

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
28 octobre 2010 (28.10.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2010/122174 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
A61B 5/11 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2010/055562

(22) Date de dépôt international :  
26 avril 2010 (26.04.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0952694 24 avril 2009 (24.04.2009) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :  
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25, rue  
Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).  
MOVEA [FR/FR]; 7, Parvis Louis Néel -, Minatec  
BHTBP 50 -, F-38000 Grenoble Cedex 09 (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : JALLON,  
Pierre [FR/FR]; 43, boulevard Joseph Vallier, F-38100  
Grenoble (FR).

(74) Mandataire : BRUNELLI, Géraud; Immeuble "Visium",  
22, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (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, BR, BW, BY, BZ,  
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,  
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SYSTEM AND METHOD FOR DETERMINING THE POSTURE OF A PERSON

(54) Titre : SYSTEME ET PROCEDE DE DETERMINATION DE LA POSTURE D'UNE PERSONNE

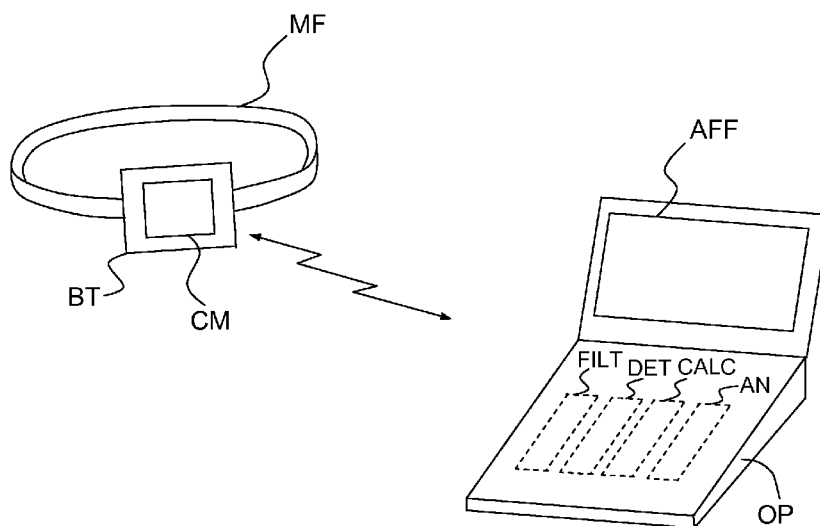


FIG.1a

(57) Abstract : The invention relates to a system for determining the posture of a person, including at least one motion sensor (CM) with at least one measurement axis, provided with an attachment means (MF) for rigidly connecting said motion sensor (CM) to a user, including an analysis means (AN) suitable for determining a posture of the user, said analysis means (AN) combining: joint probability density functions of a low-frequency component and a high-frequency component, said probability density functions being defined for each posture; and the probability of changing between two consecutive postures.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



— *relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii)*

**Publiée :**

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

---

- Système de détermination de la posture d'une personne, comprenant au moins un capteur de mouvement (CM) à au moins un axe de mesure, muni de moyens de fixation (MF) pour lier solidairement ledit capteur de mouvement (CM) à un utilisateur, comprenant des moyens d'analyse (AN) adaptés pour déterminer une posture de l'utilisateur, ces moyens d'analyse (AN) combinant : - des densités de probabilités conjointes d'une composante basses fréquences et d'une composante hautes fréquences, ces densités de probabilités étant définies pour chaque posture; et - des probabilités de passage entre deux postures successives.

## SYSTEME ET PROCEDE DE DETERMINATION DE LA POSTURE D'UNE PERSONNE

5           La présente invention porte sur un système et un procédé de détermination de la posture d'une personne.

          Il est connu des systèmes et procédés concernant l'analyse de mouvement à base de modèle de Markov caché, tel que décrit par exemple dans les documents "Gesture recognition using the XWand" de Daniel  
10   Wilson et Andy Wilson et "Motion-based gesture recognition with an accelerometer" (bachelor's thesis) de P.V. Borza.

          Le document "A hidden Markov model-based stride segmentation technique applied to equine inertial sensor trunk movement data", Journal of Biomechanics 41 (2008) 216-220 de Thilo Pfau, Marta Ferrari, Kevin  
15   Parsons, et Alan Wilson, porte sur l'analyse de la marche du cheval.

          Toutefois, ces systèmes et procédés sont d'une précision limitée.

          Un but de l'invention est d'améliorer la précision de la détermination de l'activité d'un élément mobile, particulièrement pour un être vivant, humain ou animal.

20           Selon un aspect de l'invention, il est proposé un système de détermination de la posture d'une personne, comprenant au moins un capteur de mouvement à au moins un axe de mesure, muni de moyens de fixation pour lier solidairement ledit capteur de mouvement à un utilisateur. Le système comprend :

- 25   - un filtre pour sélectionner, pour chaque axe de mesure du capteur de mouvement, des hautes fréquences supérieures à un premier seuil, et des basses fréquences inférieures à un deuxième seuil inférieur ou égal audit premier seuil ;
- 30   - des moyens de détermination d'une composante hautes fréquences unidimensionnelle égale à la somme des carrés desdites hautes fréquences des axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement, et une composante basses fréquences de dimension égale au nombre d'axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement ;
- 35   - des moyens de calcul, d'une densité de probabilité de ladite composante hautes fréquences et d'une densité de probabilité de ladite composante

- basses fréquences, ladite densité de probabilités de composante hautes fréquences étant définie par une loi du Chi-2 de degré de liberté égal au nombre d'axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement, et ladite densité de probabilité de la composante basses fréquences étant
- 5 définie par une loi Gaussienne ; et
- des moyens d'analyse adaptés pour déterminer une posture de l'utilisateur, ces moyens d'analyse combinant :
    - des densités de probabilités conjointes desdites composantes basses fréquences et hautes fréquences, ces densités de probabilités étant
    - 10 définies pour chaque posture ; et
    - des probabilités de passage entre deux postures successives.

On rappelle qu'un modèle de Markov caché est défini par deux processus aléatoires : un premier qui est appelé "état" dans la présente

15 demande et qui n'est pas observé, ou, en d'autres termes qui est caché, et un second qui est l'observation dont la densité de probabilité à un instant donné dépend de la valeur de l'état au même instant. Selon ce premier aspect de l'invention, l'état prend des valeurs discrètes.

Un tel système permet de déterminer l'activité d'un élément

20 mobile, particulièrement pour un être vivant, humain ou animal, avec une précision améliorée.

Dans un mode de réalisation, lesdits moyens de détermination sont adaptés pour déterminer une composante basses fréquences unidimensionnelle égale à une combinaison linéaire des mesures selon les

25 axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement, ladite composante hautes fréquences étant définie par une loi du Chi-2 à un degré de liberté.

Selon un mode de réalisation, la densité de probabilité d'un couple de valeurs pour la composante basses fréquences et la composante hautes

30 fréquences comprend le produit d'une densité de probabilité d'obtention de la valeur pour la composante basses fréquences et de la densité de probabilité d'obtention de la valeur pour la composante hautes fréquences, lesdites densités de probabilité étant définies, pour chaque état  $i$ , par les expressions suivantes :

$$\begin{cases} P_{x,i}(x(n)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{x,i}} \cdot e^{-\frac{(x(n)-\mu_{x,i})^2}{2\sigma_{x,i}^2}} \\ p_{y,i}(y(n)) = \frac{1}{\sqrt{2^k} \sigma_{y,i}^k \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} y(n)^{k/2-1} e^{-\frac{y(n)}{2\sigma_{y,i}^2}} \end{cases}$$

dans lesquelles :

$x(n)$  est un signal de dimension 1, représentant la composante basses fréquences à l'échantillon d'indice  $n$  ;

5  $\mu_{x,i}$  représente un vecteur de même dimension que la composante basses fréquences, représentatif de l'état  $i$  du modèle de Markov caché considéré ;

$\sigma_{x,i}$  représente la racine carrée de la variance de la composante basses fréquences  $x$ , représentative de l'état du modèle  $i$  de Markov caché

10 considéré ;

$y(n)$  représente la composante hautes fréquences à l'échantillon d'indice  $n$  ;

$k$  représente nombre d'axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement ;

$\sigma_{y,i}$  est une grandeur proportionnelle à la moyenne temporelle de la variable  $y(n)$ , dans l'état  $i$ . Par exemple,  $\sigma_{y,i}$  est la moyenne temporelle de la

15 variable  $y(n)$  divisée par  $k$ , et

$\Gamma$  étant la fonction gamma vérifiant  $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$ ,  $\Gamma(1) = 1$  et

$$\Gamma\left(n+1+\frac{1}{2}\right) = n \Gamma\left(n+\frac{1}{2}\right).$$

20 Une telle modélisation des signaux observés est adaptée à la majorité des cas possibles.

Dans un mode de réalisation, le système comprend des moyens d'affichage.

