



(51) Classification internationale des brevets :
G06K 9/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2011/051961

(22) Date de dépôt international :
10 février 2011 (10.02.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1050913 10 février 2010 (10.02.2010) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :
MOVEA S.A [FR/FR]; Minatec BHT -, 7, Parvis Louis
Néel, BP 50, F-38040 Grenoble (FR).
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET
AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue
Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : LARUE,
Anthony [FR/FR]; 3, rue Anatole France, F-92370
Chaville (FR). SUARD, Frédéric [FR/FR]; 20, bis rue
Racine, F-78000 Versailles (FR).

(74) Mandataire : BRUNELLI, Gérald; Marks & Clerk
France, Immeuble "Visium", 22, avenue Aristide Briand,
F-94117 Arcueil (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 (AL, 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, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

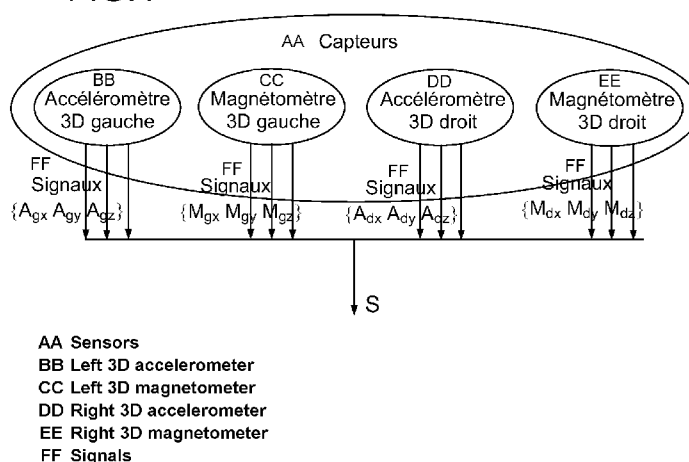
Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SYSTEM AND METHOD FOR REAL-TIME DETERMINATION OF A REPETITIVE MOVEMENT
PARAMETER

(54) Titre : SYSTEME ET PROCEDE DE DETERMINATION EN TEMPS REEL D'UN PARAMETRE D'UN MOUVEMENT
DE FORME REPETITIVE

FIG.4



(57) Abstract : The invention relates to a system for real-time determination of a repetitive movement parameter (PM, T_p), comprising: - first means (EST1) for estimating an approximation (T_r) of the period of said repetitive movement before the end of the current movement, on the basis of signals (S1, S2) representative of said movement; - means (DET) for determining a size (F) of a sliding window on the basis of said period estimated (T_r) by said first estimating means (EST1); - second means (EST2) for precisely estimating said movement parameter by a sliding window on the basis of signals representative (S1, S2) of said movement and of said size (F) of the sliding window supplied by said first estimating means (EST1).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



-
- *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii))* — *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))*
- Publiée :**
- *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

L'invention porte sur un système de détermination en temps réel d'un paramètre d'un mouvement (PM, T_p) de forme répétitive comprenant : - des premiers moyens d'estimation (EST1) d'une approximation (T_r) de la période dudit mouvement de forme répétitive, avant la fin du mouvement courant, à partir de signaux (S1, S2) représentatifs dudit mouvement; - des moyens de détermination (DET) d'une taille (F) de fenêtre glissante à partir de ladite période estimée (T_r) par lesdits premiers moyens d'estimation (EST1); - des deuxièmes moyens d'estimation (EST2) précise, par fenêtre glissante, dudit paramètre de mouvement, à partir de signaux représentatifs (S1, S2) dudit mouvement et de ladite taille (F) de fenêtre glissante délivrée par lesdits premiers moyens d'estimation (EST1).

SYSTEME ET PROCEDE DE DETERMINATION EN TEMPS REEL D'UN PARAMETRE D'UN MOUVEMENT DE FORME REPETITIVE

5 L'invention porte sur un système et un procédé de détermination en temps réel d'un paramètre d'un mouvement de forme répétitive.

Le terme temps réel, signifie que le temps de réponse est adapté au contexte de l'application.

La présente invention s'applique à tout domaine dans lequel un
10 mouvement de forme répétitive se déroule, tel le domaine médical, la rééducation, le domaine sportif, mais s'applique particulièrement bien au domaine du jeu vidéo, dans lequel de nombreux jeux nécessitent des mouvements de forme répétitive de la part du joueur. L'invention peut également s'appliquer à des mouvements de forme répétitive d'un automate
15 ou robot.

L'analyse de mouvements humains est mise en œuvre dans différents domaines tels le cinéma, les jeux vidéos, et le sport. Cette analyse permet, par exemple, de pouvoir reproduire les mouvements effectués par un utilisateur, afin d'animer un personnage virtuel affiché sur un écran, sans
20 devoir recréer un modèle physique complexe, tout en conservant une gestuelle plus naturelle et spontanée.

La capture de mouvement est principalement utilisée pour le cinéma et les jeux vidéo afin d'animer des avatars ou personnages virtuels sur un écran d'affichage, en reproduisant les mouvements réels, tel que par
25 exemple décrit dans le document WO 2008011352.

Cependant, de tels systèmes nécessitent l'utilisation de marqueurs spécifiques disposés sur chaque membre de l'utilisateur, combinés à une acquisition vidéo centrée sur la personne. La vidéo est ensuite analysée afin de définir un modèle en déterminant, en trois
30 dimensions, la localisation de chaque marqueur.

Cette technique implique une mise en œuvre complexe car les contraintes sur la précision des mouvements effectués et la localisation des marqueurs sont importantes. De plus l'acquisition des données et leur traitement ne sont pas nécessairement effectués en temps réel car il s'agit

principalement de reproduire les mouvements et non pas d'interagir en temps réel avec un système.

D'autres méthodes, comme celle divulguée dans le document WO 2006103662 permettent le suivi d'événements sportifs. Cette application
5 permet de commander un ensemble de caméras de manière à améliorer leur orientation selon les phases d'actions sportives se déroulant, ou de pouvoir effectuer un résumé des phases d'actions sportives ayant eu lieu. Cependant, les caméras étant souvent loin des sportifs, elles ne peuvent pas être utilisées dans des applications nécessitant une grande précision.

10 Dans le cas d'interactions entre un utilisateur et une machine, par exemple une console de jeux vidéo, il existe d'autres méthodes en cours de développement qui permettent une interaction entre le joueur et la console de jeux. Récemment, le projet Natal de Microsoft (marque déposée) a été présenté. Il vise à proposer une nouvelle interface utilisant une caméra vidéo
15 qui interprète les mouvements effectués par l'utilisateur afin de piloter un jeu vidéo ou une interface multimédia.

Cependant, cette technique contraint l'utilisateur à agir dans un espace déterminé nécessitant notamment l'absence d'obstacle entre l'utilisateur et le système.

20 D'autres systèmes utilisent des capteurs embarqués, ou, en d'autres termes, l'utilisateur est équipé de capteurs, tel un capteur de système de localisation par satellites, permettant de donner sa localisation ou position, ou de capteurs permettant de déterminer ses mouvements, tel un accéléromètre, un magnétomètre, ou un gyromètre. Les capteurs doivent
25 être le moins intrusifs et facilement positionnables sans intervention extérieure.

De tels capteurs, même de bas coût, permettent d'obtenir une meilleure précision dans la mesure des mouvements qu'un capteur vidéo où la précision est proportionnelle à la taille et à la définition du capteur et donc
30 nécessite des traitements plus complexes et une machine de traitement plus performante et plus coûteuse.

Les capteurs embarqués peuvent être utilisés pour la géolocalisation et le guidage. Certains véhicules ou appareils équipés de récepteur de système de localisation par satellites, tel des récepteurs GPS,
35 contiennent également une centrale inertielle afin de pallier les coupures

temporaires de la réception des signaux du système. Un tel système a été ainsi adapté pour le guidage de piétons, comme décrit dans le document US 2009192708. Ces approches nécessitent cependant une référence de position globale, les capteurs de mouvement ne peuvent être utilisés que de manière temporaire afin de pallier un défaut conséquent ou bien pour gagner en précision. Les systèmes utilisés impliquent très peu de capteurs, un simple accéléromètre permet de donner la direction principale et la vitesse du déplacement, et aucun détail supplémentaire n'est nécessaire pour caractériser le mouvement. De plus, il n'est pas nécessaire de répondre au plus vite lors d'un changement de vitesse ou de direction. De tels systèmes ne sont pas adaptés pour des mouvements relativement précis, ni pour l'utilisation d'une interface.

Dans la présente invention, l'utilisateur interagit avec une machine uniquement grâce aux capteurs de mouvements. Cette approche nécessite donc une grande précision, mais surtout une réponse au plus tôt et une prise en main simple et naturelle.

Depuis quelques années, l'utilisation de capteurs fixés sur une personne afin de commander une interface de communication se développe.

