur de SMA calculées à raison d'une valeur par seconde durant 1 min, alors que le porteur du dispositif de l'invention est au repos. Ces 60 valeurs sont représentées par ordre décroissant (et non pas chronologique).

10 La droite D ne représente pas de grandeurs calculées mais illustre l'existence d'une séparatrice entre les faisceaux correspondants aux valeurs de l'indicateur SMA en phase de repos et d'activité. Sur un intervalle P de nombre de secondes, à tout nombre de secondes NS, la droite D associe une valeur V de l'indicateur SMA telle que, pour chaque minute d'utilisation de du dispositif de l'invention si le porteur du dispositif est en activité, au moins NS valeurs de l'indicateur SMA sont supérieures à V, alors que si
15 le porteur est au repos, le nombre de valeurs de l'indicateur SMA qui sont supérieures à V est strictement inférieur à NS.

En d'autres termes, chaque courbe de la Figure 1 représente 60 valeurs de SMA enregistrées durant 1 minute pendant des tests, ordonnées par ordre décroissant. Les courbes (PA) en haut de la Figure 1 correspondent aux périodes d'activité, alors que
20 les courbes (PR) en bas de Figure (proches de l'axe des abscisses) correspondent aux périodes de repos.

Si le dispositif doit déterminer parfaitement, durant les tests, les phases d'activité et de repos en utilisant par exemple une valeur K de 30 sec, alors le seuil S doit être placé dans l'espace qui sépare les courbes PA (activité) et PR (repos), à
25 l'abscisse correspondant à 30 sec. Pour minimiser le risque que, sur des données différentes de ces données de test, les activités et les repos soient confondues, on cherche à placer le seuil S le plus loin possible des limites des deux séries de courbes (i.e. PA et PR).

En réalisant plusieurs tests pour toutes les valeurs de K, on peut définir une
30 droite (D) qui sépare autant que possible les courbes PA et PR. L'équation décrivant cette droite donne la loi expérimentale susmentionnée.

En fait, la valeur de l'indicateur SMA trouvée dans l'étape a) n'est pas totalement indépendante de la position de l'accéléromètre dans l'espace et donc de

l'orientation du boîtier. Cette valeur est cependant inchangée lorsqu'on effectue un retournement du boîtier.

On peut donc gagner à utiliser à la place du SMA un autre indicateur de magnitude de signal, à savoir l'indicateur appelé SMV (*Signal Magnitude Vector* ou Vecteur de Magnitude de Signal) donné par la formule de calcul suivante :

$$SMV = \sqrt{\text{moyenne}(a_{x,i}^2) - \bar{a}_x^2 + \text{moyenne}(a_{y,i}^2) - \bar{a}_y^2 + \text{moyenne}(a_{z,i}^2) - \bar{a}_z^2}$$

où $\bar{a}_x = \text{moyenne}(a_{x,i})$, $\bar{a}_y = \text{moyenne}(a_{y,i})$, $\bar{a}_z = \text{moyenne}(a_{z,i})$.

Dans ce cas, les données suggèrent d'appliquer à la valeur du seuil S que l'on aurait utilisé pour le SMA, un coefficient multiplicateur d'environ 0.7, c'est-à-dire : $0.007 \text{ g} < S < 0.045 \text{ g}$

Le dispositif de l'invention est spécifiquement adapté à l'activité physique des patients sous oxygénothérapie, et permet une classification à deux niveaux, i.e. repos ou actif, de l'état d'activité physique du patient, plutôt qu'une classification à trois niveaux, i.e. sommeil, repos ou actif.

En effet, une classification à trois niveaux engendrent des problèmes comme par exemple :

- la classification utilise en parallèle les indicateurs SMA et SMV. Or, aux nouveaux niveaux considérés, les deux indicateurs se comportent de manière trop analogue l'un à l'autre.

- la magnitude des signaux correspondant au repos est trop proche de la magnitude des signaux correspondant au sommeil pour faire une séparation robuste. Dès lors, le passage à une classification à 2 niveaux permet une simplification pour rendre les estimations d'état plus robustes.