Selon un mode de réalisation, ledit capteur de mouvement comprend un accéléromètre, et/ou un magnétomètre, et/ou un gyromètre.

25 Dans un mode de réalisation, le système comprend un premier accéléromètre à un axe de mesure et des moyens de fixation adaptés pour fixer le premier accéléromètre au niveau du torse de l'utilisateur de sorte que

l'axe de mesure coïncide avec l'axe vertical VT du corps lorsque l'utilisateur est droit debout.

Selon un mode de réalisation, lesdits moyens d'analyse sont adaptés pour déterminer une posture de l'utilisateur en fonction du temps en utilisant un modèle de Markov caché à au plus quatre états parmi la posture debout ou assis, la posture marche, la posture penché, et la posture couché.

Le modèle de Markov caché est alors défini par :

- un processus discret non observé noté l'état et qui prend quatre valeurs parmi les suivantes: la posture debout ou assis, la posture marche, la posture penché, et la posture couché. Cette variable, ou état est une suite de Markov d'ordre 1, et est donc caractérisé par les probabilités de passage d'un état à un autre; et
- le processus observé du modèle de Markov caché est le signal multidimensionnel  $(x(n), y(n))$ , dont la densité de probabilité dépend de l'état (le processus caché) à un instant donné. Cette densité de probabilité correspond à la densité de probabilité conjointe précédemment définie par la relation suivante :

$$P(x(n), y(n) | Etat = i) = P_{iEtat}(x(n), y(n)) = P_{x,i}(x(n)) P_{y,i}(y(n))$$

On trouvera ci-dessous des exemples de paramètres des densités de probabilités  $P_{x,i}$  et  $P_{y,i}$  en fonction de différents états, ou postures. Dans toute cette demande, les mots état et posture sont synonymes.

- pour la posture debout ou assis,  $\mu_x \in [0.7 ; 1.3]$ ,  $\sigma_x \in [0.05 ; 0.4]$ ,  $\sigma_y \in [1.10^{-3} ; 5.10^{-1}]$  ;
- pour la posture marche,  $\mu_x \in [0.7 ; 1.3]$ ,  $\sigma_x \in [0.05 ; 0.4]$ ,  $\sigma_y \in [1.10^{-2} ; 1]$  ;
- pour la posture penché,  $\mu_x \in [0.7 ; 1.3]$ ,  $\sigma_x \in [0.05 ; 0.4]$ ,  $\sigma_y \in [1.10^{-3} ; 5.10^{-1}]$  ; et
- pour la posture couché  $\mu_x \in [-0.3 ; 0.3]$ ,  $\sigma_x \in [0.05 ; 0.4]$ ,  $\sigma_y \in [1.10^{-3} ; 5.10^{-1}]$ .

$P_i(x(n), y(n))$  représente la densité de probabilité associée à l'état  $i$ , à l'instant  $n$ , de  $x(n)$  et  $y(n)$ . Elle correspond au produit des densités de probabilités  $P_{x,i}(x(n))$  et  $P_{y,i}(y(n))$  précédemment définies. Si on considère une grandeur  $\theta(n)$ , rassemblant les données observées  $x(n)$  et  $y(n)$ , on peut écrire que  $P_i(x(n), y(n)) = P_i(\theta(n) = p(\theta(n) / E(n) = i)$ ,  $E(n)$  représentant l'état à l'instant  $n$ .  $\theta(n) = \{x(n), y(n)\}$ ,

Mais la détermination de l'état  $E(n)$  à l'instant  $n$ , uniquement à partir des données observées,  $y(n)$ , et des densités de probabilités associées  $P_{y,i}(y(n))$  n'est généralement pas satisfaisante. En effet, l'observation d'un seul échantillon ne permet pas, en général, de déterminer une attitude: il est  
 5 nécessaire d'en observer plusieurs.

Ainsi, si  $E(0:N)$  désigne la série d'états entre l'instant  $n=0$  et l'instant  $n=N$ , et si  $\theta(0:N)$  désigne les données observées entre l'instant  $n=0$  et l'instant  $n=N$ , la probabilité de la séquence d'états  $E(0:N)$  correspondante à la séquence d'états  $E(0), E(1) \dots E(N)$  s'écrit  $p(E(0:N) | \theta(0:N-1))$  qui est  
 10 proportionnel à :

$$p(E(0)) p(\theta(0) | E(0)) \prod_{n=1}^N p(E(n) | E(n-1)) p(\theta(n) | E(n))$$

Par exemple, pour la séquence  $E(0:N) = \{i, i, i, \dots, i\}$ , cette probabilité s'écrit :

$$p(E(0) = i) p(\theta(0) | E(0) = i) \prod_{n=1}^N p(E(n) = i | E(n-1) = i) p(\theta(n) | E(n) = i) \quad (1)$$

La séquence d'états estimée  $E(0:N)$  est celle dont la probabilité  
 15 est la plus élevée. En pratique, plutôt que de considérer l'ensemble des séquences possibles et pour chacune de calculer sa probabilité, on peut utiliser avantageusement un algorithme de Viterbi pour estimer cette séquence.

$P(E(0))$  désigne la probabilité associée à l'état initial  $E(0)$ . On peut,  
 20 par exemple, choisir une répartition équiprobable de chacun des états possibles lorsque  $n=0$ .

- $p(\theta(0) | E(0))$  représente la probabilité d'observation des données  $\theta(0)$  à l'instant  $E(0)$ . Cela correspond à la probabilité  $P_i(x(n=0), y(n=0))$  avec  $E(n) = i$ .
- 25 -  $p(E(n) | E(n-1))$  représente la probabilité de se trouver dans un état  $E(n)$  à l'instant alors qu'on se trouvait dans un état  $E(n-1)$  dans à l'instant  $n-1$ .
- $p(\theta(n) | E(n))$  représente la probabilité d'observer les grandeurs  $\theta(n)$  alors qu'on se trouve dans l'état  $E(n)$ . Cela correspond à la probabilité  $P_i(x(n), y(n))$  avec  $E(n)=i$ .

30 Dans un mode de réalisation, le système comprend, en outre, un deuxième accéléromètre à un axe de mesure et des moyens de fixation

adaptés pour fixer le deuxième accéléromètre au niveau de la cuisse de l'utilisateur de sorte que l'axe de mesure coïncide avec l'axe vertical VT du corps lorsque l'utilisateur est droit debout.

- Par exemple, lesdits moyens d'analyse sont adaptés pour
- 5 déterminer une posture de l'utilisateur en fonction du temps en utilisant un modèle de Markov caché à au plus quatre états parmi la posture debout, la posture assis, la posture allongé, et la posture marche.

Un tel système permet de calculer en temps réel la posture d'une personne.

- 10 Selon un mode de réalisation,  $x(n)$  représente le couple des composantes basses fréquences respectives desdits deux accéléromètres, et  $y(n)$  représente la composante hautes fréquences dudit deuxième accéléromètre, à l'échantillon d'indice  $n$ , la densité de probabilité d'obtention de la valeur  $x(n)$ , correspondant à l'état  $i$ , étant définie par l'expression
- 15 suivante :

$$P_{x,i}(x(n)) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^2 |\Sigma_{x,i}|}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(x(n)-\mu_{x,i})^T \Sigma_{x,i}^{-1} (x(n)-\mu_{x,i})}$$

dans laquelle :

$\Sigma_{x,i}$  est une matrice diagonale de dimension 2 décrivant la matrice de covariance du signal  $x(n)$  pour l'état  $i$  du modèle.

- 20  $\mu_{x,i}$  représente un vecteur colonne à deux composantes, représentatif de l'état  $i$  du modèle.

Les probabilités des variables  $x(n)$  et  $y(n)$  associées à ces états sont définies par les probabilités ci-dessus, avec les paramètres suivants:

- pour la posture debout (état 1), les paramètres des densités de
- 25 probabilité sont définis comme suit :  $\mu_{x,1} = [1 \ 1]^T$  et  $\Sigma_{x,1} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ .

Pour la composante hautes fréquences  $y(n)$ , son paramètre est le suivant:  $\sigma_{y,1} = 3e^{-2}$ ;

- pour la posture assis, (état 2), les paramètres des densités de probabilité sont définis comme suit :  $\mu_{x,2} = [1 \ 0]^T$  et  $\Sigma_{x,2} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ . Pour la
- 30 composante hautes fréquences  $y(n)$ , son paramètre est le suivant:  $\sigma_{y,2} = 3e^{-2}$ ;



- pour la posture allongée, (état 3), les paramètres des densités de probabilité sont définis comme suit:  $\mu_{x,3} = [0 \ 0]^T$  et  $\Sigma_{x,3} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ .

Pour la composante hautes fréquences  $y(n)$ , son paramètre est le suivant:  $\sigma_{y,3} = 3e^{-2}$ ;

- 5 - pour la posture marche, (état 4), les paramètres des densités de probabilité sont définis comme suit:  $\mu_{x,4} = [1 \ 1]^T$  et  $\Sigma_{x,4} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ .

Pour la composante haute fréquences  $y(n)$ , son paramètre est le suivant:  $\sigma_{y,4} = 1,2e^{-1}$ ;

- 10 Ainsi, selon le raisonnement précédemment détaillé, si  $E(0:N)$  désigne la série d'états entre l'instant  $n=0$  et l'instant  $n=N$ , et si  $\theta(0:N)$  désigne les données observées entre l'instant  $n=0$ , et l'instant  $n=N$ ,  $E(0,N)$  correspond à la séquence d'états  $E(0), E(1) \dots E(N)$  maximisant l'expression :

$$p(E(0))p(\theta(0)/E(0)) \prod_{n=1}^N p(E(n)/E(n-1))p(\theta(n)/E(n)) \quad (1)$$

- 15 Selon ce mode de réalisation,  $\theta(n) = \{x(n), y(n)\}$ ,  $x(n)$  et  $y(n)$  étant respectivement des composantes dites basses et hautes fréquences du signal  $S(n)$  mesuré par deux accéléromètres à l'instant  $n$ .

Il est également proposé, selon un autre aspect de l'invention, un procédé de détermination de la posture d'une personne, caractérisé en ce que :

- 20 - on filtre pour sélectionner, pour chaque axe de mesure d'un capteur de mouvement, des hautes fréquences supérieures à un premier seuil, et des basses fréquences inférieures à un deuxième seuil inférieur ou égal audit premier seuil ;
- on détermine une composante hautes fréquences unidimensionnelle  
25 égale à la somme des carrés des dites hautes fréquences des axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement, et une composante basses fréquences de dimension égale au nombre d'axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement ;
- on calcule la densité de probabilité de ladite composante hautes  
30 fréquences et la densité de la probabilité de ladite composante basses fréquences, ladite composante hautes fréquences étant définie par une

loi du Chi-2 de degré de liberté égal au nombre d'axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement, et ladite composante basses fréquences étant définie par une loi Gaussienne ; et

- on détermine une posture de l'utilisateur en fonction du temps en utilisant un modèle de Markov caché à N états correspondant respectivement à N postures, cette détermination étant réalisée en combinant : :
  - des densités de probabilités conjointes desdites composantes basse fréquence et haute fréquence, ces densités de probabilités étant définies pour chaque posture, et
  - des probabilités de passage entre deux postures successives.

L'invention sera mieux comprise à l'étude de quelques modes de réalisation décrits à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre un système, selon un aspect de l'invention ;
- la figure 2 illustre un exemple d'enregistrement d'un système selon un aspect de l'invention ; et
- la figure 3 illustre un exemple d'enregistrement d'un système selon un autre aspect de l'invention.

20

La figure 1 illustre un système de détermination de la posture d'une personne comprenant au moins un capteur de mouvement CM à au moins un axe de mesure, disposé dans un boîtier BT, muni de moyens de fixation comprenant par exemple un élément élastique, pour lier solidairement le capteur de mouvement CM à un utilisateur. Le capteur de mouvement CM peut être, un accéléromètre, un magnétomètre, ou un gyromètre, à un, deux, ou trois axes de mesure.

Le système comprend un filtre FILT pour sélectionner, pour chaque axe de mesure du capteur de mouvement CM, des hautes fréquences supérieures à un premier seuil S1, et des basses fréquences inférieures à un deuxième seuil S2 inférieur ou égal au premier seuil S1. Le système comprend également un module de détermination DET d'une composante hautes fréquences HF unidimensionnelle égale à la somme des carrés desdites hautes fréquences des axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement CM, et une composante basses fréquences BF

unidimensionnelle égale à une combinaison linéaire des mesures selon les axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement CM.

Le système comprend également un module de calcul CALC du carré de la variance de la probabilité  $P_y$  de ladite composante hautes fréquences HF et du carré de la variance de la probabilité  $P_x$  de ladite composante basses fréquences BF, ladite composante hautes fréquences HF étant définie par une loi du Chi-2 à un degré de liberté et ladite composante basses fréquences BF étant définie par une loi Gaussienne.

Des moyens d'analyse AN permettent de déterminer une posture de l'utilisateur en fonction du temps en utilisant un modèle de Markov caché à N états correspondant respectivement à N postures.

Pour chaque état i, la densité de probabilité de probabilité conjointe  $P_i(x(n), y(n))$  d'obtention d'un couple de valeurs  $(x(n), y(n))$  pour la composante basses fréquences BF et la composante hautes fréquences HF étant égale au produit de la densité de probabilité  $P_{x,i}$  d'obtention de la valeur  $x(n)$  pour la composante basses fréquences BF et de la densité de probabilité  $P_{y,i}$  d'obtention de la valeur  $y(n)$  pour la composante hautes fréquences HF, les densités de probabilité  $P_{x,i}$ ,  $P_{y,i}$  sont définies, pour chaque état i par les expressions suivantes :

$$20 \quad \begin{cases} P_{x,i}(x(n)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{x,i}} \cdot e^{-\frac{(x(n)-\mu_{x,i})^2}{2\sigma_{x,i}^2}} \\ p_{y,i}(y(n)) = \frac{1}{\sqrt{2^k} \sigma_{y,i}^k \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} y(n)^{k/2-1} e^{-\frac{y(n)}{2\sigma_{y,i}^2}} \end{cases}$$

dans lesquelles :

$x(n)$  représente la composante basses fréquences à l'échantillon d'indice n ;  
 $\mu_{x,i}$  représente un vecteur de même dimension que la composante basses

fréquences, représentatif de l'état i du modèle de Markov caché considéré ;

$\sigma_{x,i}$  représente la racine carrée de la variance de la composante basses fréquences x, représentative de l'état du modèle de Markov caché considéré ;

$y(n)$  représente la composante hautes fréquences à l'échantillon d'indice n ;

k représente nombre d'axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement ;

$\sigma_{y,i}$  est une grandeur proportionnelle à la moyenne temporelle de la variable  $y(n)$ , dans l'état i. Par exemple,  $\sigma_{y,i}$  est la moyenne temporelle de la variable  $y(n)$  divisée par k ; et

$\Gamma$  est la fonction gamma vérifiant  $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$ ,  $\Gamma(1) = 1$  et  $\Gamma\left(n+1+\frac{1}{2}\right) = n \Gamma\left(n+\frac{1}{2}\right)$ .

Le système comprend également un écran d'affichage AFF.

Dans un premier exemple, le système comprend un accéléromètre à un axe de mesure et un élément de fixation pour fixer l'accéléromètre au niveau du torse de l'utilisateur de sorte que l'axe de mesure coïncide avec l'axe vertical VT du corps lorsque l'utilisateur est droit debout.

Le modèle de Markov caché utilisé comprend quatre états correspondant à quatre postures, la posture debout ou assis (état 1), la posture marche (état 2), la posture penché (état 3), et la posture couché (état 4). Les états du modèle de Markov caché sont définis comme suit :

- la posture debout ou assis (état 1) :  $\mu_{x,1} = 1$ ,  $\sigma_{x,1} = 0.2$ , et  $\sigma_y = 3e^{-2}$  ;
- la posture marche (état 2) :  $\mu_x = 1$ ,  $\sigma_{x,2} = 0.2$ , et  $\sigma_y = 1.2e^{-1}$  ;
- la posture penché (état 3) :  $\mu_x = 0.5$ ,  $\sigma_{x,3} = 0.2$ , et  $\sigma_y = 3e^{-2}$  ;
- la posture couché (état 4) :  $\mu_x = 0$ ,  $\sigma_{x,4} = 0.2$ , et  $\sigma_y = 3e^{-2}$ .