En particulier dans le contexte du jeu vidéo où certains systèmes permettent d'interagir d'une manière plus précise qu'avec une manette ou un clavier, mais également d'apporter de la convivialité en permettant aux personnes non-initiées de pouvoir jouer rapidement sans apprendre à maîtriser des commandes, celles liées aux mouvements étant plus naturelles. Enfin, cette approche apporte un réalisme amélioré en adaptant le jeu vidéo aux mouvements propres du joueur.

Ainsi, Sony a proposé une manette dualshock (marque déposée) compatible avec sa console de jeu comportant un capteur de mouvement, afin de pouvoir transcrire à l'écran les mouvements appliqués à celle-ci. Cependant, les mouvements sont limités et la fonctionnalité principale reste donc la possibilité d'amplifier les mouvements de direction en fonction de l'inclinaison de la manette.

Plus récemment, Nintendo a introduit sa console grand public Wii (marque déposée) qui comprend des manettes interactives. Ces manettes sont munies d'un accéléromètre qui est utilisé pour connaître le mouvement du joueur, mais sans déterminer plus précisément la direction ou l'amplitude

du mouvement. Pour compléter cette manette, une plateforme est développée afin de considérer également les mouvements des jambes, telle que décrite dans le document EP 0908701. Cependant, cette plateforme ne permet que de connaître la fréquence des mouvements de jambes au même
5 endroit et ne tolère donc pas de déplacement du joueur. De plus, elle ne permet pas de connaître l'orientation du joueur pour pouvoir, par exemple, effectuer une commande de rotation.

Le document WO 2006086487 concerne l'adaptation d'un module sur une chaussure de sport afin de mesurer et transmettre l'information de
10 quantité de mouvements effectués. La particularité de cette invention réside dans la capacité à mesurer la quantité d'activité physique effectuée par le joueur afin de pouvoir activer certaines fonctionnalités du jeu, ou certaines caractéristiques de l'avatar ou personnage virtuel. Cependant, ce dispositif ne permet pas d'interfacer totalement un joueur avec son personnage virtuel.
15 En effet, seul un capteur est utilisé, par exemple un accéléromètre, pour mesurer l'activité physique, mais aucune information n'est récupérée pour caractériser plus précisément les mouvements effectués.

Ces systèmes manquent de précision et de rapidité pour des applications en temps réel, notamment dans le domaine du jeu vidéo.

20 Un but de l'invention est de pallier les problèmes précédemment cités.

Selon un aspect de l'invention, il est proposé un système de détermination en temps réel d'un paramètre d'un mouvement de forme répétitive comprenant :

- 25 - des premiers moyens d'estimation d'une approximation de la période dudit mouvement de forme répétitive, avant la fin du mouvement courant, à partir de signaux représentatifs dudit mouvement ;
- des moyens de détermination d'une taille de fenêtre glissante à partir de ladite période estimée par lesdits premiers moyens d'estimation ; et
- 30 - des deuxièmes moyens d'estimation précise, par fenêtre glissante, dudit paramètre de mouvement, à partir de signaux représentatifs dudit mouvement et de ladite taille de fenêtre glissante délivrée par lesdits premiers moyens d'estimation.

La détermination en temps réel est ainsi améliorée, car les
35 premiers moyens d'estimation d'une approximation de la période du

mouvement de forme répétitive, avant la fin du mouvement en cours permet aux moyens de détermination d'estimer rapidement, de manière adaptative, une taille de fenêtre glissante particulièrement adaptée au calcul précis du paramètre de mouvement de manière rapide. La taille de la fenêtre glissante
5 est ainsi automatiquement adaptée à la variation de la période du mouvement de forme répétitive. On entend par mouvement de forme répétitive, un mouvement de forme relativement semblable, mais dont des paramètres peuvent varier, tels la période (ou fréquence ou vitesse), l'amplitude, ou l'impact (puissance d'un choc de contact).

10 Dans un mode de réalisation, ledit paramètre de mouvement est la période dudit mouvement de forme répétitive.

Le système est particulièrement adapté pour estimer précisément, en temps réel, la période du mouvement de forme répétitive, à partir d'une première estimation rapide approximative permettant de déterminer
15 rapidement une taille de fenêtre glissante particulièrement adaptée à un calcul précis de la période, qui ainsi est effectué bien plus rapidement. Aussi, la détermination de la période du mouvement de forme répétitive est ainsi effectuée précisément avec un temps de réponse au plus tôt amélioré, i.e. un aspect temps réel amélioré.

20 Par exemple, lesdits deuxièmes moyens d'estimation comprennent des moyens de calcul par corrélation de la période du mouvement de forme répétitive.

Ainsi, à partir de statistiques peu complexes, il est possible de déterminer le paramètre sans connaissance a priori de la signature
25 temporelle du mouvement.

Selon un mode de réalisation, lesdits premiers moyens d'estimation d'un autre paramètre de mouvement dudit mouvement de forme répétitive, différent de ladite période, comprennent lesdits deuxièmes
moyens d'estimation précise de ladite période.

30 Si on détermine avec un système selon l'invention, la période du mouvement de forme répétitive, en temps réel, de manière précise, celle-ci peut être utilisée, pour calculer un autre paramètre de mouvement, différent de la période, selon un autre aspect de l'invention, en servant à déterminer une taille de fenêtre glissante, permettant ensuite une estimation précise et
35 rapide de cet autre paramètre de mouvement.

Dans un mode de réalisation, lesdits moyens de détermination comprennent un gain multiplicatif de sécurité.

Une marge de sécurité est ainsi prise pour la détermination de la taille de la fenêtre glissante, ce qui permet d'éviter que la taille de la fenêtre
5 glissante soit un peu trop petite.

Selon un mode de réalisation, le système comprend une interface de communication pour communiquer en temps réel l'évolution dudit mouvement, par exemple, une interface audiovisuelle.

Une telle interface de communication audiovisuelle est
10 particulièrement bien adaptée pour des systèmes de jeux vidéo.

Dans un mode de réalisation, le système comprend, en outre, un ensemble capteur adapté pour être fixé sur l'élément effectuant le mouvement de forme répétitive, pour délivrer lesdits signaux.

L'ensemble capteur peut comprendre au moins un magnétomètre,
15 et/ou au moins un accéléromètre, et/ou un gyromètre, et/ou un capteur de pression, et/ou un électrocardiographe, et/ou un débitmètre de mesure du souffle, et/ou un capteur de mesure de la fréquence de respiration.

Selon un autre aspect il est également proposé un procédé de détermination en temps réel d'un paramètre d'un mouvement de forme
20 répétitive comprenant les étapes consistant à :

- estimer une approximation de la période dudit mouvement de forme répétitive, avant la fin du mouvement courant, à partir de signaux représentatifs dudit mouvement ;
- déterminer une taille de fenêtre glissante à partir de ladite période estimée
25 approximativement ; et
- estimer précisément, par fenêtre glissante, ledit paramètre de mouvement, à partir de signaux représentatifs dudit mouvement et de ladite taille de fenêtre glissante déterminée.

Selon un mode de mise en œuvre, on détermine en temps réel la
30 période précise dudit mouvement de forme répétitive.

Dans un mode de mise en œuvre, l'estimation d'un autre paramètre de mouvement dudit mouvement de forme répétitive, différent de ladite période, utilise dans l'étape d'estimation approximative de ladite période, l'étape d'estimation précise de la période dudit mouvement de forme
35 répétitive.

Selon un mode de mise en œuvre, lesdits signaux sont transmis par un ensemble capteur fixé sur l'élément effectuant le mouvement de forme répétitive, comprenant, par exemple, au moins un magnétomètre, et/ou au moins un accéléromètre, et/ou un gyromètre, et/ou un capteur de
5 pression, et/ou un électrocardiographe, et/ou un débitmètre de mesure du souffle, et/ou un capteur de mesure de la fréquence de respiration.

Dans un mode de réalisation, un changement de repère desdits signaux transmis par l'ensemble capteur muni d'un premier repère orthonormé $[X, Y, Z]$ est effectué en utilisant une décomposition en valeurs
10 propres décroissantes λ_u , λ_v et λ_w pour exprimer ledit premier repère orthonormé $[X, Y, Z]$ dans un deuxième repère orthonormé $[U, V, W]$, dont l'axe U ou les axes U et V correspondent respectivement à un axe principal ou un plan principal dudit mouvement.

On améliore ainsi la précision et la robustesse. En outre, une
15 calibration automatique de l'ensemble capteur est alors possible.

Selon un mode de réalisation, ladite détermination en temps réel de la période précise dudit mouvement de forme répétitive détecte des maxima locaux et un maximum global, sur ladite fenêtre glissante, lesdits maxima locaux et global étant multiples d'une durée élémentaire, et
20 sélectionne le maximum, correspondant à ladite période précise, se produisant le plus tôt et dont l'écart avec ledit maximum global est inférieur à un seuil.

