



(51) Classification internationale des brevets :  
A63B 24/00 (2006.01) A63B 69/06 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2016/052795

(22) Date de dépôt international :  
27 octobre 2016 (27.10.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1502287 29 octobre 2015 (29.10.2015) FR

(71) Déposants : UNIVERSITE DE NANTES [FR/FR]; 1 Quai de Tourville, 44000 Nantes (FR). UNIVERSITE DE POITIERS [FR/FR]; 15 rue de l'Hôtel Dieu, 86000 Poitiers (FR). UNIVERSITE DU MAINE [FR/FR]; Avenue Olivier Messiaen, 72000 Le Mans (FR). CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS [FR/FR]; 3 rue Michel Ange, 75794 Paris 16 (FR).

(72) Inventeurs : NORDEZ, Antoine; 40 rue François Bruneau, 44000 Nantes (FR). COLLOU, Floren; 37 passage du Belvédère, 86000 Poitiers (FR). FRADET, Laetitia; 18 rue Zamanski, 86440 Migné-Auxances (FR). FOHANN, Vincent; 4 allée Roger Humbert, 63100 Clermont Ferrand (FR). LARDY, Julien; 19 avenue de Rome, 44300 Nantes (FR). GUEVEL, Arnaud; 10 rue du Ballet, 44000 Nantes (FR).

(74) Mandataire : NOVAGRAAF TECHNOLOGIES; 12 place des Halles Saint Louis, 56108 Lorient (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SYSTEM FOR DETERMINING THE POWER PRODUCED BY A ROWER

(54) Titre : SYSTEME DE DETERMINATION D'UNE PUISSANCE PRODUITE PAR UN RAMEUR

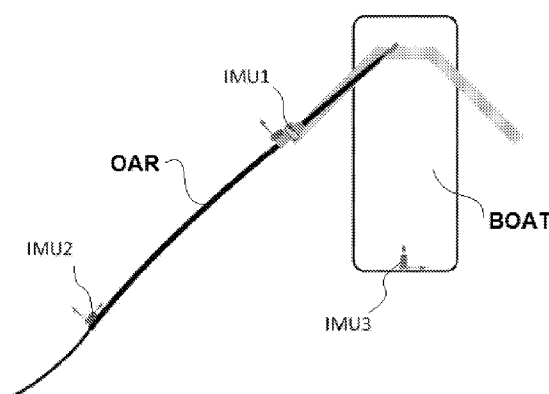


FIG. 1

(57) Abstract : The invention relates to a system (IMUROW) for determining the power (PROW) produced by a rower, said system (IMUROW) comprising at least one oar or paddle (OAR), said at least one oar (OAR) comprising a first inertial unit (IMU1) and a second inertial unit (IMU2), the said oar (OAR) collaborating with a craft (BOAT) which comprises a third inertial unit (IMU3), the system further comprising a module (COMP) for calculating a power (PROW) developed on a blade of said at least one oar (OAR).

(57) Abrégé : L'invention concerne un système (IMUROW) de détermination d'une puissance (PROW) produite par un rameur, ledit système (IMUROW) comprenant au moins un aviron ou une rame (OAR), ledit au moins un aviron (OAR) comprenant une première centrale à inertie (IMU1) et une seconde centrale à inertie (IMU2), ledit aviron (OAR) coopérant avec une embarcation (BOAT), laquelle comprend une troisième centrale à inertie (IMU3), le système comprenant en outre un module (COMP) de calcul d'une puissance (PROW) développée sur une palette dudit au moins un aviron (OAR).





TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, **Publiée :**

DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,

LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,

GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

## SYSTEME DE DETERMINATION D'UNE PUISSANCE PRODUITE PAR UN RAMEUR.

### 5                   1. Domaine de l'invention.

L'invention concerne le domaine de l'évaluation de la performance du rameur, et plus particulièrement la mesure de la puissance développée au cours d'un coup de rame ou d'aviron.

10

### 2. Etat de l'art.

Il est fréquent que des sportifs travaillent à l'amélioration de leurs performances, et ce quel que soit le sport pratiqué. Cela requiert  
15 d'avoir accès à des techniques d'évaluation de leurs performances courantes, afin d'établir un référentiel à partir duquel progresser. Selon le sport pratiqué, il est possible que la performance dépende d'un grand nombre de paramètres tels que, à titre d'exemple, un positionnement du corps du sportif, une régularité dans l'effort, mais aussi une qualité de  
20 synchronisation de ses gestes avec les gestes d'un co-équipier.