La Figure 2 schématise un premier mode de réalisation d'un dispositif 1 selon la présente invention de détermination de l'état d'activité physique d'un patient sous oxygénothérapie comprenant un accéléromètre conçu pour opérer des mesures d'accélération $(a_{x,i}, a_{y,i}, a_{z,i})$ sur 3 axes, et des moyens de traitement incluant un algorithme destiné à déduire des états de repos ou d'activité physique dudit patient.

Ce dispositif 1 comprend un boîtier formé de deux parties venant se fixer d'une à l'autre pour former un capotage externe au sein duquel sont agencés une carte

électronique 2 supportant un accéléromètre 3, un microprocesseur 4 ou un circuit électronique exécutant un algorithme, une mémoire informatique 5, une source d'énergie 6 et une antenne de transmission 7 de données.

5 La Figure 3 schématise un deuxième mode de réalisation d'un dispositif 1 selon la présente invention analogue à celui de la Figure 2 mais comportant en outre un conduit 8 permettant le passage d'un fluide 9 à travers le dispositif 1, et un capteur 10 permettant la mesure d'une grandeur caractéristique dudit fluide 9, par exemple sa pression, son débit ou sa température.

10 La Figure 4 schématise la phase de traitement des mesures d'accélération sur 3 axes permettant de déduire, pour une durée t_1 , un indicateur de magnitude du signal d'accélération (SMA ou SMV).

L'accéléromètre 3 fournit durant une durée t_1 une série 11 de mesures d'accélération selon l'un de ses axes. Cette série comporte des valeurs extrêmes 14 et 15. De la même manière, l'accéléromètre fournit les séries 12 et 13 de mesures d'accélération sur ses autres axes. Lesdites séries comportent respectivement les valeurs extrêmes 16 à 19. Une étape de filtrage 20 permet d'obtenir les séries de mesures d'accélération 21 à 23, correspondant respectivement aux séries 11 à 13 expurgées de leurs valeurs extrêmes. Une étape de calcul 24 permet d'obtenir un indicateur 25 de magnitude du signal SMA ou SMV d'accélération à partir des séries de mesures d'accélération filtrées 21 à 23.

Les Figures 5 et 6 schématisent la phase de traitement de l'indicateur de magnitude du signal SMA et de celui du signal SMV permettant de déduire, pour une durée t_1 , un état de repos ou d'activité physique dudit patient.

25 L'indicateur de magnitude du signal SMA ou, selon le cas, SMV 25 obtenu pour la durée t_1 est la donnée d'entrée d'une étape de branchement 26 comportant deux conditions mutuellement exclusives 27, 28.

Si la condition 27 correspondant à un état de repos est satisfaite, un état de repos 29 pour la durée t_1 est renvoyé par l'étape de branchement et stocké dans la mémoire informatique 5.

30 Dans le cas contraire, la condition 28 correspondant à un état d'activité physique est satisfaite et l'étape de branchement renvoie un état d'activité physique 30 stocké dans ladite mémoire informatique 5.

La Figure 7 schématise la phase de traitement permettant d'obtenir, pour une durée $t_2 > t_1$, un état de repos ou d'activité physique du patient, à partir des états de repos ou d'activité physique obtenus pour au moins une durée t_1 précédente. La mémoire informatique 5 contient une série 33 d'états de repos 34 et d'activité physique 35.

5 Ladite série 33 est la donnée d'entrée d'une étape de branchement 36 comprenant deux conditions mutuellement exclusives 37, 38.

Si la condition 37 correspondant à un état d'activité est satisfaisante, un état d'activité 39 pour la durée t_2 est renvoyé par l'étape de branchement et stocké dans la mémoire 5.

10 Dans le cas contraire, la condition 38 correspondant à un état de repos est satisfaite, et un état de repos 40 pour la durée t_2 est renvoyé par l'étape de branchement 36 et stocké dans la mémoire 5.

La Figure 8 schématise l'ordonnancement des différentes phases de traitement et d'acquisition permettant d'obtenir, pour une durée t_2 41 couvrant au moins une durée 15 t_1 , un état de repos ou d'activité physique du patient pour ladite durée t_2 .

L'ordonnancement est présenté selon une flèche du temps 42.