Le faible risque d'erreur sur la détection de ladite période précise est ainsi encore plus limité sur la taille de la fenêtre glissante déjà optimisé
25 grâce à l'estimation approximative rapide de la période.

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 schématiquement un système de détermination en
30 temps réel d'un paramètre d'un mouvement de forme répétitive, selon un aspect de l'invention ;
- la figure 2 illustre schématiquement un exemple de réalisation d'un système de la figure 1, dans lequel le paramètre est la période selon un aspect de l'invention ;

- la figure 3 illustre schématiquement un système de la figure 2 estimant en outre un autre paramètre de mouvement dudit mouvement de forme répétitive, différent de ladite période, selon un aspect de l'invention ;
- 5 - les figures 4 et 5 illustrent schématiquement un ensemble capteurs dans le cas d'une application de jeu vidéo ;
- les figures 6 et 7 illustrent schématiquement un problème de détermination de la période ; et
- 10 - la figure 8 représente schématiquement un exemple de comparaison du calcul de la période selon un aspect de l'invention avec une estimation avec une fenêtre de taille optimisée.

Sur les différentes figures, les éléments ayant des références identiques sont identiques.

- 15 Sur la figure 1 est illustré un exemple d'un système de détermination en temps réel d'un paramètre d'un mouvement de forme répétitive, comprenant un premier module d'estimation EST1 d'une approximation T_r de la période du mouvement de forme répétitive, avant la fin du mouvement courant, à partir de signaux S1, S2 représentatifs du mouvement. Un module de détermination DET détermine une taille F de
- 20 fenêtre glissante à partir de ladite période T_r estimée par le premier module d'estimation EST1, par exemple en multipliant l'approximation rapide T_r par un facteur ou gain égal à $1+\Delta$, de manière à prendre une marge de sécurité. Δ peut par exemple être compris entre 0 et 0.5. Un deuxième module
- 25 d'estimation précise, par fenêtre glissante, du paramètre de mouvement, à partir des signaux S1, S2 représentatifs du mouvement et de la taille F de fenêtre glissante délivrée par le premier module d'estimation EST1.

- La figure 2 illustre un cas dans lequel le paramètre de mouvement déterminé en temps réel dans un mouvement de forme répétitive est la
- 30 période du mouvement, qui est délivrée en sortie T_p par le deuxième module d'estimation EST2.

- En ce cas, l'invention permet, par l'estimation rapide, généralement avant la fin du mouvement en cours, de la période du mouvement T_r , de fournir au deuxième module d'estimation précise une taille
- 35 F de fenêtre glissante optimisée, par l'intermédiaire du module de

détermination DET, ce qui permet au deuxième module d'estimation EST2 d'effectuer, au plus tôt, une estimation précise T_p de ladite période. Cette estimation précise est bien plus rapide.

Dans le cas du calcul de la période, le deuxième module
5 d'estimation EST2 effectue une corrélation par fenêtre glissante à partir d'un seul signal ou de plusieurs signaux, pouvant ou non comprendre les signaux d'entrée du premier module d'estimation EST1.

La figure 3 illustre une réalisation "en cascade", selon un aspect de l'invention, dont le système de la figure 2 est repris, et sert de premier
10 module d'estimation rapide EST'1, pour estimer une taille de fenêtre glissante pour estimer précisément un autre paramètre de mouvement qui, du coup permet de prendre comme estimation rapide T_r' de la période, directement la période précise T_p déjà calculée de manière précise.

Le module d'estimation rapide EST1 de la période peut, par
15 exemple mettre en œuvre des estimations rapides décrites dans le document " frequency tracking in nonstationary signals using Joint Order Statistics", Proceedings of the International Symposium on Time-Frequency and Time-Scale Analysis 96, p 441-444, de A. Marakov, dans "Un nouvel outil d'analyse temps-fréquence basé sur un moyennage à recalage de phase"
20 Gretsri 2009, de M. Jabloun, ou dans "Adaptive spectrogram vs. Adaptive pseudo Wigner-Ville distribution for instantaneous frequency estimation", Signal Processing 2003, de S. Chandra Sekhar.

Les signaux S1, S2, ou S3 peuvent être identiques, différents, ou l'un peut inclure un autre. Ils proviennent de capteurs transmettant des
25 signaux représentatifs d'un mouvement de forme répétitive. Par exemple, un ensemble capteur peut comprendre au moins un magnétomètre, et/ou au moins un accéléromètre, et/ou un gyromètre, et/ou un capteur de pression, et/ou un électrocardiographe, et/ou un débitmètre de mesure du souffle, et/ou un capteur de mesure de la fréquence de respiration.

30 La figure 4 illustre un exemple dans lequel l'invention est appliquée au domaine du jeu vidéo pour des mouvements de marche de forme répétitive. L'ensemble capteur comprend, pour chaque jambe, un accéléromètre triaxial et un magnétomètre triaxial (X, Y et Z). Chaque modalité est un signal tridimensionnel, en l'espèce douze signaux au total.

Ces signaux sont échantillonnés à intervalles réguliers, et chaque signal reçu est daté afin de pouvoir synchroniser les données.

Cette configuration répond à un positionnement spécifique du capteur, par exemple sur le côté du pied afin d'orienter un des axes principaux d'un capteur selon le mouvement, mais il est envisageable d'appliquer un traitement pour effectuer un changement de repère (U, V, W), afin de positionner les capteurs dans un même repère. Ce changement de repère permet également de connaître la direction principale ou le plan principal du mouvement, comme illustré sur la figure 5.

En d'autres termes, un changement de repère des signaux dans un premier repère orthonormé (X, Y, Z) est effectué en utilisant une décomposition en valeurs propres décroissantes λ_u , λ_v et λ_w pour exprimer le premier repère orthonormé (X, Y, Z) dans un deuxième repère orthonormé (U, V, W), dont l'axe U ou les axes U et V correspondent respectivement à un axe principal ou un plan principal dudit mouvement.

Le signal devant contenir un maximum d'information à propos du mouvement effectué, il est nécessaire que l'axe du capteur duquel est extrait le signal soit orienté de manière optimale par rapport au mouvement.

Soit le capteur est positionné de manière optimale, par exemple de sorte que l'axe X du capteur mesure la composante du signal comprenant le plus d'informations, avec le meilleur rapport signal/bruit, soit un changement de repère peut être effectué.

Pour effectuer ce changement de repère de la base (X, Y, Z) à (U, V, W), une décomposition en valeurs propres est utilisée. Le principe consiste à déterminer des coefficients λ_u , λ_v et λ_w , tels que $\lambda_u > \lambda_v > \lambda_w$. La base du capteur peut ainsi être décrite comme une combinaison des différents axes (U,V,W) qui forment un repère orthonormé. Une des propriétés de la décomposition permet de définir ce nouveau repère tel que l'axe U soit l'axe principal du mouvement.

Par exemple, pour un pied donné, il faut considérer les 3 signaux de capteur sur une fenêtre, par exemple issus de l'accéléromètre A : [Ax, Ay, Az].

Il faut ensuite calculer la matrice de corrélation C :

$$C = \begin{bmatrix} c(Ax, Ax) & c(Ax, Ay) & c(Ax, Az) \\ c(Ay, Ax) & c(Ay, Ay) & c(Ay, Az) \\ c(Az, Ax) & c(Az, Ay) & c(Az, Az) \end{bmatrix}, \text{ avec } c(A,B) \text{ la fonction de}$$

corrélation entre A et B.

Selon le principe de l'Analyse en Composante Principale ou ACP, les coefficients λ_u , λ_v et λ_w sont définis par les relations suivantes :

$$5 \quad L = \begin{bmatrix} \lambda_u & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_v & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_w \end{bmatrix}, \text{ et } D = P^{-1}CP ; \text{ avec } P \text{ la matrice de passage qui définit}$$

ainsi le nouveau repère, c'est-à-dire la matrice qui permet de modifier les signaux afin de les adapter dans le nouveau repère. La décomposition en valeurs propres permet de déterminer la matrice de passage P, ainsi que la matrice L.

10 Ainsi, pour appliquer les traitements, il est possible de considérer le signal de l'accéléromètre A_u , plutôt que A_x .

Pour un tel exemple, pour simuler la marche/course, le système considère que le joueur effectue des mouvements de marche/course, soit lorsque les pieds quittent le sol, soit avec les pointes de pieds au sol. Dans la
15 suite de la description, non limitative, c'est sur cet exemple qu'est appliquée l'invention.