A chaque instant n, on peut alors déterminer un état de la personne comme suit :

$$E(n) = \arg \max_i (P_{x,i}(x(n))P_{y,i}(y(n))) = \arg \max_i (P_i(x(n), y(n)))$$

Si, à l'instant n, la personne se trouve dans l'état i,  $E(n) = i$ .

$P_i(x(n), y(n))$  représente la densité de probabilité associée à l'état i, à l'instant n, de  $x(n)$  et  $y(n)$ . Elle correspond au produit des densités de probabilités  $P_{x,i}(x(n))$  et  $P_{y,i}(y(n))$  précédemment définies. Si on considère une grandeur  $\theta(n)$ , rassemblant les données observées  $x(n)$  et  $y(n)$ , on peut écrire que  $P_i(x(n), y(n)) = P_i(\theta(n)) = p(\theta(n) / E(n) = i)$ ,  $E(n)$  représentant l'état à l'instant n.

Mais la détermination de l'état  $E(n)$  à l'instant n, uniquement à partir des données observées,  $x(n)$  et  $y(n)$ , et des densités de probabilités

associées  $P_{x,i}(x(n))$  et  $P_{y,i}(y(n))$ , respectivement associées à ces données, n'est généralement pas satisfaisante.

L'expérience montre qu'il est nécessaire de tenir compte d'un a priori, et par exemple de l'état  $E(n-1)$  déterminé durant l'instant  $n-1$ .

- 5 Ainsi, si  $E(0:N)$  désigne la série d'états entre l'instant  $n=0$  et l'instant  $n=N$ , et si  $\theta(0:N)$  désigne les données observées entre l'instant  $n=0$  et l'instant  $n=N$ , la probabilités de la séquence d'états  $E(0:N)$  correspondant à la séquence d'états  $E(0), E(1) \dots E(N)$  s'écrit  $p(E(0:N) | \theta(0:N-1))$  qui est proportionnel à :

$$10 \quad p(E(0)) p(\theta(0)/E(0)) \prod_{n=1}^N p(E(n)/E(n-1)) p(\theta(n)/E(n))$$

Par exemple, pour la séquence  $E(0:N)=\{i,i,i,\dots,i\}$ , cette probabilité s'écrit:

$$p(E(0)=i) p(\theta(0)|E(0)=i) \prod_{n=1}^N p(E(n)=i|E(n-1)=i) p(\theta(n)|E(n)=i) \quad (1)$$

- 15 La séquence d'états estimée  $E(0:N)$  est celle dont la probabilité est la plus élevée. En pratique, plutôt que de considérer l'ensemble des séquences possibles et pour chacune calculer sa probabilité, il est possible d'utiliser avantageusement un algorithme de Viterbi pour estimer cette séquence.

- 20  $P(E(0))$  désigne la probabilité associé à l'état initial  $E(0)$ . On peut par exemple choisir une répartition équiprobable de chacun des états possibles lorsque  $n=0$ .

- $p(\theta(0)/E(0))$  représente la probabilité d'observation des données  $\theta(0)$  à l'instant  $E(0)$ . Cela correspond à la probabilité  $P_i(x(n=0), y(n=0))$  avec  $E(n)=i$ .
- 25 -  $p(E(n)/E(n-1))$  représente la probabilité de se trouver dans un état  $E(n)$  à l'instant alors qu'on se trouvait dans un état  $E(n-1)$  dans à l'instant  $n-1$ .
- $p(\theta(n)/E(n))$  représente la probabilité d'observer les grandeurs  $\theta(n)$  alors qu'on se trouve dans l'état  $E(n)$ . Cela correspond à la probabilité
- 30  $P_i(x(n), y(n))$  avec  $E(n) = i$

Les probabilités  $p(E(n)/E(n-1))$  correspondent à des probabilités de passage d'un état  $E(n-1)$  à un état  $E(n)$ . Ces probabilités sont indiquées dans la tableau suivant en adoptant les notations  $E(n-1)=j$  et  $E(n)=i$ ,

La série d'états  $E(0)...E(N)$  maximisant l'expression (1) peut être obtenue en utilisant par exemple l'algorithme de Viterbi, bien connu de l'homme du métier.

Ainsi,

1) en établissant, pour chaque état  $E(n)$  :

- la probabilité d'observer les grandeurs  $\theta(n)$  alors qu'on se trouve dans l'état  $E(n)$ , notée  $p(\theta(n)/E(n))$
- la probabilité de passage d'un état  $E(n-1)$  à un état  $E(n)$ , notée  $p(E(n)/E(n-1))$

2) en établissant la probabilité associée à chaque état  $E(0)$ ,

3) en obtenant des valeurs observées  $\theta(n)$  à chaque instant  $n$  compris entre  $n=0$  et  $n=N$ , on peut obtenir la série d'états la plus probable  $E(0)...E(N)$ .

On rappelle que dans la présente description,  $\theta(n) = \{x(n), y(n)\}$ ,  $x(n)$  et  $y(n)$  étant respectivement des composantes dites basses et hautes fréquences du signal  $S(n)$  mesuré par un accéléromètre à l'instant  $n$ .

Les densités de probabilités de passage  $P(\text{état}_i/\text{état}_j)$  d'un état  $\text{état}_i$  correspondant à une posture du modèle de Markov caché à un autre état  $\text{état}_j$  correspondant à une posture du modèle de Markov caché sont les suivantes, choisies de manière à assurer une bonne stabilité au système :

$P(\text{état}_i / \text{état}_j)$	$\text{état}_i=1$ (debout ou assis)	$\text{état}_i=2$ (marche)	$\text{état}_i=3$ (penché)	$\text{état}_i=4$ (couché)
$\text{état}_j=1$ (debout ou assis)	0.8	0.1	0	0.1

état <sub>i</sub> =2 (marche)	0.1	0.8	0.1	0
état <sub>i</sub> =3 (penché)	0.1	0.1	0.8	0
état <sub>i</sub> =4 (couché)	0.1	0	0	0.9

Le module d'analyse AN détermine, à partir des signaux d'entrée et du modèle de Markov caché tel que défini, la séquence d'états (postures) la plus probable, selon des procédés classiques, par exemple en calculant pour l'ensemble des séquences d'états possibles la probabilité associée compte tenu du signal observé et en gardant la séquence la plus probable, tels que décrits par exemple dans le document "An introduction to hidden Markov models" de L.R. Rabiner et B.H. Juang, IEEE ASSP Magazine, January 1986, ou dans le livre "Inference in Hidden Markov Models" de Cappé, Moulines et Ryden de Springer, de la série "Springer series in statistics".

Les différents éléments du système peuvent, par exemple, être intégrés dans un même boîtier BT, comme illustré sur la figure 1a, ou certains externalisés, par exemple dans un ordinateur portable OP, comme illustré sur la figure 1b.

La figure 2 illustre un exemple d'enregistrement d'un utilisateur du système du premier exemple, sur le graphique inférieur, et le résultat fourni par le système qui indique que l'utilisateur a été dans la posture debout ou assis (état 1) pendant 36 secondes, puis dans la posture de marche (état 2) pendant 16 secondes, puis dans la posture debout ou assis (état 1) pendant 8 secondes, puis dans la posture penché (état 3) pendant 18 secondes, puis dans la posture debout ou assis (état 1) pendant 6 secondes, puis dans la posture de marche (état 2) pendant 30 secondes, puis dans la posture penché (état 3) pendant 38 secondes, puis dans la posture debout ou assis (état 1) pendant 8 secondes, puis dans la posture de marche (état 2) pendant 51 secondes, et enfin finit dans la posture debout ou assis (état 1).

Dans un deuxième exemple, le système comprend un premier accéléromètre à un axe de mesure et un premier élément de fixation pour fixer le premier accéléromètre au niveau du torse de l'utilisateur de sorte que l'axe de mesure coïncide avec l'axe vertical VT du corps lorsque l'utilisateur est droit debout, et un deuxième accéléromètre à un axe de mesure et un deuxième élément de fixation pour fixer le deuxième accéléromètre au niveau de la cuisse de l'utilisateur de sorte que l'axe de mesure coïncide avec l'axe vertical VT du corps lorsque l'utilisateur est droit debout.