En aviron, de nombreuses techniques existent, qui visent à mesurer l'effort développé au cours d'un coup d'aviron, par la mesure d'un couple exercé sur une dame de nage (support d'aviron). D'autres techniques utilisent des centrales à inertie, dont certaines sont placées  
25 sur un aviron, afin d'étudier la variation de position angulaire de l'aviron dans le temps. La publication scientifique « MONITORING AND EVALUATION OF ROWING PERFORMANCE USING MOBILE MAPPING DATA » (Athanasios Mpimis, Vassilis Gikas ; Archives of Photogrammetry, Cartography and Remote Sensing, Vol. 22, 2011, pp.  
30 337-349 - ISSN 2083-2214) décrit un système d'acquisition de données d'une embarcation comprenant une pluralité de capteurs, dont des accéléromètres et gyroscopes. La publication scientifique « An IMU-

based Sensor Network to Continuously Monitor Rowing Technique on the Water”, de Bernd Tessendorf, Franz Gravenhorst, Bert Arnrich et Gerhard Tröster, Wearable Computing Lab., ETH Zurich, Gloriastr. 35, 8092 Zurich, Switzerland) décrit un système de métrologie en aviron  
5 comportant une pluralité de centrales à inertie, notamment à bord d’un bateau et sur un aviron, adaptés à mesurer les mouvements de l’aviron dans le temps.

Ces méthodes, bien qu’utiles, ne permettent pas une bonne détermination de la puissance développée sur l’aviron, et par voie de  
10 conséquence de la puissance développée par une palette d’aviron dans l’eau, au cours de la pratique en environnement réel.

Des recherches ont permis d’établir que la détermination d’une puissance développée représente une caractéristique des plus pertinente pour l’appréciation de la performance du ou des rameurs.

15 Les méthodes existantes permettent d’obtenir des informations plus ou moins représentatives de cette puissance, mais ne permettent pas de définir cette puissance précisément.

### 3. Résumé de l’invention.

20

L’invention permet d’améliorer au moins l’un des inconvénients de l’état de l’art en proposant un système de détermination d’une puissance produite par un rameur, par exemple en aviron. Le système comprend au moins un aviron (ou rame). L’aviron comprend une  
25 première centrale à inertie (encore appelée usuellement centrale inertielle) et une seconde centrale à inertie et coopère avec une embarcation, laquelle comprend une troisième centrale à inertie. Le système comprend en outre un module de calcul d’une puissance, lui-même comprenant :

30 - un premier module de détermination d’une déformation angulaire de l’aviron au cours de tout ou partie d’une phase d’immersion d’une palette de cet aviron, en fonction d’informations en

provenance de la première centrale à inertie de l'aviron (ou rame) et d'informations en provenance de la seconde centrale à inertie de l'aviron (ou rame),

- un second module de détermination d'un moment d'une force estimé sur une dame de nage supportant l'aviron pendant une phase d'immersion partielle ou entière de la palette de l'aviron,
- un troisième module de détermination d'une rotation de la première centrale autour d'un axe vertical de la troisième centrale à inertie.

10

Selon un mode de réalisation de l'invention, la première centrale à inertie est positionnée sensiblement proche de ladite dame de nage.

- 15 Selon un mode de réalisation de l'invention, la seconde centrale à inertie est positionnée sensiblement proche de ladite palette dudit aviron.

Avantageusement, la troisième centrale à inertie est positionnée sur un plan horizontal de l'embarcation.

- 20 Selon un mode de réalisation de l'invention, les premier, second et troisième modules sont compris dans un même dispositif de calcul.

- 25 L'invention concerne également une méthode dans le système précité, pour la détermination d'une puissance produite par un rameur, la méthode comprenant notamment :

- une détermination d'une déformation angulaire de l'aviron au cours de tout ou partie d'une phase d'immersion d'une palette de cet aviron,
- 30 - une détermination d'un moment d'une force estimé sur une dame de nage supportant cet aviron pendant la phase d'immersion, partielle ou entière, de la palette de cet aviron,

- une détermination d'une rotation de la première centrale autour d'un axe vertical de la troisième centrale à inertie.

L'invention concerne enfin un produit programme d'ordinateur chargeable directement dans la mémoire interne d'un ordinateur comprenant des portions de code de logiciel pour l'exécution des étapes de la méthode décrite ci-avant, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

#### 10                    **4. Liste des figures.**

L'invention sera mieux comprise, et d'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, la description faisant référence aux dessins annexés parmi lesquels :

15                    - la **figure 1** représente un système de détermination d'une puissance produite par un rameur en aviron selon un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention.

#### 20                    **5. Description détaillée de modes de réalisation de l'invention.**

La **figure 1** représente un système de détermination d'une puissance produite par un rameur en aviron selon un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention.

Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, l'embarcation (bateau) BOAT représentée sur la figure 1 comprend deux avirons OAR dont un seul est représenté sur la figure. Chacun des avirons OAR est porté par un dispositif dit « dame de nage » qui opère  
30 comme un support articulé et facilite les mouvements des avirons, contrôlés par un rameur. Au moins l'un des deux avirons OAR est équipé

de centrales à inertie. Cet aviron OAR équipé porte au moins deux centrales à inertie IMU1 et IMU2 respectivement positionnées proche de la dame de nage et proche de la palette de l'aviron. Une troisième centrale à inertie IMU3 est fixée sur un plan horizontal de l'embarcation BOAT. Les trois centrales à inertie IMU1, IMU2 et IMU3 sont reliées par des liens de communications sans-fil adaptés pour communiquer selon un ou plusieurs protocoles de communications sur des courtes distances, avec un module de calcul COMP et éventuellement entre eux. Les protocoles de communication sans-fil mis en œuvre sont, à titre d'exemples, compatibles avec les normes bluetooth, WiFi 802.11, etc. Bien évidemment, ces exemples ne sont pas limitatifs et n'importe quelle interface de communication filaire ou sans-fil peut être utilisée. Selon le mode de réalisation préféré, le modèle de calcul COMP est embarqué sur le bateau (embarcation BOAT). Selon une variante du mode de réalisation, le modèle de calcul peut être déporté sur une embarcation voisine ou établi à une distance compatible avec une bonne qualité de communication à distance avec les centrales à inerties interfacées pour ce faire.

Le module de calcul COMP est par exemple alimenté par des batteries lui garantissant une autonomie adapté à la mesure de performance tout au long d'une séance d'entraînement d'un ou plusieurs rameurs, voire au cours d'une compétition. Selon une variante du mode de réalisation, le module de calcul COMP est alimenté par des dispositifs convertisseurs d'énergie transformant une grandeur physique en grandeur électrique (panneaux solaires, par exemple). Le module de calcul COMP comprend une pluralité de modules de calcul dédiés, parmi lesquels COMP1, COMP2 et COMP3 respectivement adaptés à une détermination S1 d'une déformation angulaire d'un aviron OAR au cours de tout ou partie d'une phase d'immersion d'une palette de l'aviron OAR, à une détermination S2 d'un moment d'une force estimé sur une dame de nage RS supportant l'aviron OAR pendant une phase d'immersion partielle ou entière de la palette de l'aviron OAR, et une détermination S3

d'une rotation de la première centrale IMU1 autour d'un axe de la troisième centrale à inertie IMU3.

Chacun des modules (ou sous-modules) COMP1, COMP2 et COMP3 comprend classiquement un ou plusieurs microcontrôleurs, au moins une mémoire vive dite mémoire de travail, au moins une mémoire non-volatile dite mémoire de stockage, un circuit de remise à zéro et de supervision d'énergie, un ou plusieurs bus de communication externes, une ou plusieurs interfaces de communication notamment compatibles avec les interfaces de communication des centrales à inerties IMU1, IMU2 et IMU3. L'une des interfaces de communication est adaptée à une extraction des données de métrologie enregistrées au cours des séances d'entraînement ou de compétition dont les données de puissances déterminées à la dame de nage. Une telle extraction peut être réalisée au moyen d'une connexion filaire ou sans-fil à un dispositif de type ordinateur portable, tablette, smartphone ou tout autre équipement similaire configuré pour la lecture et/ou une exploitation plus développée de ces données.

Selon une variante du mode de réalisation de l'invention, les modules COMP1, COMP2 et COMP3 sont confondus dans un dispositif unique.

Avantageusement, le système selon l'invention est adapté à la détermination d'une puissance PROW produite par le rameur, par exemple lors d'un coup d'aviron OAR, en situation écologique, c'est-à-dire, en situation réelle de pratique.

Selon l'art antérieur, la puissance PROW, exprimée à la dame de nage en condition écologique est le paramètre mécanique le plus pertinent pour quantifier et analyser la performance d'un rameur. Les rameurs utilisent d'ailleurs ce paramètre PROW comme indicateur de la qualité de l'entraînement lors de leurs séances sur ergomètre. En

situation réelle de pratique des solutions techniques existent pour mesurer la puissance produite à la dame de nage, impliquant d'utiliser des avirons et/ou des dames de nages instrumentées. L'intégration de ces capteurs lors de séances en bateau n'est pas simple et implique un  
5 temps de préparation conséquent du bateau, rendant l'utilisation de ces mesures complexe et pour l'instant circonscrites au plus haut niveau.

Les systèmes et procédés envisagés selon l'invention, proposent une mesure de la puissance de force PROW développée par  
10 le rameur via l'utilisation des trois centrales inertielles IMU1, IMU2 et IMU3. Ces centrales pouvant très facilement se fixer sur le bateau BOAT et l'aviron OAR, le système proposé est très simple à mettre en place et pourrait être utilisé en routine à l'entraînement. Les centrales à inerties IMU1, IMU2 et IMU3 peuvent être positionnées très rapidement et fixées  
15 avec des liens classiques, tels que des bandes de fixation auto-agrippantes (dites « velcro ») à titre d'exemple. Il en est de même pour le module de calcul COMP quand celui-ci est embarqué à bord de l'embarcation BOAT.