Durant une première durée t_1 43, l'accéléromètre réalise une phase d'acquisition 44 des accélérations sur trois axes.

20 A l'issue de ladite phase d'acquisition, les données sont traitées lors d'une phase de traitement 45, comprenant une phase de calcul d'un indicateur de magnitude du signal (SMA ou SMV) telle que schématisée par la Figure 4, et une phase de détermination d'un état de repos ou d'activité physique pour ladite première durée t_1 , telle que schématisée par la Figure 5 ou la Figure 6.

25 Un état 46 de repos ou d'activité pour ladite première durée t_1 est obtenu à l'issue de la phase de traitement 45. De façon analogue, des états 47, 48 de repos ou d'activité sont obtenus pour chacune des durées t_1 successives et comprises dans la durée t_2 .

30 A la fin de la durée t_2 , les états 46-48 de repos ou d'activité physique obtenus pour les durées t_1 successives sont traités par une phase de traitement 49 telle que schématisée par la Figure 7, permettant d'obtenir un indicateur 50 de repos ou d'activité physique du patient pour l'ensemble de ladite durée t_2 .

Revendications

1. Dispositif de détermination de l'état d'activité physique d'un patient sous oxygénothérapie comprenant :

5 - un accéléromètre conçu pour opérer, pendant au moins une première durée t_1 donnée, des mesures d'accélération $(a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i})$ sur 3 axes, avec i compris entre 1 et N, où N est un nombre entier supérieur à 1, et

 - des moyens de traitement incluant un algorithme conçu pour traiter au moins une partie des mesures d'accélération $(a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i})$ opérées par l'accéléromètre :

10 i) en calculant, pendant au moins une durée t_1 donnée, un indicateur de magnitude de signal (SMA, SMV) basé sur des moyennes calculées à partir des mesures d'accélération $(a_{X,i}, a_{Y,i}, a_{Z,i})$,

 ii) et en comparant la valeur de l'indicateur de magnitude de signal (SMA, SMV) à un seuil S donné pour en déduire un état de repos ou d'activité, avec :
15 $0.007 g < S < 0.060 g$ et où g désigne la constante d'accélération de la pesanteur terrestre (soit environ 9.81 m/s^2).

2 Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent un microprocesseur ou un circuit électronique.

20

3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une mémoire de stockage pour mémoriser au moins une partie des mesures d'accélération.

25

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'accéléromètre, les moyens de traitement et la ou les mémoires de stockage sont compris dans un boîtier.

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le boîtier contient une antenne capable de transmettre à distance au moins une partie des états d'activité et de repos mémorisées dans ladite mémoire