La période, permet de définir la fréquence ou vitesse des pas du joueur, c'est-à-dire de déterminer si le joueur marche lentement, rapidement ou s'il court. La durée des pas peut être estimée avec une fonction de
20 corrélation entre deux signaux S1 et S2. L'idée est d'estimer le décalage temporel entre les deux signaux qui maximise leurs corrélations, ce décalage τ_{opt} est lié ensuite à la période T des pas du joueur. Différentes configurations de complexité croissante peuvent être envisagées :

S1=S2= Agx ou Adx ou Agu ou Adu soit une autocorrélation sur
25 une composante d'un pied choisi de façon arbitraire si possible orientée suivant l'axe de mouvement principal. Dans ce cas, $\tau_{opt} = T$,

S1= Agx et S2=Adx, ou Agu ou Adu soit une corrélation entre deux mêmes composantes des deux pieds. Il faut veiller dans ce cas à ce que les deux axes aient la même direction et le même sens. Dans ce cas,
30 $\tau_{opt} = T/2$,

Dans le cas précédent, il est possible de s'assurer de la colinéarité des axes en réalisant une estimation de l'axe principal du mouvement sur chaque pied par une technique de décomposition en valeurs propres du signal.

- 5 Pour permettre le suivi des variations de période des pas du joueur, le calcul de la corrélation s'appuie sur une fenêtre du signal qui considère de manière causale, ou en d'autres termes qui prend en compte une fenêtre temporelle utilisant uniquement des échantillons précédents l'instant d'intérêt, le signal ainsi que les derniers échantillons acquis. Afin de
10 déterminer la période du signal, il est nécessaire d'englober au moins une période du signal.

On a l'équation suivante pour la corrélation $\Gamma_{s1s2}(t, \tau)$ entre deux signaux S1 et S2:

$$\Gamma_{s1s2}(t, \tau) = \int_{\theta \in It} S1(\theta).S2(\theta - \tau)d\theta$$

- 15 dans laquelle :
t représente l'instant courant,
 τ représente le décalage considéré,
It représente l'intervalle dépendant de t.

Cette fonction peut être estimée par :

$$20 \quad \Gamma_{s1s2}(t, \tau) = \sum_{\theta=0}^{Tf-\tau-1} S1(t - \theta).S2(t - \theta - \tau)$$

T_f représentant la taille de la fenêtre temporelle d'intérêt et définit donc la plage de variation du retard τ comme $[0; T_f[$.

- Afin de favoriser les derniers échantillons acquis et d'améliorer la qualité de l'estimation, il est possible d'ajouter dans ce calcul une fenêtre de
25 pondération $w_{Tf-\tau}$ de durée $T_f - \tau$ qui permet ainsi d'appliquer sur chaque fenêtre du signal un certain poids proportionnel à l'instant de la fenêtre et l'instant de l'échantillon. La fonction de corrélation peut alors être calculée par la relation suivante :

$$\Gamma_{S1S2}(t, \tau) = \frac{1}{T_f - \tau - 1} \times \sum_{\alpha=0}^{T_f - \tau - 1} w_{T_f - \tau}(\alpha)^2 \sum_{\theta=0}^{T_f - \tau - 1} S1(t - \theta) \cdot S2(t - \theta - \tau) w_{T_f - \tau}^2(\theta)$$

dans laquelle α représente un indice temporel de la fenêtre de pondération.

La corrélation permet de déterminer, lorsque celle-ci est maximale, le décalage optimal correspondant à la période du signal. La figure 6 représente la fonction de corrélation en fonction de t et de τ pour un signal dont la période varie.

La figure 7 est une coupe de la figure 6 à un instant $t=35s$ donné. Sur ces deux figures, il s'agit du cas $S1=S2= Agx$ ou Adx avec une autocorrélation sur une composante d'un pied. Ensuite, il est nécessaire d'effectuer un suivi du maximum afin de corriger d'éventuelles erreurs à un instant donné.

Cette étape permet ainsi de faciliter la recherche de la valeur maximale de corrélation en supprimant les valeurs secondaires, multiples de la période, grâce à la taille adaptée de la fenêtre glissante.

Le résultat de période correspondant à la durée d'un pas est donc la valeur T déterminée par le maximum de la corrélation :

$$T = \max_{\tau}(\Gamma(t, \tau))$$

Cette méthode nécessite donc un seul paramètre : $\tau_{\max}(T_f)$ correspondant au décalage maximal à considérer pour le calcul de la corrélation. Ce décalage est interprété comme le retard maximal possible, puisqu'il faut considérer une fenêtre temporelle de cette taille.

Lors d'une utilisation d'un paramètre fixe, le retard sera constant, mais si le rythme s'accélère, il n'est pas possible de répondre au plus tôt. Il faudrait ainsi régler la taille maximale de la fenêtre en fonction du pas le plus lent, soit plusieurs secondes. Ainsi l'idée est d'avoir un réglage adaptatif de la taille de la fenêtre d'analyse pour optimiser la rapidité du système lors d'un changement de rythme de marche.

En d'autres termes, Comme le montre la figure 7, le résultat de la corrélation Γ présente plusieurs lobes dont chaque maximum est localisé en

T, 2T, 3T, ..., kT dans le cas de l'autocorrélation (respectivement T/2, 3T/2, 5T/2, ..., (2k+1)T/2 dans le cas de la corrélation entre les deux pieds). Dans le cas idéal d'un signal parfaitement stationnaire, le lobe dont le maximum est le maximum global est situé à T (respectivement T/2). Cependant, dans
5 le cas d'un signal dont la période est non stationnaire, il se peut que le maximum global ne soit pas situé à T (respectivement T/2), mais à 2T ou 3T (respectivement 3T/2, 5T/2).

Dans ce cas, le résultat donné pour l'estimation de la période serait donc faussé, et la période estimée serait deux ou trois fois supérieure
10 à la valeur réelle. Aussi, une correction est apporté comme suit :

Soit T l'instant du maximum global,

S'il existe un lobe dont le maximum est proche de la valeur du maximum à l'instant T/2 ou T/3, ou T/4 ... alors l'instant T est corrigé en T/2 ou T/3 ou T/4, c'est-à-dire le plus grand dénominateur possible
15 (respectivement 2T/5, 2T/3, ...).

Une deuxième vérification est possible, afin de valider la continuité temporelle. Le principe consiste à valider la valeur de T, en la comparant avec des valeurs déterminées sur les dernières fenêtres. Si la valeur varie trop, alors nous attendons l'acquisition d'un nouvel échantillon. Selon la
20 valeur de T sur la fenêtre suivante, qui est soit proche des valeurs sur les fenêtres précédentes, soit proche de T sur la fenêtre actuelle. Dans ce dernier cas, il y a eu un changement de rythme et la valeur de T trouvée est bonne, sinon, le mouvement n'a pas varié et l'estimation de T sur la fenêtre actuelle est fausse, et peut être remplacée par la moyenne de T sur la
25 fenêtre précédente et la fenêtre suivante.

Selon un aspect de l'invention, une étape de prédétermination de la taille de la fenêtre glissante est ajoutée, qui se base sur une estimation simple et approximative de la période du signal.

Pour cette estimation simple et rapide, il est par exemple possible
30 de mettre en œuvre l'estimation de Makarov, précédemment citée, qui permet de définir de manière causale, i.e. en n'utilisant que des échantillons du passé, une échelle de valeur pour la période du signal.

Une estimation de Marakov permet de déterminer la fréquence d'un signal non stationnaire, à chaque instant, en considérant les derniers
35 échantillons acquis. Le principe s'appuie sur la statistique des tendances.

Pour chaque point du signal, il faut estimer si la tendance est modifiée, c'est-à-dire si les valeurs maximales et minimales observées à l'instant précédent sont conservées. Si cette tendance est modifiée, alors le point n'est pas un extremum, sinon il s'agit d'un extremum. Ainsi, il est possible de connaître à
 5 chaque instant l'instant correspondant au précédent extremum, ce qui peut être converti, en connaissant la fréquence d'échantillonnage, en période ou fréquence estimée.

L'algorithme est de complexité réduite et est donc parfaitement adapté à une détermination préalable de la période du signal. A partir de
 10 cette estimation, il est en effet possible de déterminer de manière optimale la taille de la fenêtre glissante sur laquelle sont effectués par la suite les traitements pour l'estimation des paramètres. Il est en effet plus pertinent de ne considérer que les dernières périodes du signal qui correspondent au mouvement en cours, plutôt que de considérer des signaux décrivant un
 15 mouvement passé et achevé qui perturberait les calculs.

Par exemple, les signaux issus des magnétomètres sont utilisés en entrée du premier module d'estimation EST1 car ils comportent moins de lobes. Cette estimation de Marakov considère simplement les changements de tendance du signal en évaluant la présence d'extremums. Pour chaque
 20 point, il est possible de déterminer la distance au plus proche extremum passé. Ainsi à l'apparition d'un nouvel extremum il est possible d'estimer la période grâce à la distance au précédent extremum.

Un second paramètre pouvant être estimé est l'amplitude, c'est-à-dire la longueur d'un pas. De même, il est nécessaire d'extraire la taille de la
 25 fenêtre glissante contenant le signal du pas effectué, soit en utilisant le résultat de la corrélation précise du deuxième module d'estimation EST2, soit à partir du résultat de Makarov de la première estimation rapide du premier module d'estimation EST1.