20 Les centrales inertielles IMU1, IMU2 et IMU3 représentées figure 1 sont avantageusement et astucieusement configurées pour le calcul de la puissance PROW produite à la dame de nage par détermination à la fois du moment de force exercée et de la vitesse angulaire de l'aviron au niveau de la dame de nage.

25 Les centrales inertielles IMU1, IMU2 et IMU3 comprennent chacune au moins trois gyroscopes, un accéléromètre tridimensionnel et un magnétomètre coopérant à établir, pour chacune des centrales à inertie, sa situation dans un référentiel unique. Selon un mode de  
30 réalisation de l'invention, la première centrale inertielle IMU1 est positionnée sur un manchon rigide de la rame/aviron OAR situé proche de la dame de nage et la seconde centrale IMU2 est placée au plus

proche de la palette de l'aviron OAR pour mesurer la déformation maximale de l'aviron. La troisième centrale IMU3 est fixée dans un plan horizontal du bateau en vue d'obtenir une rotation autour d'un axe vertical coïncidant avec celui de la dame de nage. La fixation de chacune des  
5 centrales IMU1, IMU2 et IMU3 est effectuée à l'aide d'un système de fixation propre. Ce système doit être suffisant pour assurer un maintien stable de la centrale inertielle respectivement à l'aviron OAR ou à l'embarcation BOAT.

10 Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, les centrales inertielles IMU1 et IMU2 sont configurées pour déterminer une déformation angulaire de l'aviron OAR lors d'un coup de rame. Selon la théorie de la résistance des matériaux (domaine de la déformation élastique linéaire), le moment de force appliqué sur l'aviron OAR est  
15 directement proportionnel à la déformation angulaire de l'aviron.

Des données transmises par les centrales IMU1 et IMU2 sont utilisées afin de déterminer cette déformation angulaire instantanée. Chacun de ces deux centrales utilise les données des trois gyroscopes, de l'accéléromètre et du magnétomètre qui lui sont propres pour donner  
20 l'orientation de la centrale inertielle dans un repère terrestre, à chaque instant. L'orientation des centrales IMU1 et IMU2 est donnée respectivement sous la forme de quaternions contenus dans des vecteurs Q1 et Q2 :

25 
$$Q1 = [x1 ; y1 ; z1 ; w1]$$

$$Q2 = [x2 ; y2 ; z2 ; w2]$$

$x1$ ,  $y1$  et  $z1$  donnent les composantes du vecteur rotation de  
30 la centrale IMU1 dans le repère terrestre et

$w1$  est un scalaire correspondant à la valeur de la rotation autour de ce vecteur.

$x_2$ ,  $y_2$  et  $z_2$  donnent les composantes du vecteur rotation de la centrale IMU2 dans le repère terrestre et,

$w_2$  est un scalaire correspondant à la valeur de la rotation  
5 autour de ce vecteur.

A chaque instant, la déformation angulaire de la centrale IMU2 par rapport à la centrale IMU1 se détermine en deux étapes en utilisant des matrices rotations.

10

Une première étape consiste à déterminer une orientation relative de repos, c'est-à-dire sans chargement, entre les deux centrales inertielles lors d'une phase statique sans déformation de l'aviron OAR. Cette orientation relative de repos permet de recalculer l'orientation relative  
15 calculée ensuite lors d'une déformation de l'aviron du fait de la puissance dissipée. Cette orientation relative de repos est déterminée en calculant les matrices rotations  ${}_{repos}^0R_1$  et  ${}_{repos}^0R_2$  donnant respectivement l'orientation des centrales IMU1 et IMU2 par rapport au repère terrestre noté « 0 » :

20

$${}_{repos}^0R_1 = \begin{bmatrix} 1 - 2y_1^2 - 2z_1^2 & 2 * (x_1 * y_1 + z_1 * w_1) & 2 * (x_1 * z_1 - y_1 * w_1) \\ 2 * (x_1 * y_1 - z_1 * w_1) & 1 - 2x_1^2 - 2z_1^2 & 2 * (y_1 * z_1 + x_1 * w_1) \\ 2 * (x_1 * z_1 + y_1 * w_1) & 2 * (y_1 * z_1 - x_1 * w_1) & 1 - 2x_1^2 - 2y_1^2 \end{bmatrix}$$

$${}_{repos}^0R_2 = \begin{bmatrix} 1 - 2y_2^2 - 2z_2^2 & 2 * (x_2 * y_2 + z_2 * w_2) & 2 * (x_2 * z_2 - y_2 * w_2) \\ 2 * (x_2 * y_2 - z_2 * w_2) & 1 - 2x_2^2 - 2z_2^2 & 2 * (y_2 * z_2 + x_2 * w_2) \\ 2 * (x_2 * z_2 + y_2 * w_2) & 2 * (y_2 * z_2 - x_2 * w_2) & 1 - 2x_2^2 - 2y_2^2 \end{bmatrix}$$