FIGURE 1

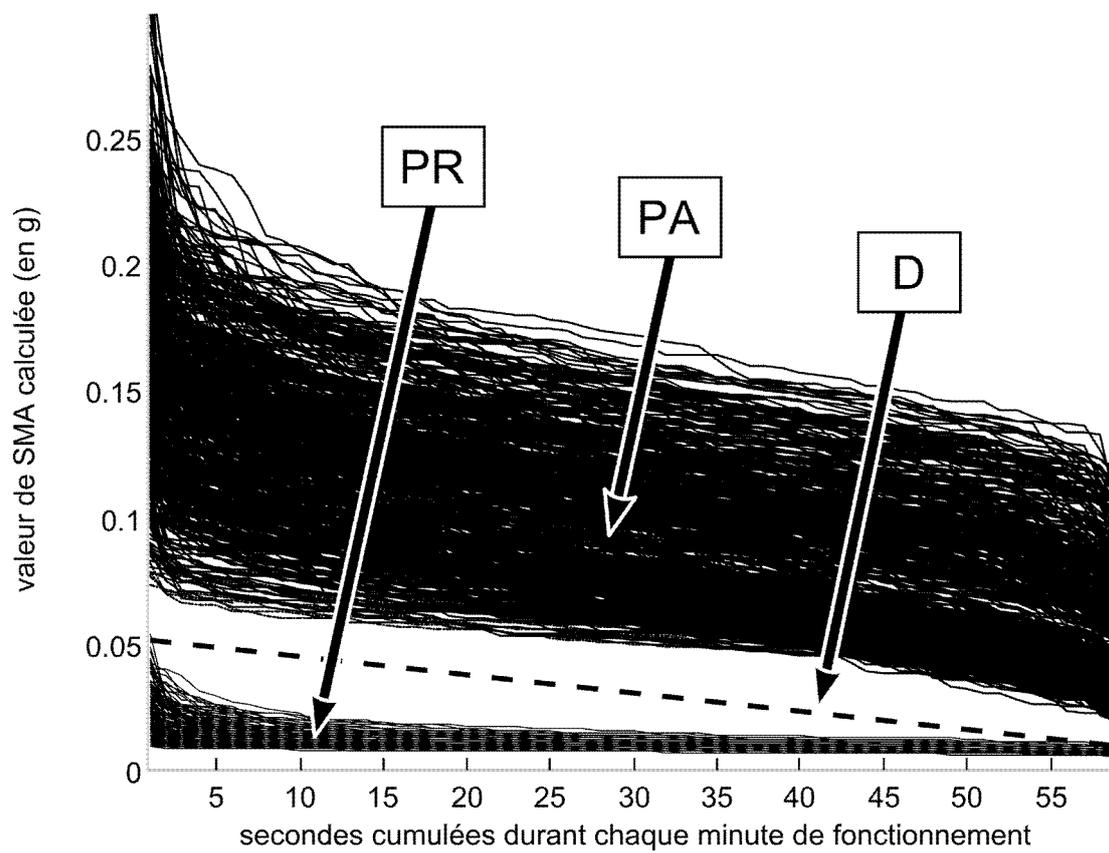


FIGURE 2

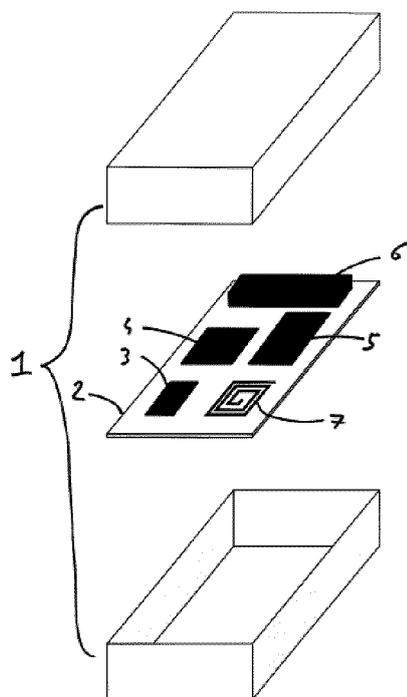
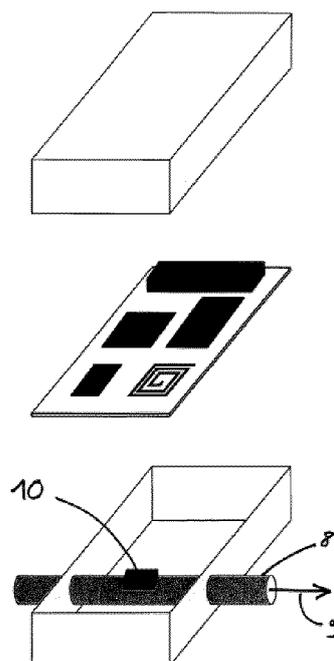