Le modèle de Markov caché utilisé comprend quatre états correspondant à quatre postures, la posture debout (état 1), la posture assis (état 2), la posture allongé (état 3), et la posture marche (état 4).

En ce cas,  $x(n)$  représente le couple des composante basses fréquences BF respectives desdits deux accéléromètres, et  $y(n)$  représente la composante hautes fréquences HF dudit deuxième accéléromètre, à l'échantillon d'indice  $n$ , la densité de probabilité  $P_x$  d'obtention de la valeur  $x(n)$  étant définie par l'expression suivante :

$$P_{x,i}(x(n)) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^2 |\Sigma_{x,i}|}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(x(n)-\mu_{x,i})^T \Sigma_{x,i}^{-1} (x(n)-\mu_{x,i})}$$

dans laquelle :

$\Sigma_{x,i}$  est une matrice diagonale de dimension 2 décrivant la matrice de covariance du signal  $x(n)$  pour l'état  $i$  du modèle.

$\mu_{x,i}$  représente un vecteur colonne à deux composantes, représentatif de l'état  $i$  du modèle.

Les probabilités des variables  $x(n)$  et  $y(n)$  associées à ces états sont définies par les probabilités ci-dessus, avec les paramètres suivants :

- pour la posture debout (état 1), les paramètres des densités de probabilité sont définis comme suit:  $\mu_{x,1} = [1 \ 1]^T$  et  $\Sigma_{x,1} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ .

Pour la composante hautes fréquences  $y(n)$ , son paramètre est le suivant:  $\sigma_{y,1} = 3e^{-2}$ ;

- pour la posture assis, (état 2), les paramètres des densités de probabilité sont définis comme suit:  $\mu_{x,2} = [1 \ 0]^T$  et  $\Sigma_{x,2} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ . Pour la



composante hautes fréquences  $y(n)$ , son paramètre est le suivant:

$$\sigma_{y,2} = 3e^{-2};$$

- pour la posture allongée, (état 3), les paramètres des densités de probabilité sont définis comme suit:  $\mu_{x,3} = [0 \ 0]^T$  et  $\Sigma_{x,3} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ .

5 Pour la composante hautes fréquences  $y(n)$ , son paramètre est le suivant:  $\sigma_{y,3} = 3e^{-2}$ ;

- pour la posture marche, (état 4), les paramètres des densités de probabilité sont définis comme suit:  $\mu_{x,4} = [1 \ 1]^T$  et  $\Sigma_{x,4} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ .

10 Pour la composante hautes fréquences  $y(n)$ , son paramètre est le suivant:  $\sigma_{y,4} = 1,2e^{-1}$ ;

Ainsi, selon le raisonnement précédemment détaillé, si  $E(0:N)$  désigne la série d'états entre l'instant  $n=0$  et l'instant  $n=N$ , et si  $\theta(0:N)$  désigne les données observées entre l'instant  $n = 0$ , et l'instant  $n=N$ ,  $E(0,N)$  correspond à la séquence d'états  $E(0), E(1) \dots E(N)$  maximisant l'expression :

$$p(E(0))p(\theta(0)/E(0)) \prod_{n=1}^N p(E(n)/E(n-1))p(\theta(n)/E(n)) \quad (1)$$

Selon ce mode de réalisation,  $\theta(n) = \{x(n), y(n)\}$ ,  $x(n)$  et  $y(n)$  étant respectivement des composantes dites basse et haute fréquence du signal  $S(n)$  mesuré par deux accéléromètres à l'instant  $n$ .

20 Les densités de probabilités de passage  $P(\text{état}_i/\text{état}_j)$  d'un état  $\text{état}_i$  correspondant à une posture du modèle de Markov caché à un autre état  $\text{état}_j$  correspondant à une posture du modèle de Markov caché sont les suivantes, choisies de manière à assurer une bonne stabilité au système :

$P(\text{état}_i / \text{état}_j)$	état <sub>i</sub> =1 debout	état <sub>i</sub> =2 (assis)	état <sub>i</sub> =3 (allongé)	état <sub>i</sub> =4 (marche)
état <sub>i</sub> =1 debout	0.8	0.1	0	0.1

état <sub>i</sub> =2 (assis)	0.1	0.8	0.1	0
état <sub>i</sub> =3 (allongé)	0.1	0.1	0.8	0
état <sub>i</sub> =4 (marche)	0.1	0	0	0.9

Le module d'analyse AN détermine, à partir des signaux d'entrée et du modèle de Markov caché tel que défini, la séquence d'états (postures) la plus probable, selon des procédés classiques, par exemple en calculant pour l'ensemble des séquences d'états possibles la probabilité associée compte tenu du signal observé et en gardant la séquence la plus probable, tels que décrits par exemple dans le document "An introduction to hidden Markov models" de L.R. Rabiner et B.H. Juang, IEEE ASSP Magazine, January 1986, ou dans le livre "Inference in Hidden Markov Models" de Cappé, Moulines et Ryden de Springer, de la série "Springer series in statistics".

La figure 3 illustre un exemple d'enregistrement d'un utilisateur du système du premier exemple, sur le graphique inférieur, et le résultat fourni par le système qui indique que l'utilisateur a été dans la posture assis (état 2) pendant 50 secondes, puis dans la posture de marche (état 4) pendant 85 secondes, puis dans la posture debout (état 1) pendant 50 secondes, puis dans la posture de marche (état 4) pendant 61 secondes, puis dans la posture assis (état 2) pendant 8 secondes, puis dans la posture allongé (état 3) pendant 94 secondes, puis dans la posture de marche (état 4) pendant 54 secondes, et enfin finit dans la posture assis (état 2).

La présente invention permet, à coût réduit et avec une précision améliorée, de déterminer en temps réel ou en différé la posture d'une personne, en déterminant avec précision les changements de posture.

## REVENDEICATIONS

1. Système de détermination de la posture d'une personne, comprenant au moins un capteur de mouvement (CM) à au moins un axe de mesure, muni de moyens de fixation (MF) pour lier solidairement ledit capteur de mouvement (CM) à un utilisateur, caractérisé en ce qu'il comprend :
- un filtre (FILT) pour sélectionner, pour chaque axe de mesure du capteur de mouvement (CM), des hautes fréquences supérieures à un premier seuil (S1), et des basses fréquences inférieures à un deuxième seuil (S2) inférieur ou égal audit premier seuil (S1) ;
  - des moyens de détermination (DET) d'une composante hautes fréquences (HF) unidimensionnelle égale à la somme des carrés desdites hautes fréquences des axes de mesure pris en compte (k) du capteur de mouvement (CM), et une composante basses fréquences (BF) de dimension égale au nombre d'axes de mesure pris en compte (k) du capteur de mouvement (CM) ;
  - des moyens de calcul (CALC) d'une densité de probabilité ( $P_y$ ) de ladite composante hautes fréquences (HF) et d'une densité de probabilité ( $P_x$ ) de ladite composante basses fréquences (BF), ladite densité de probabilités de composante hautes fréquences (HF) étant définie par une loi du Chi-2 de degré de liberté égal au nombre d'axes de mesure pris en compte (k) du capteur de mouvement (CM), et ladite densité de probabilité de la composante basses fréquences (BF) étant définie par une loi Gaussienne ; et
  - des moyens d'analyse (AN) adaptés pour déterminer une posture de l'utilisateur, ces moyens d'analyse (AN) combinant :
    - des densités de probabilités conjointes desdites composantes basses fréquences et hautes fréquences, ces densités de probabilités étant définies pour chaque posture ; et
    - des probabilités de passage entre deux postures successives.

2. Système selon la revendication 1, dans lequel, lesdits moyens de détermination (DET) sont adaptés pour déterminer une composante basses fréquences (BF) unidimensionnelle égale à une

combinaison linéaire des mesures selon les axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement (CM), ladite composante hautes fréquences étant définie par une loi du Chi-2 à un degré de liberté.