25

Une matrice rotation relative est ensuite déterminée pour caractériser l'orientation relative entre les centrales inertielles IMU1 et IMU2 disposées sur l'aviron OAR.

$${}_{repos}^1R_2 = {}_{repos}^0R_2 \cdot {}_{repos}^0R_1^T,$$

où  ${}_{repos}^0R_1^T$  est la transposée de la matrice  ${}_{repos}^0R_1$ .

Des essais de calibration statique et de cycle d'aviron permettent le calcul d'une matrice rotation relative  ${}_{move}^1R_2$  entre les centrales IMU1 et IMU2, et ce, à chaque instant.

Selon le mode de réalisation de l'invention, il est ensuite possible de déterminer une matrice rotation  ${}^1R_2$  à partir des matrices rotation relatives  ${}_{repos}^1R_2$  et  ${}_{move}^1R_2$  pour établir la rotation relative due à la seule déformation de la rame / aviron OAR en charge

$${}^1R_2 = {}_{move}^1R_2 \cdot {}_{repos}^1R_2^T.$$

Le quaternion représentant la rotation entre les deux centrales est déduit de  ${}^1R_2$  :

$${}^1w_2 = 0.5 \times \sqrt{(1 + {}^1R_2[1,1] \times {}^1R_2[2,2] \times {}^1R_2[3,3])}$$

25

La déformation angulaire instantanée exprimée en radians est alors déterminée par la formule :

$${}^1\theta_2 = 2 \times \cos^{-1}({}^1w_2)$$

30

La théorie de la résistance des matériaux indique que la déformation angulaire est linéairement liée au moment de force appliqué dans le domaine de déformation élastique linéaire. Ainsi, une calibration est réalisée aux fins d'obtenir une relation linéaire entre la déformation angulaire moyenne et un moment de force estimé à la dame de nage ( $T_{ROW}$ ) :

$$T_{ROW} = a \times {}^1\theta_2 + b$$

où a et b sont des coefficients déterminés par régression linéaire. En supposant une valeur de moment de force nulle pour une déformation angulaire nulle, la valeur de la constante b est fixée à 0 et retirée de l'équation précédente.

La puissance du moment de force exercé à la poignée ( $P_{main}$ ) requiert une détermination d'une vitesse angulaire de la rame OAR dans un plan horizontal. La centrale inertielle IMU3 est fixée dans le plan horizontal de l'embarcation (du bateau) BOAT afin d'obtenir une rotation autour d'un axe vertical coïncident avec celui de la dame de nage supportant l'aviron OAR.

Une procédure similaire à celle expliquée ci-avant est utilisée pour déterminer une rotation instantanée de la rame autour d'un axe vertical du bateau.

Une nouvelle matrice rotation  ${}_{move}^0R_3$  peut être calculée à partir des quaternions contenus dans le vecteur  $Q_3$  et donnant l'orientation de la centrale inertielle IMU3 dans un repère terrestre au cours du temps :

$$Q_3 = [x_3 ; y_3 ; z_3 ; w_3]$$

$${}^{0}_{move}R_3 = \begin{bmatrix} 1 - 2y_3^2 - 2z_3^2 & 2 * (x_3 * y_3 + z_3 * w_3) & 2 * (x_3 * z_3 - y_3 * w_3) \\ 2 * (x_3 * y_3 - z_3 * w_3) & 1 - 2x_3^2 - 2z_3^2 & 2 * (y_3 * z_3 + x_3 * w_3) \\ 2 * (x_3 * z_3 + y_3 * w_3) & 2 * (y_3 * z_3 - x_3 * w_3) & 1 - 2x_3^2 - 2y_3^2 \end{bmatrix}$$

5

Une matrice rotation relative  ${}^{3}_{move}R_1$  est calculée pour caractériser l'orientation relative entre les centrales IMU3 et IMU1 :

$${}^{3}_{move}R_1 = {}^{0}_{move}R_1 \cdot {}^{0}_{move}R_3^T$$

10

où  ${}^{0}_{move}R_1$  est la matrice rotation donnant l'orientation de la centrale IMU1 dans le repère terrestre, et,

${}^{0}_{move}R_3^T$  est la transposée de la matrice rotation

15

La rotation de la centrale inertielle IMU1 autour de l'axe vertical de la centrale inertielle IMU3 est déduite de la manière suivante:

$${}^3_{move}\alpha_1 = \tan^{-1} \left( \frac{-{}^3_{move}R_1[2,1]}{{}^3_{move}R_1[1,1]} \right)$$

20

Il est possible de déterminer une puissance exprimée à la dame de nage  $P_{ROW}$  de la manière suivante :

$$P_{ROW} = T_{ROW} \times {}^3_{move}\dot{\alpha}_1$$

25

${}^3_{move}\dot{\alpha}_1$  correspond à la vitesse angulaire de la centrale inertielle IMU1 autour de l'axe vertical de la centrale inertielle IMU3 supposé parallèle à celui de la dame de nage.