L'amplitude est déterminée à l'aide des signaux issus des
 30 magnétomètres et correspond à valeur absolue de la différence du maximum et du minimum de la somme des signaux :

$$A(t) = \left| \max_{i \in [t-T, t]} S(i) - \min_{i \in [t-T, t]} S(i) \right|$$

S étant la somme des signaux des magnétomètres du pied droit ou du pied gauche :

$S(t) = M_x(t) + M_y(t) + M_z(t)$ ou $S(t) = M_u(t) + M_v(t) + M_w(t)$ en cas de changement de repère.

Un troisième paramètre peut être l'impact, c'est-à-dire la puissance du choc entre le talon et le sol. Cette valeur est reliée directement à l'accélération du capteur et donc proportionnelle à ces valeurs.

On considère que le résultat correspond à la valeur maximale de l'accélération pendant le pas effectué. Comme pour l'amplitude, il faut donc extraire la fenêtre du signal correspondant au pas effectué, soit à l'aide du résultat de la corrélation précise du deuxième module d'estimation EST2, soit à partir du résultat de Makarov de la première estimation rapide du premier module d'estimation EST1.

Le calcul est effectué simplement comme étant la norme des signaux d'accélération :

$$I(t) = \max_{i \in [t-T, t]} \|A(i)\| = \max_{i \in [t-T, t]} \sqrt{A_x(t)^2 + A_y(t)^2 + A_z(t)^2}$$

Une autre caractéristique du mouvement peut être l'orientation. Pour cela, les signaux des magnétomètres sont utilisés, en considérant tout naturellement l'orientation du joueur par rapport au nord magnétique.

Le calcul de corrélation implique une fenêtre de pondération. La forme de la pondération peut être choisie. Cependant, la forme influe peu sur les performances du moment où la fenêtre accorde davantage d'importance aux échantillons les plus récents.

Enfin, selon la position du capteur, il peut être intéressant d'indiquer l'axe principal d'orientation des capteurs afin d'utiliser seulement deux signaux (par exemple pied gauche et pied droit selon l'axe X) pour le calcul de la corrélation.

Il est également possible d'appliquer un changement de repère afin de déterminer l'axe principal du mouvement et par conséquent de déterminer automatiquement l'axe principal à considérer, mais ce calcul peut amener une complexité supplémentaire. Ici encore, les expériences ont mis en évidence que l'utilisation du même axe X, lorsque le capteur est positionné sur le côté du pied permet de fournir de bons résultats, tout en conservant une bonne robustesse.

Afin d'illustrer l'intérêt de prédéterminer la fréquence de la marche, la figure 8 représente les résultats pour la détermination de la période ou durée des pas en utilisant une fenêtre adaptative ou non.

Les signaux illustrés sur la figure 8 sont, représentent, du haut vers le bas :

- le signal d'accélération selon l'axe X transmis par l'accéléromètre lié à un pied ;
- 5 - la fonction de corrélation en fonction du temps t et du décalage τ pour une taille de fenêtre variable. La zone en noir en haut de l'image est liée à la taille de la fenêtre réglée de façon adaptative. Elle varie, sur cet exemple, entre 0.5 seconde et 1.7 secondes ;
- la période estimée de manière adaptative selon l'invention, comparativement à la valeur réelle ;
- 10 - la fonction de corrélation en fonction du temps t et du décalage τ pour une taille de fenêtre fixe ; et
- la période estimée avec une fenêtre de taille fixe de 2 secondes, comparativement à la valeur réelle.

15 Ainsi aux instants A, B et C, auxquels ont lieu une transition d'une marche rapide à une marche lente, l'approche adaptative représentée sur le deuxième graphe, répond plus rapidement que dans le cas d'une fenêtre de taille fixe, représenté sur le troisième graphe. L'instant D correspond à une transition d'une marche lente à une marche rapide pour laquelle la différence

20 est plus nuancée du fait du signal lui-même mais la réactivité est quand même améliorée. L'instant E est intéressant car il montre que lors d'une transition plus douce entre deux vitesses de marche est plus graduelle avec une approche adaptative.

La présente invention est particulièrement intéressante pour

25 améliorer l'aspect temps réel, ainsi que, dans le cas du jeu vidéo, pour améliorer la robustesse du système vis-à-vis des différentes manières de jouer.

REVENDICATIONS

5 1. Système de détermination en temps réel d'un paramètre d'un mouvement (PM, T_p) de forme répétitive caractérisé en ce qu'il comprend :

10 - des premiers moyens d'estimation (EST1) d'une approximation (T_r) de la période dudit mouvement de forme répétitive, avant la fin du mouvement courant, à partir de signaux (S1, S2) représentatifs dudit mouvement ;

 - des moyens de détermination (DET) d'une taille (F) de fenêtre glissante à partir de ladite période estimée (T_r) par lesdits premiers moyens d'estimation (EST1) ;

15 - des deuxièmes moyens d'estimation (EST2) précise, par fenêtre glissante, dudit paramètre de mouvement, à partir de signaux représentatifs (S1, S2) dudit mouvement et de ladite taille (F) de fenêtre glissante délivrée par lesdits premiers moyens d'estimation (EST1).

20

 2. Système selon la revendication 1, dans lequel ledit paramètre de mouvement (PM) est la période (T_p) dudit mouvement de forme répétitive.

25

 3. Système selon la revendication 2, dans lequel lesdits deuxièmes moyens d'estimation (EST2) comprennent des moyens de calcul par corrélation.

30

 4. Système selon la revendication 2 ou 3, dans lequel lesdits premiers moyens d'estimation (EST1') d'un autre paramètre de mouvement (PM) dudit mouvement de forme répétitive, différent de ladite période (T_p), comprennent lesdits deuxièmes moyens d'estimation (EST2) précise de ladite période.

35

5. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdits moyens de détermination (DET, DET') comprennent un gain multiplicatif de sécurité.

5 6. Système selon l'une des revendications précédentes, comprenant une interface de communication pour communiquer en temps réel l'évolution dudit mouvement

10 7. Système selon la revendication 6, dans lequel ladite interface de communication comprend une interface audiovisuelle.

15 8. Système selon l'une des revendications précédentes, comprenant, en outre, un ensemble capteur adapté pour être fixé sur l'élément effectuant le mouvement de forme répétitive, pour délivrer lesdits signaux (S1, S2, S3, S).

20 9. Système selon la revendication 8, dans lequel ledit ensemble capteur comprend au moins un magnétomètre, et/ou au moins un accéléromètre, et/ou un gyromètre, et/ou un capteur de pression, et/ou un électrocardiographe, et/ou un débitmètre de mesure du souffle, et/ou un capteur de mesure de la fréquence de respiration.

25 10. Procédé de détermination en temps réel d'un paramètre d'un mouvement de forme répétitive caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

- estimer une approximation (T_r) de la période dudit mouvement de forme répétitive, avant la fin du mouvement courant, à partir de signaux représentatifs (S, S1, S2, S3) dudit mouvement ;
- 30 - déterminer une taille (F) de fenêtre glissante à partir de ladite période (T_r) estimée approximativement ;
- estimer précisément, par fenêtre glissante, ledit paramètre de mouvement (PM), à partir de signaux représentatifs (S1) dudit mouvement et de ladite taille (F) de fenêtre glissante déterminée.

35

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel on détermine en temps réel la période précise (T_p) dudit mouvement de forme répétitive.

5 12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel l'estimation d'un autre paramètre de mouvement dudit mouvement de forme répétitive, différent de ladite période (T_p), utilise dans l'étape d'estimation approximative de ladite période, l'étape d'estimation précise (T_p) de la période dudit mouvement de forme
10 répétitive.

13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, dans lequel lesdits signaux (S_1 , S_2 , S_3 , S) sont transmis par un ensemble capteur fixé sur l'élément effectuant le mouvement de forme
15 répétitive.

14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel lesdits signaux transmis par l'ensemble capteur proviennent d'au moins un magnétomètre, et/ou au moins un accéléromètre, et/ou un
20 gyromètre, et/ou un capteur de pression, et/ou un électrocardiographe, et/ou un débitmètre de mesure du souffle, et/ou un capteur de mesure de la fréquence de respiration.

15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, dans lequel
25 un changement de repère desdits signaux transmis par l'ensemble capteur muni d'un premier repère orthonormé $[X, Y, Z]$ est effectué en utilisant une décomposition en valeurs propres décroissantes λ_u , λ_v et λ_w pour exprimer ledit premier repère orthonormé $[X, Y, Z]$ dans un deuxième repère orthonormé $[U, V, W]$, dont l'axe U ou
30 les axes U et V correspondent respectivement à un axe principal ou un plan principal dudit mouvement.