5                    3.        Système selon la revendication 1 ou 2, dans lequel, la  
densité de probabilité ( $P(x(n), y(n))$ ) d'un couple de valeurs (( $x(n)$ ,  $y(n)$ )  
pour la composante basses fréquences (BF) et la composante hautes  
fréquences (HF) comprend le produit d'une densité de probabilité ( $P_x$ )  
d'obtention de la valeur ( $x(n)$ ) pour la composante basses fréquences (BF)  
10 et de la densité de probabilité ( $P_y$ ) d'obtention de la valeur ( $y(n)$ ) pour la  
composante hautes fréquences (HF), lesdites densités de probabilité ( $P_x$ ,  
 $P_y$ ) étant définies, pour chaque état  $i$  par les expressions suivantes :

$$\left\{ \begin{aligned} P_{x,i}(x(n)) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{x,i}} \cdot e^{-\frac{(x(n)-\mu_{x,i})^2}{2\sigma_{x,i}^2}} \\ p_{y,i}(y(n)) &= \frac{1}{\sqrt{2^k} \sigma_{y,i}^k \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} y(n)^{k/2-1} e^{-\frac{y(n)}{2\sigma_{y,i}^2}} \end{aligned} \right.$$

dans lesquelles :

15  $x(n)$  est un signal de dimension 1, représentant la composante basses  
fréquences à l'échantillon d'indice  $n$  ;

$\mu_{x,i}$  représente un vecteur de même dimension que la composante basses fréquences, représentatif de l'état  $i$  du modèle de Markov caché considéré ;

20  $\sigma_{x,i}$  représente la racine carrée de la variance de la composante basses  
fréquences x, représentative de l'état du modèle i de Markov caché  
considéré ;

$y(n)$  représente la composante hautes fréquences à l'échantillon d'indice  $n$  ;

25 k représente nombre d'axes de mesure pris en compte du capteur de mouvement ;

$\sigma_{y,i}$  est une grandeur proportionnelle à la moyenne temporelle de la variable  $y(n)$ , dans l'état  $i$ . Par exemple,  $\sigma_{y,i}$  est la moyenne temporelle de la variable  $y(n)$  divisée par  $k$ , et

$\Gamma$  étant la fonction gamma vérifiant  $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$ ,  $\Gamma(1) = 1$  et

$$\Gamma\left(n+1+\frac{1}{2}\right) = n \Gamma\left(n+\frac{1}{2}\right).$$

4. Système selon l'une des revendications précédentes,  
5 comprenant des moyens d'affichage (AFF).

5. Système selon l'une des revendications précédentes,  
dans lequel ledit capteur de mouvement (CM) comprend un  
accéléromètre, et/ou un magnétomètre, et/ou un gyromètre.

6. Système selon l'une des revendications précédentes,  
comportant un premier accéléromètre à un axe de mesure et des moyens  
de fixation adaptés pour fixer le premier accéléromètre au niveau du torse  
de l'utilisateur de sorte que l'axe de mesure coïncide avec l'axe vertical VT  
15 du corps lorsque l'utilisateur est droit debout.

7. Système selon la revendication 6, dans lequel lesdits  
moyens d'analyse (AN) sont adaptés pour déterminer une posture de  
l'utilisateur en fonction du temps en utilisant un modèle de Markov caché à  
20 au plus quatre états parmi la posture debout ou assis, la posture marche,  
la posture penché, et la posture couché.

8. Système selon la revendication 7, dans lequel :

- pour la posture debout ou assis,  $\mu_x \in [0.7 ; 1.3]$ ,  $\sigma_x \in [0.05 ; 0.4]$ ,  
25  $\sigma_y \in [1.10^{-3} ; 5.10^{-1}]$  ;
- pour la posture marche,  $\mu_x \in [0.7 ; 1.3]$ ,  $\sigma_x \in [0.05 ; 0.4]$ ,  
 $\sigma_y \in [1.10^{-2} ; 1]$  ;
- pour la posture penché,  $\mu_x \in [0.7 ; 1.3]$ ,  $\sigma_x \in [0.05 ; 0.4]$ ,  
 $\sigma_y \in [1.10^{-3} ; 5.10^{-1}]$  ; et
- 30 - pour la posture couché  $\mu_x \in [-0.3 ; 0.3]$ ,  $\sigma_x \in [0.05 ; 0.4]$ ,  
 $\sigma_y \in [1.10^{-3} ; 5.10^{-1}]$ .

9. Système selon la revendication 6, comprenant, en outre, un deuxième accéléromètre à un axe de mesure et des moyens de fixation adaptés pour fixer le deuxième accéléromètre au niveau de la cuisse de l'utilisateur de sorte que l'axe de mesure coïncide avec l'axe vertical VT du corps lorsque l'utilisateur est droit debout.

10. Système selon la revendication 9, dans lequel lesdits moyens d'analyse (AN) sont adaptés pour déterminer une posture de l'utilisateur en fonction du temps en utilisant un modèle de Markov caché à au plus quatre états parmi la posture debout, la posture assis, la posture allongé, et la posture marche.

11. Système selon la revendication 10, dans lequel  $x(n)$  représente le couple des composantes basses fréquences (BF) respectives desdits deux accéléromètres, et  $y(n)$  représente la composante hautes fréquences (HF) dudit deuxième accéléromètre, à l'échantillon d'indice  $n$ , la densité de probabilité ( $P_x$ ) d'obtention de la valeur  $x(n)$  étant définie par l'expression suivante :

$$P_{x,i}(x(n)) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^2 |\Sigma_{x,i}|}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(x(n)-\mu_{x,i})^T \Sigma_{x,i}^{-1} (x(n)-\mu_{x,i})}$$

dans laquelle :

$\Sigma_{x,i}$  est une matrice diagonale de dimension 2 décrivant la matrice de covariance du signal  $x(n)$  pour l'état  $i$  du modèle.

$\mu_{x,i}$  représente un vecteur colonne à deux composantes, représentatif de l'état  $i$  du modèle.

25

12. Système selon la revendication 11, dans lequel :

- pour la posture debout,  $\mu_{x,1} = [1 \ 1]^T$ ,  $\Sigma_{x,1} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ , et

$$\sigma_{y,1} = 3e^{-2};$$

- pour la posture assis,  $\mu_{x,2} = [1 \ 0]^T$ ,  $\Sigma_{x,2} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ , et

30

$$\sigma_{y,2} = 3e^{-2};$$

- pour la posture allongé,  $\mu_{x,3} = [0 \ 0]^T$ ,  $\Sigma_{x,3} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ , et  $\sigma_{y,3} = 3e^{-2}$ ; et
- pour la posture marche,  $\mu_{x,4} = [1 \ 1]^T$ ,  $\Sigma_{x,4} = \begin{bmatrix} 0.03^2 & 0 \\ 0 & 0.03^2 \end{bmatrix}$ , et  $\sigma_{y,4} = 1,2e^{-1}$ .

5

13. Procédé de détermination de la posture d'une personne, caractérisé en ce que :

- on filtre (FILT) pour sélectionner, pour chaque axe de mesure d'un capteur de mouvement (CM), des hautes fréquences supérieures à un premier seuil (S1), et des basses fréquences inférieures à un deuxième seuil (S2) inférieur ou égal audit premier seuil (S1) ;
- on détermine (DET) une composante hautes fréquences (HF) unidimensionnelle égale à la somme desdites hautes fréquences des axes de mesure pris en compte (k) du capteur de mouvement (CM), et une composante basses fréquences (BF) de dimension égale au nombre d'axes de mesure pris en compte (k) du capteur de mouvement (CM) ;
- on calcule (CALC) la probabilité ( $P_y$ ) de ladite composante hautes fréquences (HF) et de la probabilité ( $P_x$ ) de ladite composante basses fréquences (BF), ladite composante hautes fréquences (HF) étant définie par une loi du Chi-2 de degré de liberté égal au nombre d'axes de mesure pris en compte (k) du capteur de mouvement (CM), et ladite composante basses fréquences (BF) étant définie par une loi Gaussienne ; et
- on détermine une posture de l'utilisateur en fonction du temps en utilisant un modèle de Markov caché à N états correspondant respectivement à N postures, cette détermination étant réalisée en combinant :
  - des densités de probabilités conjointes desdites composantes basse fréquence et haute fréquence, ces densités de probabilités étant définies pour chaque posture, et
  - des probabilités de passage entre deux postures successives.