L'invention ne concerne pas le seul mode de réalisation décrit mais s'applique à tout système comprenant un module de détermination d'une déformation angulaire d'une rame ou d'un aviron au cours de tout ou partie d'une phase d'immersion d'une palette de cet aviron, un module  
5 de détermination d'un moment d'une force estimé sur une dame de nage supportant l'aviron pendant une phase d'immersion partielle ou entière de la palette de l'aviron, ainsi qu'un module de détermination d'une rotation de la première centrale à inertie autour d'un axe vertical de la troisième centrale à inertie. L'invention s'applique également à toute  
10 méthode de détermination d'une puissance dissipée lors d'un coup de rame ou d'aviron comprenant les trois étapes de détermination ci-avant.

Il est à noter que le terme «embarcation» utilisé dans les paragraphes de description de l'invention concerne des bateaux, barques, canoës, kayaks, pédalos, et autres embarcations légères à  
15 flots, mais vise tout aussi bien des dispositifs utilisables hors de l'eau et configurés pour simuler une embarcation mue à l'aide de rames, d'avirons, de pagaies, etc., tels que notamment des dispositifs d'entraînement en salle pour sportifs.

## REVENDICATIONS

- 5        1. Système (IMUROW) de détermination d'une puissance (PROW) produite par un rameur, ledit système (IMUROW) comprenant au moins un aviron ou une rame (OAR), ledit au moins un aviron (OAR) comprenant une première centrale à inertie (IMU1) et une
- 10        seconde centrale à inertie (IMU2), ledit aviron (OAR) coopérant avec une embarcation (BOAT), laquelle comprend une troisième centrale à inertie (IMU3), le système comprenant en outre un module (COMP) de calcul d'une puissance (PROW) développée, ledit module comprenant lui-même:
- 15        - un premier module (COMP1) de détermination d'une déformation angulaire de l'aviron au cours de tout ou partie d'une phase d'immersion d'une palette de cet aviron, en fonction d'informations en provenance de ladite première centrale à inertie (IMU1) de l'aviron et d'informations en provenance de ladite seconde centrale à inertie (IMU2) de
- 20        l'aviron,
- un second module (COMP2) de détermination d'un moment d'une force estimé sur une dame de nage supportant l'aviron pendant une phase d'immersion partielle ou entière de la palette de l'aviron,
- 25        - un troisième module (COMP3) de détermination d'une rotation de la première centrale à inertie (IMU1) autour d'un axe vertical de la troisième centrale à inertie (IMU3).
- 30        2. Système de détermination d'une puissance produite par un rameur, selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite première centrale à inertie (IMU1) est positionnée sensiblement proche de ladite dame de nage (RS).

3. Système de détermination d'une puissance produite par un rameur, selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite seconde centrale à inertie (IMU2) est positionnée sensiblement proche de ladite palette dudit aviron (OAR).
- 5
4. Système de détermination d'une puissance produite par un rameur, selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite troisième centrale à inertie (IMU3) est positionnée sur un plan horizontal de ladite embarcation (BOAT).
- 10
5. Système de détermination d'une puissance produite par un rameur, selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que lesdits premier, second et troisième modules sont compris dans un même dispositif de calcul (COMP).
- 15
6. Méthode de détermination, dans un système de métrologie, d'une puissance (PROW) produite par un rameur, ledit système de métrologie comprenant au moins un aviron ou une rame (OAR), ledit au moins un aviron (OAR) comprenant une première centrale (IMU1) à inertie et une seconde centrale (IMU2) à inertie, ledit au moins un aviron (OAR) coopérant dans ledit système de métrologie avec une embarcation (BOAT) comprenant une troisième centrale (IMU3) à inertie, ladite méthode comprenant dans un module de calcul de ladite puissance (PROW):
- 20
- 25
- 30
- une détermination (S1) d'une déformation angulaire dudit au moins un aviron (OAR) au cours de tout ou partie d'une phase d'immersion d'une palette dudit aviron (OAR) en fonction d'informations en provenance de ladite première centrale à inertie (IMU1) de l'aviron et d'informations en provenance de ladite seconde centrale à inertie (IMU2) de l'aviron,