FIGURE 3



3/4

FIGURE 4

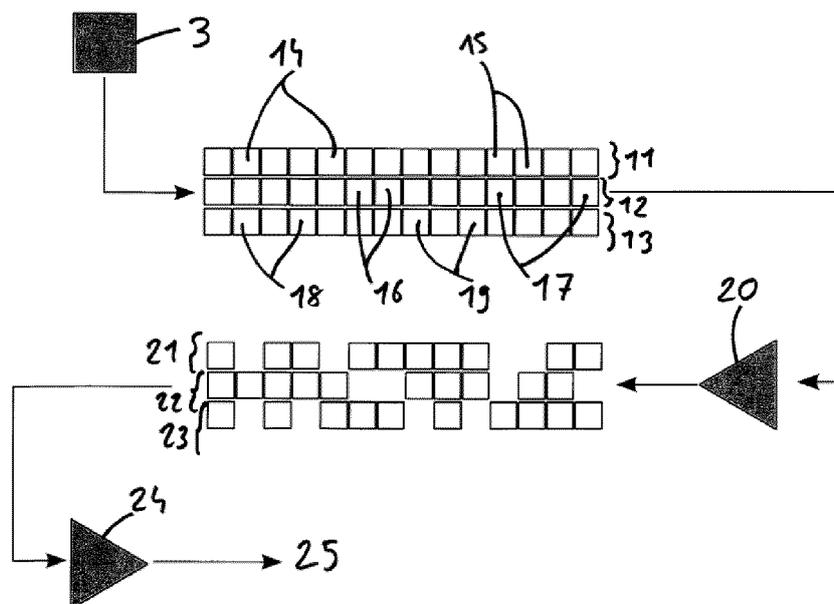


FIGURE 5

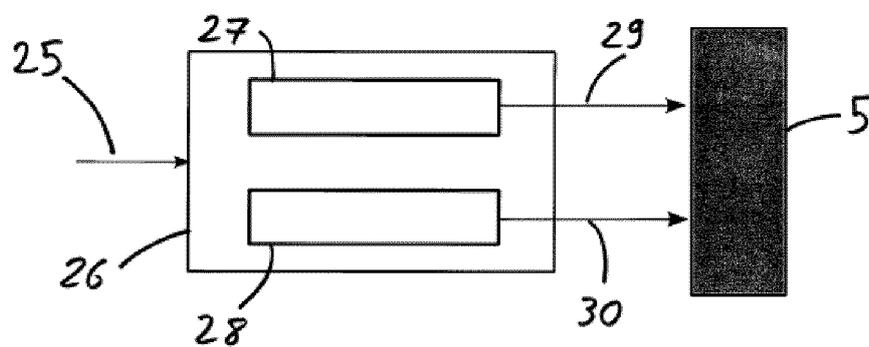
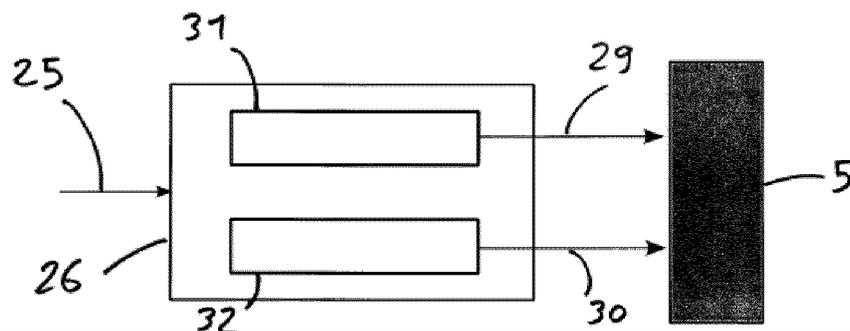