16. Procédé selon l'une des revendications 11 à 15, dans lequel ladite détermination en temps réel de la période précise (T_p) dudit mouvement de forme répétitive détecte des maxima locaux
35

et un maximum global, sur ladite fenêtre glissante, lesdits maxima locaux et global étant multiples d'une durée élémentaire, et sélectionne le maximum, correspondant à ladite période précise (T_p), se produisant le plus tôt et dont l'écart avec ledit maximum global est inférieur à un seuil.

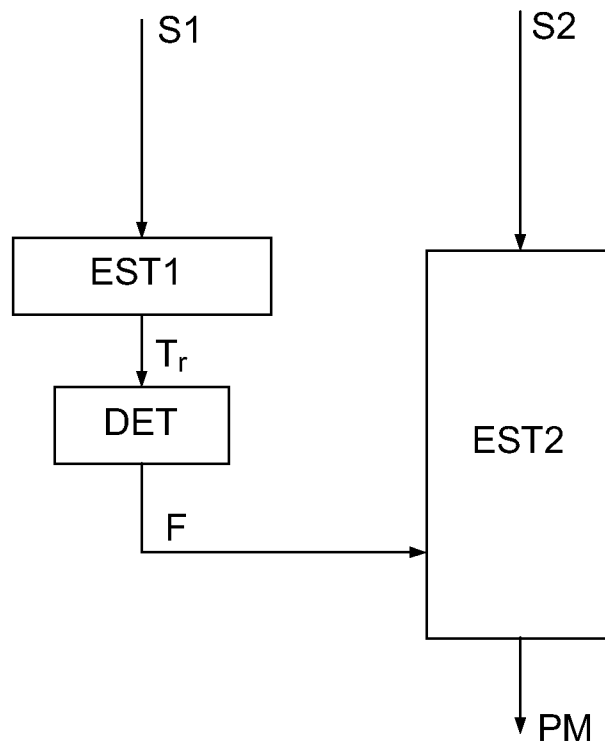


FIG.1

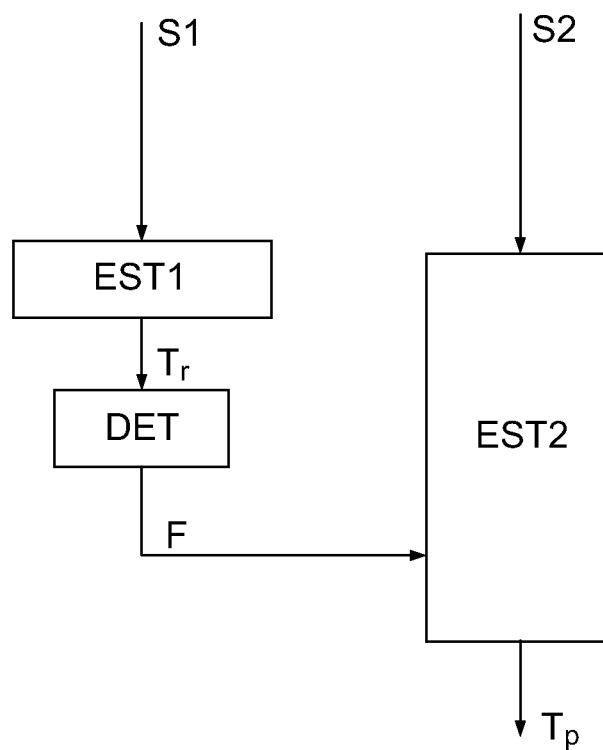


FIG.2

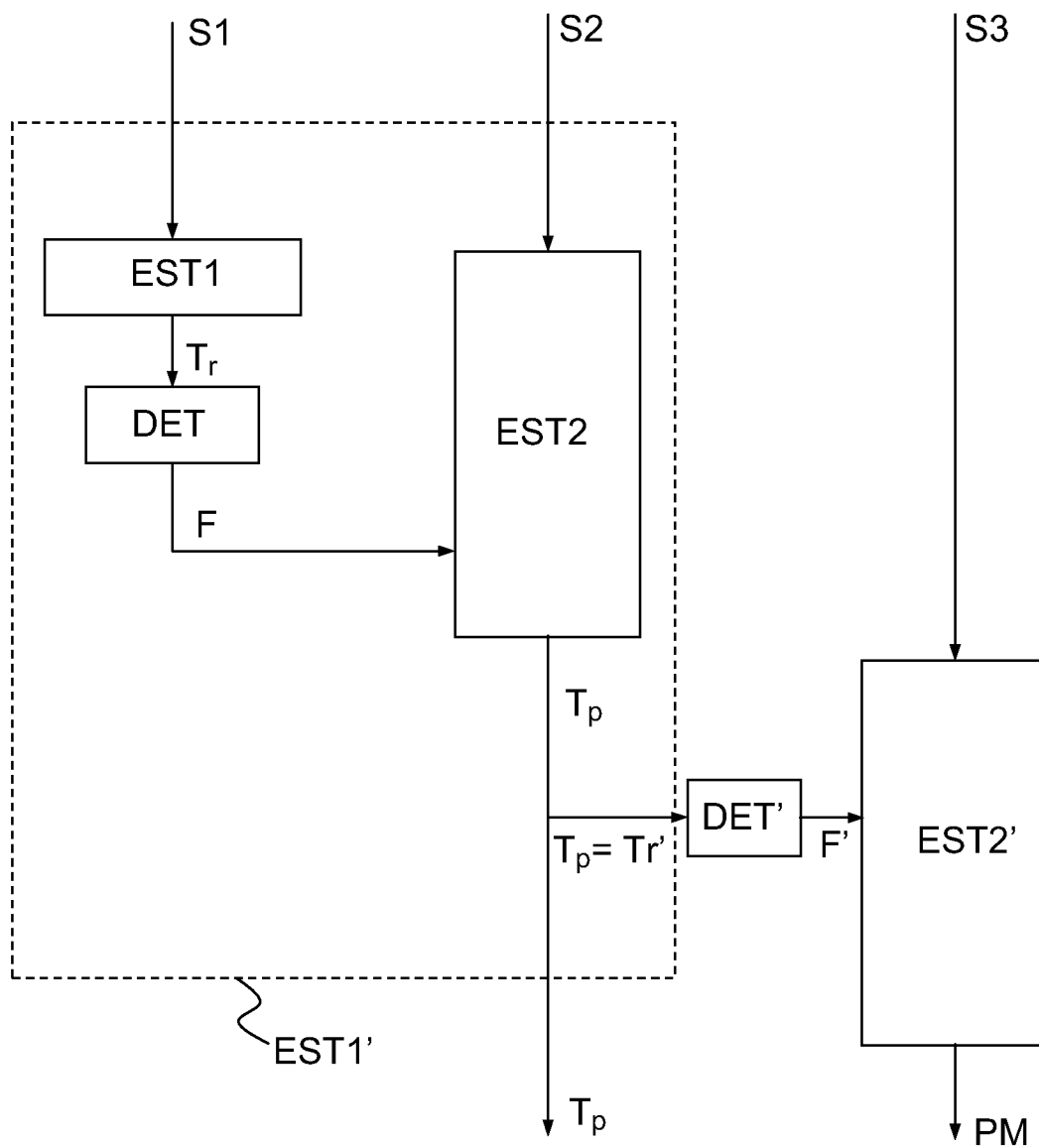


FIG.3

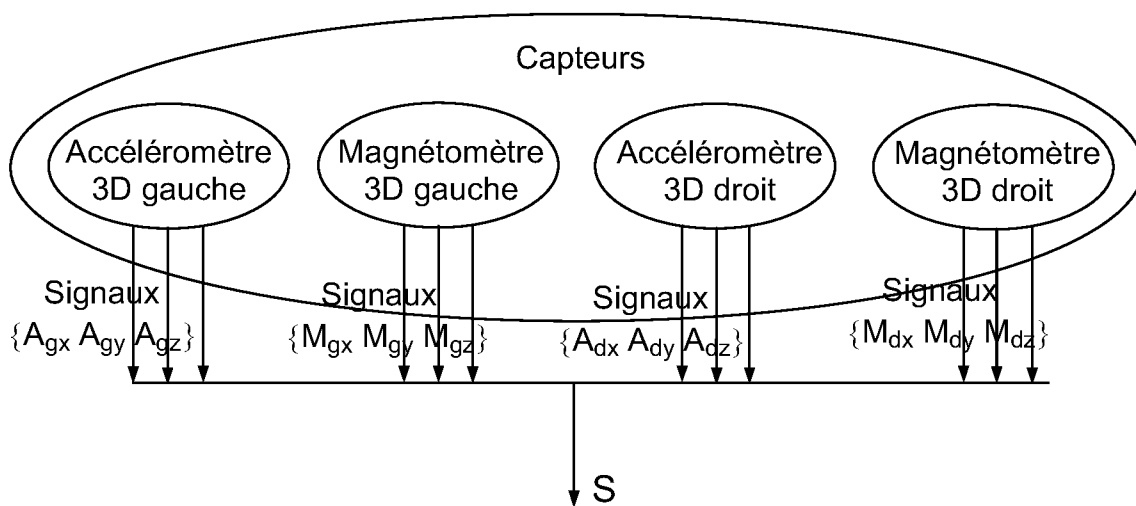


FIG.4

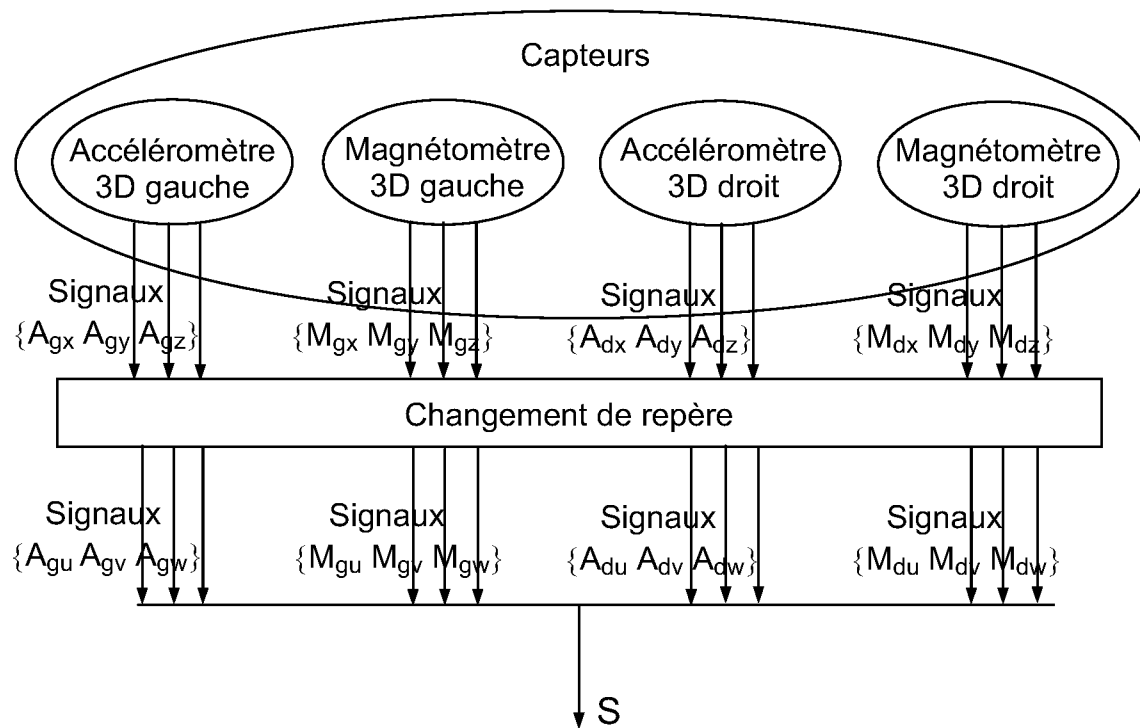


FIG.5

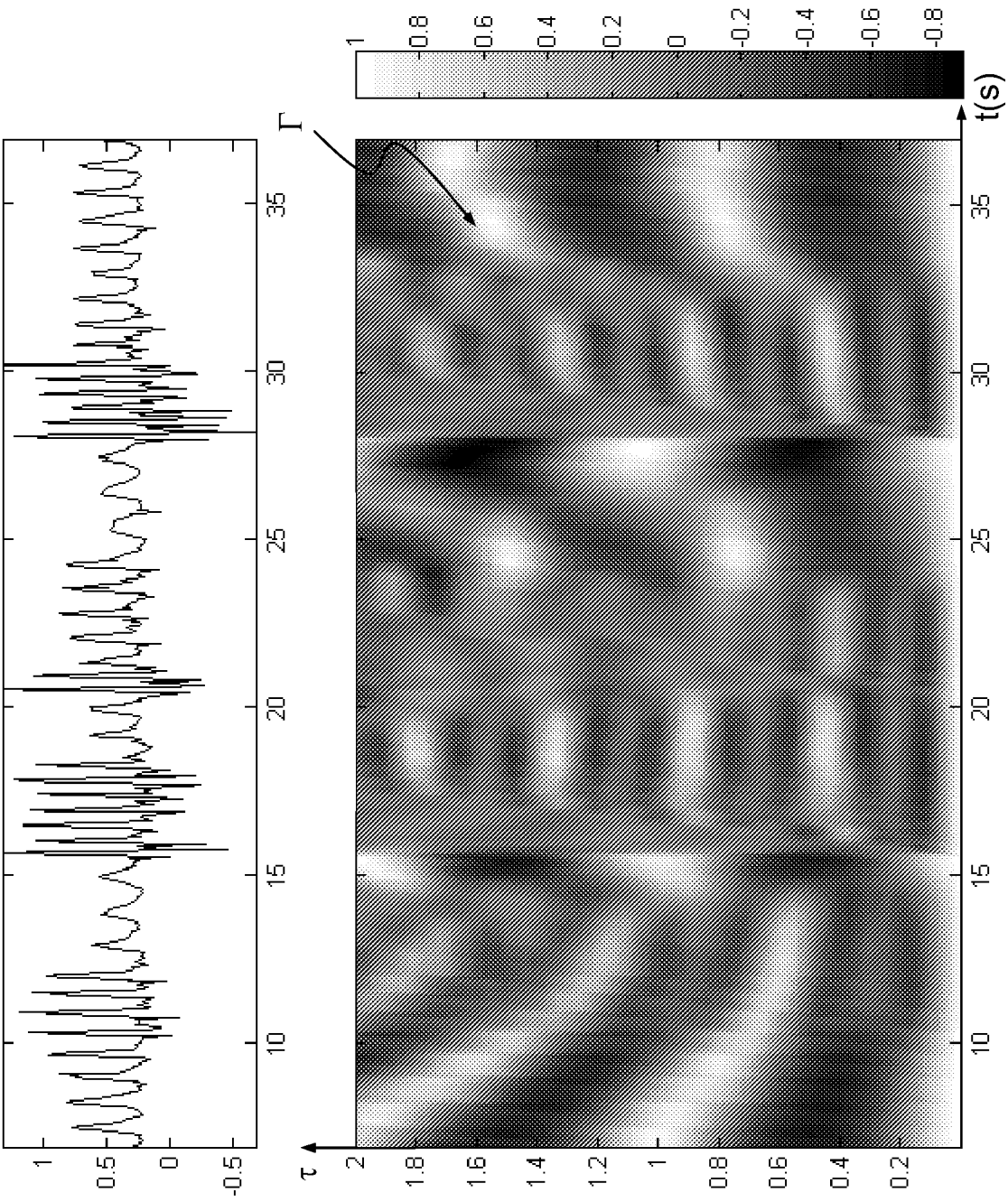


FIG.6

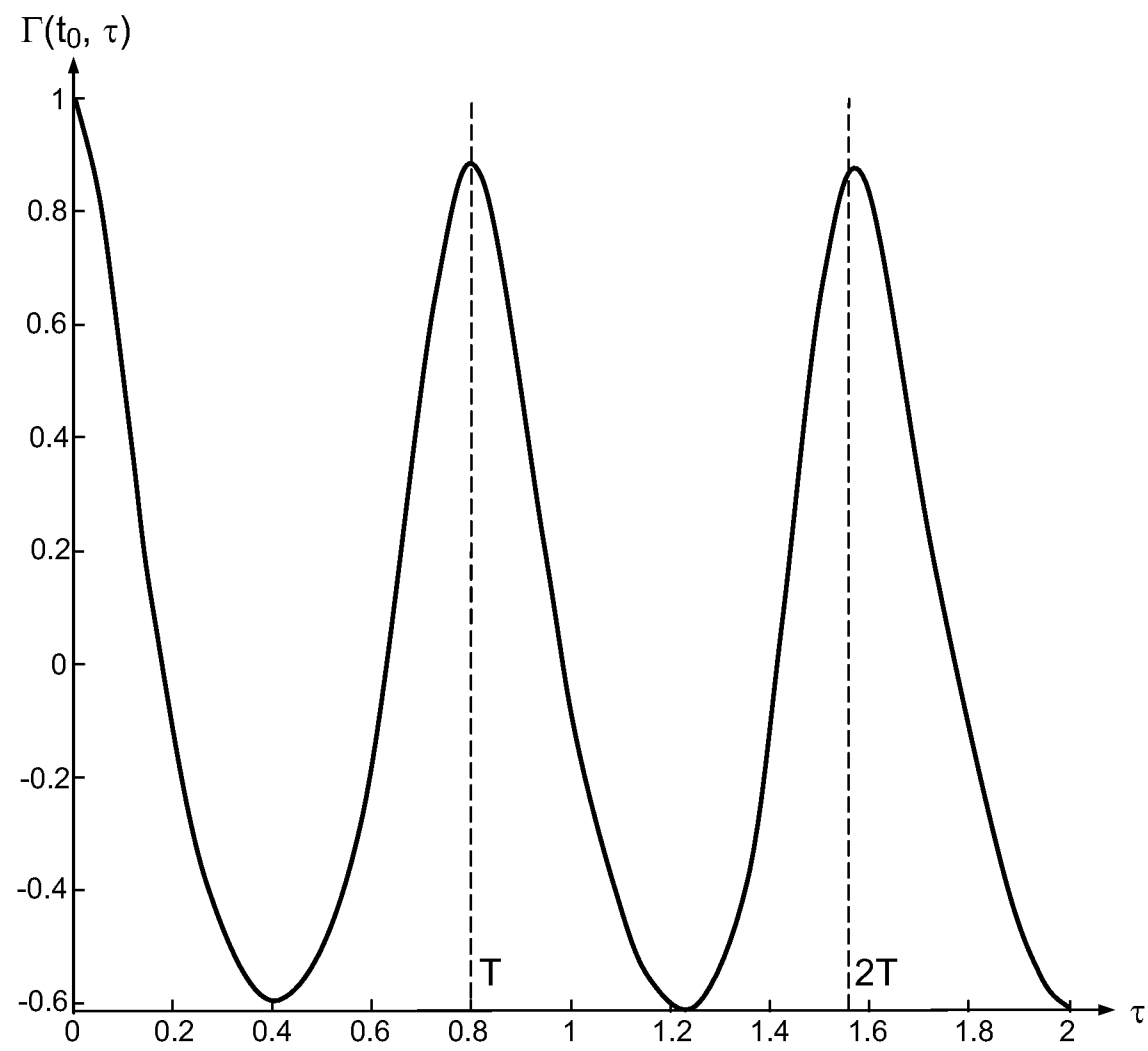


FIG.7

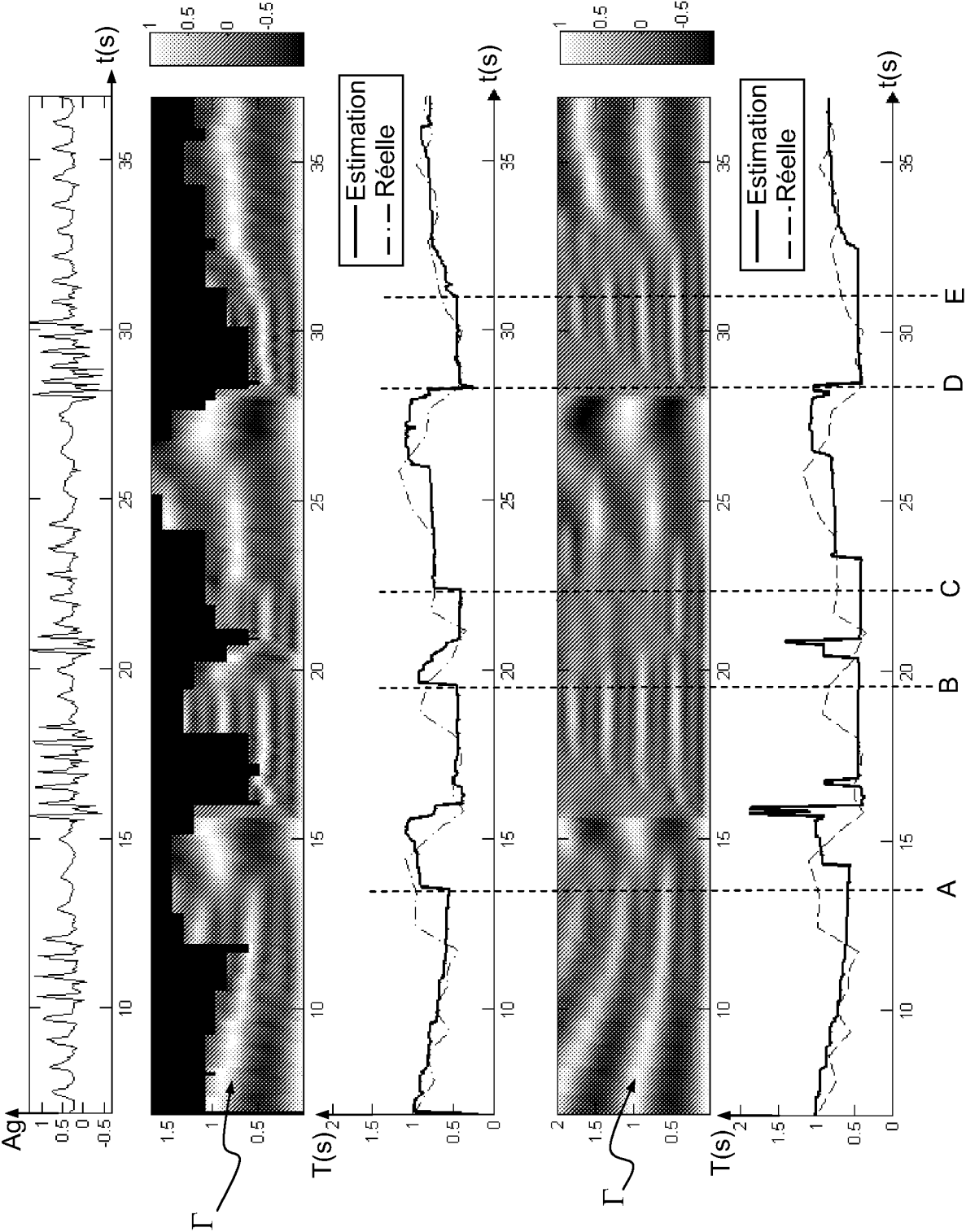


FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/051961

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06K9/00
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)
G06K A61B G01P

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GAFUROV D ET AL: "Gait Recognition Using Acceleration from MEMS", AVAILABILITY, RELIABILITY AND SECURITY, 2006. ARES 2006. THE FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIENNA, AUSTRIA 20-22 APRIL 2006, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE LNKD-DOI:10.1109/ARES.2006.68, 20 April 2006 (2006-04-20), pages 432-439, XP010912877, ISBN: 978-0-7695-2567-9 Sections 2 and 3 ----- -/--	1,8-10