30

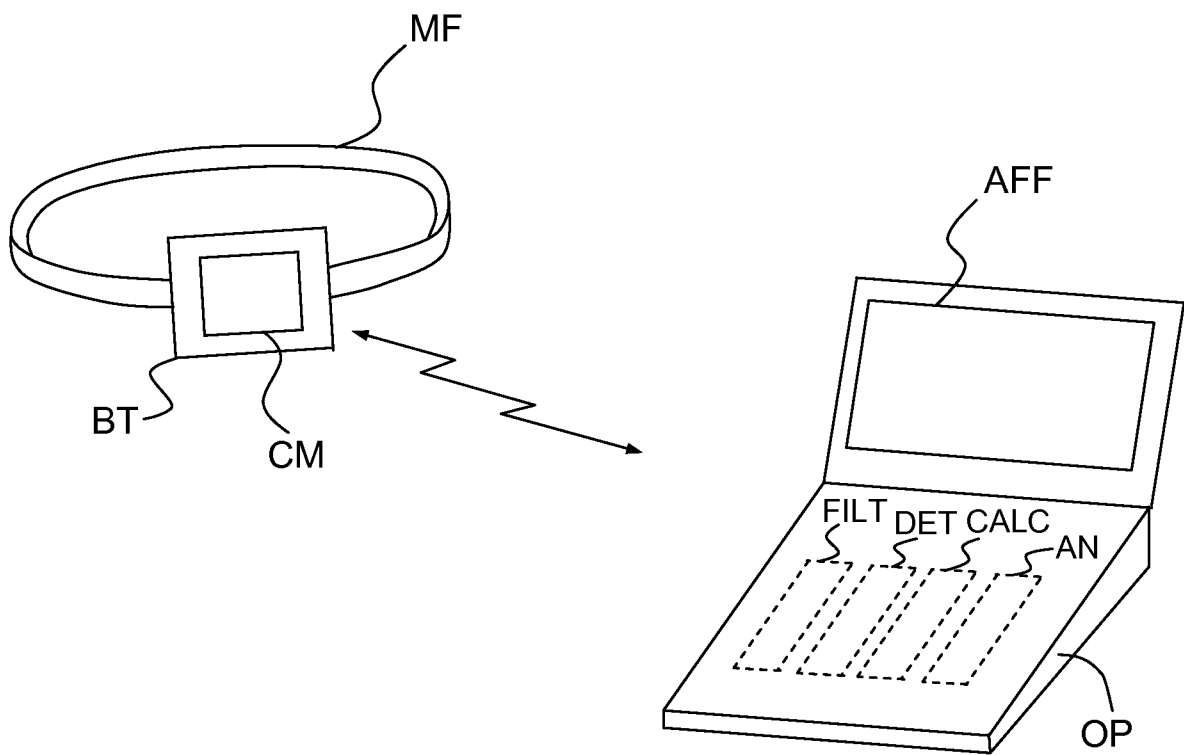


FIG.1a

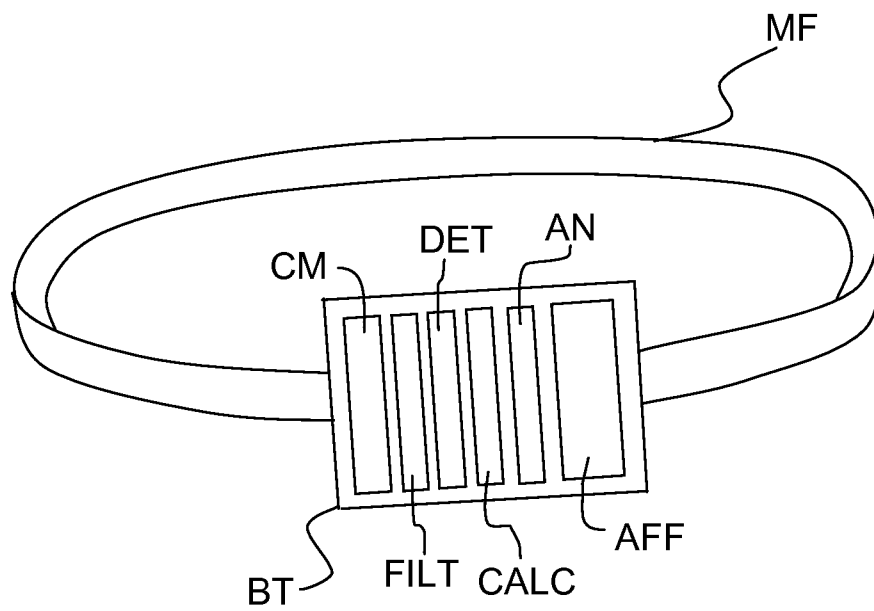


FIG.1b



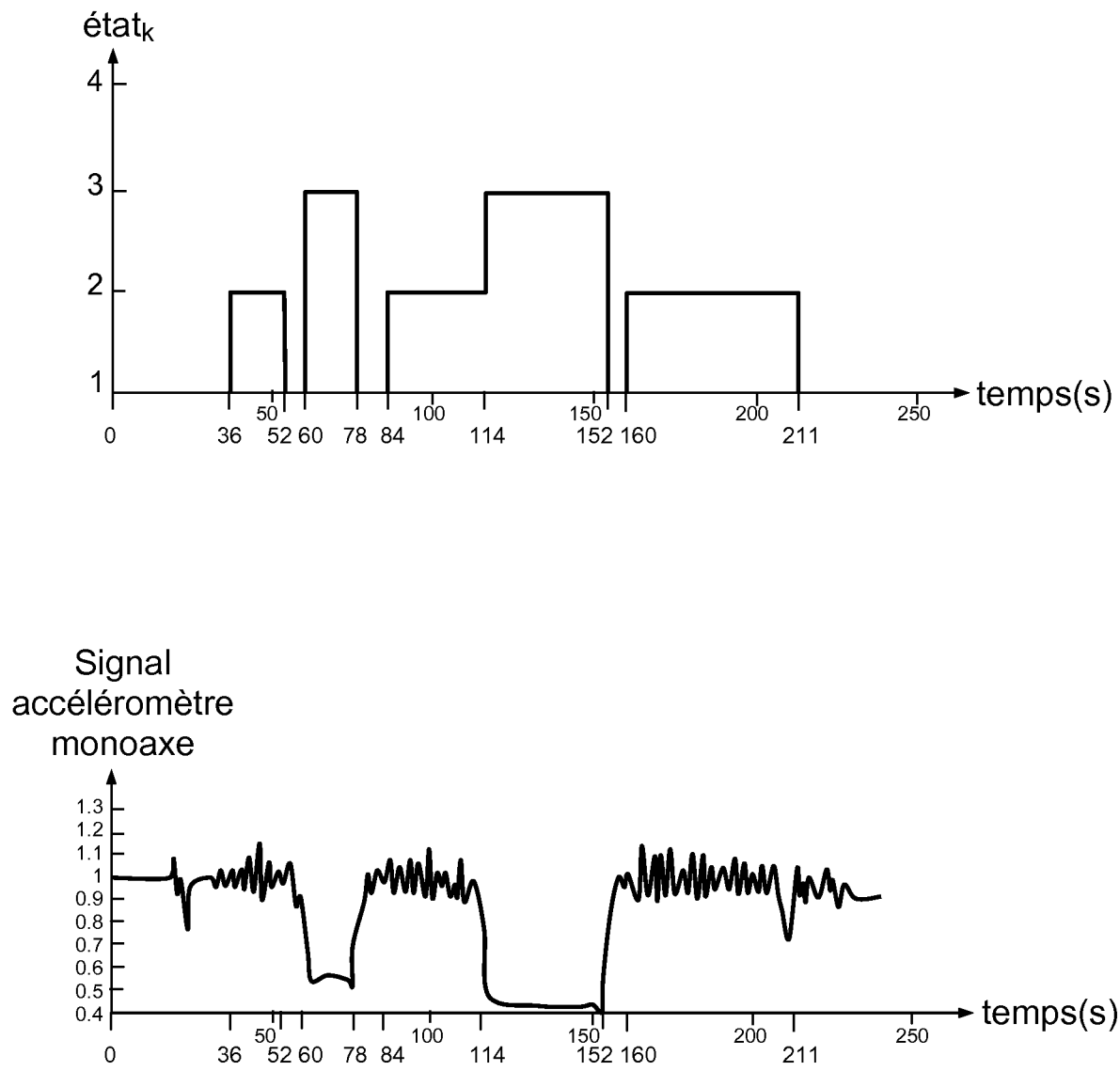


FIG.2

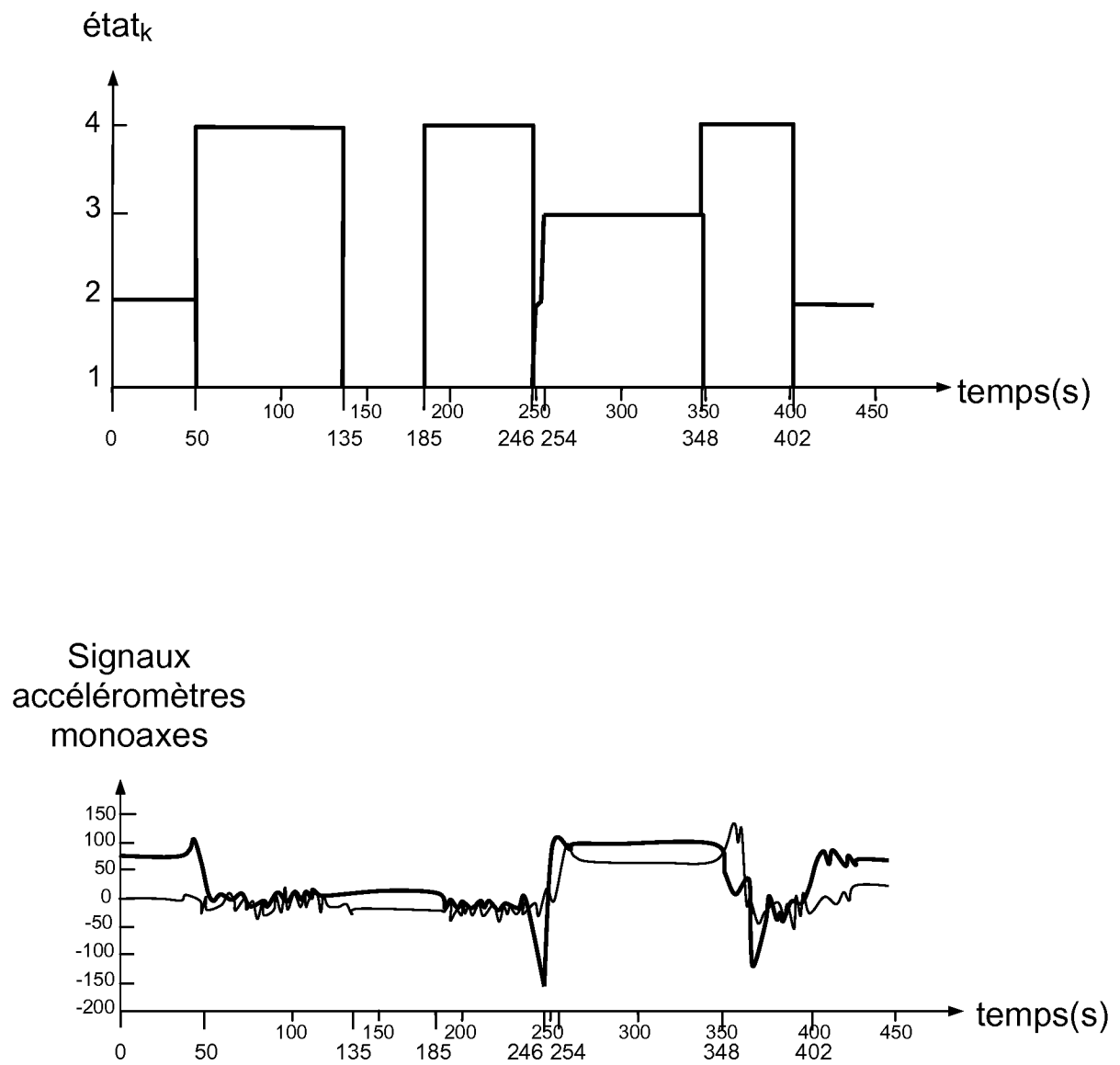


FIG.3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/055562

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. A61B5/11  
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)

A61B

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, BIOSIS, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008/275349 A1 (HALPERIN AVNER [IL] ET AL) 6 November 2008 (2008-11-06) paragraphs [0092], [0479] - [0481], [0598], [0600], [0612], [0613], [0696] - [0700], [0751], [0779]; figures 1,2,7 ----- -/--	1-7,9, 10,13

☒ 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 document 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.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 July 2010

Date of mailing of the international search report

10/08/2010

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

Mecking, Nikolai

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/055562

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>Jeff A. Bilmes: "A Gentle Tutorial of the EM Algorithm and its Application to Parameter Estimation for Gaussian Mixture and Hidden Markov Models" International Computer Science Institute, Berkley CA, 94704</p> <p>April 1998 (1998-04), XP002594206 Retrieved from the Internet: URL:ftp://ftp.icsi.berkeley.edu/pub/techreports/1997/tr-97-021.pdf [retrieved on 2009-07-27] Chapitre 4</p>	1-7,9, 10,13
A	<p>EP 1 731 097 A (SONY CORP [JP]) 13 December 2006 (2006-12-13) paragraphs [0031], [0034], [0036], [0045], [0088] - [0090]; figures 3B,9</p>	1-13
A	<p>US 2007/175406 A1 (LIANG YIQING [US] ET AL) 2 August 2007 (2007-08-02) paragraphs [0143] - [0152]</p>	1-13
A,P	<p>JALLON P ET AL: "Detection system of motor epileptic seizures through motion analysis with 3D accelerometers" ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 2009. EMBC 2009. ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 3 September 2009 (2009-09-03), pages 2466-2469, XP031639459 ISBN: 978-1-4244-3296-7 the whole document</p>	1-13

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/055562

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008275349	A1	06-11-2008	NONE	
EP 1731097	A	13-12-2006	CN 1877340 A	13-12-2006
			JP 2006340903 A	21-12-2006
			US 2006284979 A1	21-12-2006
US 2007175406	A1	02-08-2007	US 2006110049 A1	25-05-2006
			US 2009285452 A1	19-11-2009

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/055562