FIGURE 6



4/4

FIGURE 7

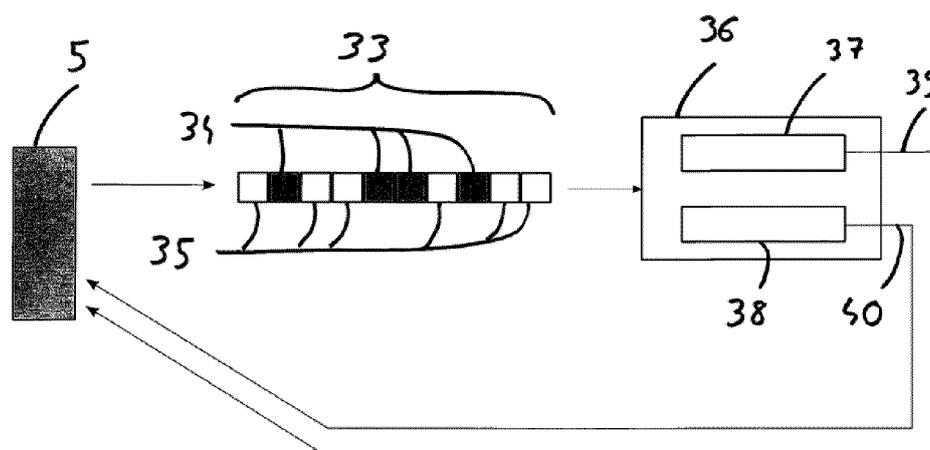
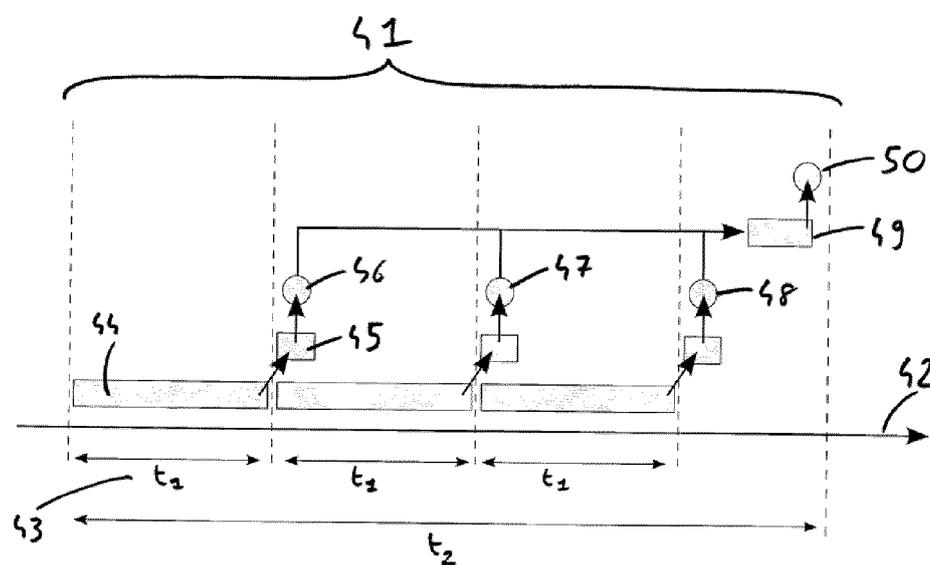


FIGURE 8





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 797174
FR 1454151

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	KARANTONIS D M ET AL: "Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring", IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, IEEE SERVICE CENTER, LOS ALAMITOS, CA, US, vol. 10, no. 1, 1 janvier 2006 (2006-01-01), pages 156-167, XP002593105, ISSN: 1089-7771, DOI: 10.1109/TITB.2005.856864 * abrégé * * alinéas [0001], [0IIB], [0IID]; figures 1,2,6-8 *	1-5	A61B5/00 A61B5/11 A61B5/08 A61M16/00 G06F19/00
A	LUGADE VIPUL ET AL: "Validity of using tri-axial accelerometers to measure human movement-Part I: Posture and movement detec", MEDICAL ENGINEERING & PHYSICS, BUTTERWORTH-HEINEMANN, GB, vol. 36, no. 2, 27 juillet 2013 (2013-07-27), pages 169-176, XP028829865, ISSN: 1350-4533, DOI: 10.1016/J.MEDENGPY.2013.06.005 * abrégé * * alinéas [02.3] - [02.5] *	1-5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) A61B
A	US 2014/019080 A1 (CHAN ALEXANDER [US] ET AL) 16 janvier 2014 (2014-01-16) * alinéas [0024] - [0034]; figure 2 *	1-5	
A	FR 2 970 872 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 3 août 2012 (2012-08-03) * le document en entier *	1-5	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 janvier 2015		Juárez Colera, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1454151 FA 797174**

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 **12-01-2015**

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 2014019080 A1	16-01-2014	US 2014019080 A1 WO 2014011343 A1	16-01-2014 16-01-2014

FR 2970872 A1	03-08-2012	AU 2012213265 A1 CA 2823611 A1 CN 103338805 A EP 2670463 A2 FR 2970872 A1 JP 2014513992 A US 2013310713 A1 WO 2012104513 A2	01-08-2013 09-08-2012 02-10-2013 11-12-2013 03-08-2012 19-06-2014 21-11-2013 09-08-2012