- une détermination (S2) d'un moment d'une force estimé sur une dame de nage (RS) supportant ledit au moins un aviron (OAR) pendant ladite phase d'immersion partielle ou entière de la palette dudit aviron,
- 5
- une détermination (S3) d'une rotation de ladite première centrale (IMU1) autour d'un axe de ladite troisième centrale à inertie (IMU3).
7. Produit programme d'ordinateur chargeable directement dans la
- 10
- mémoire interne d'un ordinateur comprenant des portions de code de logiciel pour l'exécution des étapes de la méthode selon la revendication 6, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

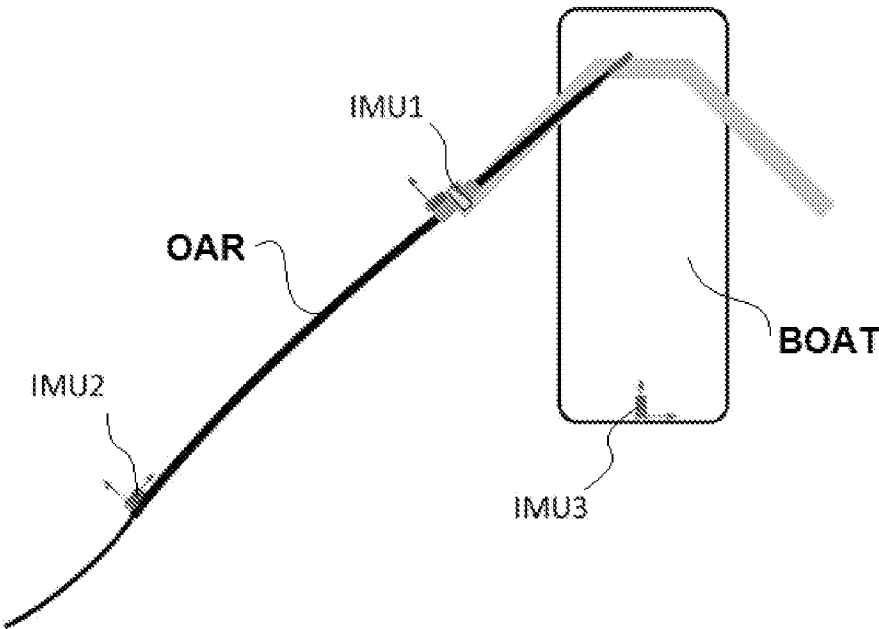


FIG. 1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2016/052795A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. A63B24/00 A63B69/06  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
A63B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                              | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | US 2010/167606 A1 (LUECKER MICHAEL C [US]<br>ET AL) 1 July 2010 (2010-07-01)<br>paragraph [0026] - paragraph [0028];<br>figure 1<br>paragraph 10 - sentence 12<br>-----<br>-/-- | 1-7                   |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 January 2017

Date of mailing of the international search report

09/02/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lundblad, Hampus

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2016/052795

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                       |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category*                                            | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Relevant to claim No. |
| A                                                    | <p>BERND TESSENDORF ET AL: "An IMU-based sensor network to continuously monitor rowing technique on the water", 2011 SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT SENSORS, SENSOR NETWORKS, AND INFORMATION PROCESSING (ISSNIP 2011) : ADELAIDE, AUSTRALIA, 6 - 9 DECEMBER 2011, IEEE, PISCATAWAY, NJ, 6 December 2011 (2011-12-06), pages 253-258, XP032111833, DOI: 10.1109/ISSNIP.2011.6146535 ISBN: 978-1-4577-0675-2 page 3; table II</p> <p>-----</p>                                                                                                                  | 1-7                   |
| A                                                    | <p>Athanasios Mpimis ET AL: "337 MONITORING AND EVALUATION OF ROWING PERFORMANCE USING MOBILE MAPPING DATA", Archives of Photogrammetry, Cartography and Remote Sensing, Vol 22, 15 March 2012 (2012-03-15), pages 337-349, XP055309645, DOI: 10.14681 ISBN: 978-83-615-7624-2 Retrieved from the Internet: URL:<a href="http://ptfit.sgp.geodezja.org.pl/wydawnictwa/krakow2011/APCRS%20vol.%2022%20pp.%20337-349.pdf">http://ptfit.sgp.geodezja.org.pl/wydawnictwa/krakow2011/APCRS vol. 22 pp. 337-349.pdf</a> [retrieved on 2016-10-11] the whole document</p> <p>-----</p> | 1-7                   |
| A                                                    | <p>THOMAS WILLIAMS: "ROWING PERFORMANCE MONITORING SYSTEM DEVELOPMENT", UNIVERSITY OF CANTERBURY. ANNUAL REPORT, UNIVERSITY OF CANTERBURY BY THOMAS WILLIAMS, NEW ZEALAND, 1 June 2001 (2001-06-01), pages 1-22, XP003031399, ISSN: 1171-5774 the whole document</p> <p>-----</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1-7                   |
| A                                                    | <p>GB 2 405 947 A (PEACH INNOVATIONS LTD [GB]) 16 March 2005 (2005-03-16) claims 1-6; figures 1-3</p> <p>-----</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1-7                   |
| A                                                    | <p>WO 2008/106748 A1 (D &amp; K INSPIRED TECHNOLOGIES PT [AU]; DES JACOBSEN [AU]) 12 September 2008 (2008-09-12) claims 1-15; figures</p> <p>-----</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1-7                   |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/052795