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. A61B5/11

ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

A61B

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)

EPO-Internal, BIOSIS, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	<p>US 2008/275349 A1 (HALPERIN AVNER [IL] ET AL) 6 novembre 2008 (2008-11-06) alinéas [0092], [0479] - [0481], [0598], [0600], [0612], [0613], [0696] - [0700], [0751], [0779]; figures 1,2,7</p> <p style="text-align: center;">----- -/--</p>	<p>1-7,9, 10,13</p>

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"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)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"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

"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

"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

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

29 juillet 2010

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

10/08/2010

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

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

Fonctionnaire autorisé

Mecking, Nikolai

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/055562

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	<p>Jeff A. Bilmes: "A Gentle Tutorial of the EM Algorithm and its Application to Parameter Estimation for Gaussian Mixture and Hidden Markov Models" International Computer Science Institute, Berkley CA, 94704</p> <p>avril 1998 (1998-04), XP002594206 Extrait de l'Internet: URL:ftp://ftp.icsi.berkeley.edu/pub/techreports/1997/tr-97-021.pdf [extrait le 2009-07-27] Chapitre 4</p>	1-7,9, 10,13
A	<p>EP 1 731 097 A (SONY CORP [JP]) 13 décembre 2006 (2006-12-13) alinéas [0031], [0034], [0036], [0045], [0088] - [0090]; figures 3B,9</p>	1-13
A	<p>US 2007/175406 A1 (LIANG YIQING [US] ET AL) 2 août 2007 (2007-08-02) alinéas [0143] - [0152]</p>	1-13
A,P	<p>JALLON P ET AL: "Detection system of motor epileptic seizures through motion analysis with 3D accelerometers" ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 2009. EMBC 2009. ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 3 septembre 2009 (2009-09-03), pages 2466-2469, XP031639459 ISBN: 978-1-4244-3296-7 le document en entier</p>	1-13

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2010/055562

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008275349	A1	06-11-2008	AUCUN	
<hr/>				
EP 1731097	A	13-12-2006	CN 1877340 A	13-12-2006
			JP 2006340903 A	21-12-2006
			US 2006284979 A1	21-12-2006
<hr/>				
US 2007175406	A1	02-08-2007	US 2006110049 A1	25-05-2006
			US 2009285452 A1	19-11-2009
<hr/>				