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date     |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|
| US 2010167606                             | A1                  | 01-07-2010                 | NONE                    |
| -----                                     |                     |                            |                         |
| GB 2405947                                | A                   | 16-03-2005                 | GB 2405947 A 16-03-2005 |
|                                           |                     | US 2005050960 A1           | 10-03-2005              |
| -----                                     |                     |                            |                         |
| WO 2008106748                             | A1                  | 12-09-2008                 | NONE                    |
| -----                                     |                     |                            |                         |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/052795

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b><br>INV. A63B24/00 A63B69/06<br>ADD.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                             |
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                             |
| <b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b><br>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)<br>A63B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                             |
| Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                             |
| Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)<br>EPO-Internal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                             |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                             |
| Catégorie*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | no. des revendications visées                                                                                                               |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 2010/167606 A1 (LUECKER MICHAEL C [US] ET AL) 1 juillet 2010 (2010-07-01)<br>alinéa [0026] - alinéa [0028]; figure 1<br>alinéa 10 - phrase 12<br>-----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1-7                                                                                                                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | BERND TESSENDORF ET AL: "An IMU-based sensor network to continuously monitor rowing technique on the water",<br>2011 SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT SENSORS, SENSOR NETWORKS, AND INFORMATION PROCESSING (ISSNIP 2011) :<br>ADELAIDE, AUSTRALIA, 6 - 9 DECEMBER 2011, IEEE, PISCATAWAY, NJ,<br>6 décembre 2011 (2011-12-06), pages 253-258, XP032111833,<br>DOI: 10.1109/ISSNIP.2011.6146535<br>ISBN: 978-1-4577-0675-2<br>page 3; tableau II<br>-----<br>- / - - | 1-7                                                                                                                                         |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents         </div> <div style="width: 45%;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe         </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                             |
| <div style="display: flex;"> <div style="width: 50%;"> <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                             |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">26 janvier 2017</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">09/02/2017</div> |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale<br>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Fonctionnaire autorisé<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Lundblad, Hampus</div>                                     |

| C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Catégorie*                                      | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | no. des revendications visées |
| A                                               | <p>Athanasios Mpimis ET AL: "337 MONITORING AND EVALUATION OF ROWING PERFORMANCE USING MOBILE MAPPING DATA",<br/>Archives of Photogrammetry, Cartography and Remote Sensing, Vol 22,<br/>15 mars 2012 (2012-03-15), pages 337-349,<br/>XP055309645,<br/>DOI: 10.14681<br/>ISBN: 978-83-615-7624-2<br/>Extrait de l'Internet:<br/>URL:http://ptfit.sgp.geodezja.org.pl/wydawnictwa/krakow2011/APCRS vol. 22 pp. 337-349.pdf<br/>[extrait le 2016-10-11]<br/>le document en entier</p> <p>-----</p> | 1-7                           |
| A                                               | <p>THOMAS WILLIAMS: "ROWING PERFORMANCE MONITORING SYSTEM DEVELOPMENT",<br/>UNIVERSITY OF CANTERBURY. ANNUAL REPORT, UNIVERSITY OF CANTERBURY BY THOMAS WILLIAMS, NEW ZEALAND,<br/>1 juin 2001 (2001-06-01), pages 1-22,<br/>XP003031399,<br/>ISSN: 1171-5774<br/>le document en entier</p> <p>-----</p>                                                                                                                                                                                          | 1-7                           |
| A                                               | <p>GB 2 405 947 A (PEACH INNOVATIONS LTD [GB]) 16 mars 2005 (2005-03-16)<br/>revendications 1-6; figures 1-3</p> <p>-----</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1-7                           |
| A                                               | <p>WO 2008/106748 A1 (D &amp; K INSPIRED TECHNOLOGIES PT [AU]; DES JACOBSEN [AU])<br/>12 septembre 2008 (2008-09-12)<br/>revendications 1-15; figures</p> <p>-----</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1-7                           |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/052795

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| US 2010167606 A1                                | 01-07-2010             | AUCUN                                   |                        |
| GB 2405947 A                                    | 16-03-2005             | GB 2405947 A                            | 16-03-2005             |
|                                                 |                        | US 2005050960 A1                        | 10-03-2005             |
| WO 2008106748 A1                                | 12-09-2008             | AUCUN                                   |                        |