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

6 April 2011

Date of mailing of the international search report

05/07/2011

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

Alecu, Teodor Iulian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/051961

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	S SPRAGER, D ZAZULA: "A Cumulant-Based Method for Gait Identification Using Accelerometer Data with Principal Component Analysis and Support Vector Machine", WSEAS TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, vol. 11, no. 5, November 2009 (2009-11), pages 369-378, XP002598139, Section 3	1,8-10
A	----- MOE-NILSSEN R ET AL: "Estimation of gait cycle characteristics by trunk accelerometry", JOURNAL OF BIOMECHANICS, PERGAMON PRESS, NEW YORK, NY, US LNKD-DOI:10.1016/S0021-9290(03)00233-1, vol. 37, no. 1, 1 January 2004 (2004-01-01), pages 121-126, XP004895603, ISSN: 0021-9290 the whole document	1-14,16
X	----- US 2006/262857 A1 (IWASAKI MASAHIRO [JP] ET AL) 23 November 2006 (2006-11-23) paragraph [0087] - paragraph [0107]; figure 6	1-7, 10-12
X	----- JIANYI LIU ET AL: "Partitioning Gait Cycles Adaptive to Fluctuating Periods and Bad Silhouettes", 27 August 2007 (2007-08-27), ADVANCES IN BIOMETRICS; [LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE], SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, BERLIN, HEIDELBERG, PAGE(S) 347 - 355, XP019098910, ISBN: 978-3-540-74548-8 abstract Section 3	1-7, 10-12,16
X	----- LI, D. AND JUNG, R.: "Tracking rhythmicity in nonstationary quasi-periodic biomedical signals using adaptive time-varying covariance", COMPUTERS IN BIOLOGY AND MEDICINE, vol. 32, no. 4, 2002, pages 261-282, XP002598140, abstract Sections 2.1 and 2.2 ----- -/--	1-7, 10-12,16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/051961

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CHRIS H L PETERS ET AL: "Beat-to-beat detection of fetal heart rate: Doppler ultrasound cardiocotocography compared to direct ECG cardiocotocography in time and frequency domain; Beat-to-beat detection of fetal heart rate from Doppler ultrasound signals", PHYSIOLOGICAL MEASUREMENT, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL, GB LNKD-DOI:10.1088/0967-3334/25/2/015, vol. 25, no. 2, 1 April 2004 (2004-04-01), pages 585-593, XP020074138, ISSN: 0967-3334 Section 2.1.2	1-7, 10-12,16
A	----- L.R. RABINER: "On the use of autocorrelation analysis for pitch detection", IEEE TRANSACTIONS ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING, vol. 25, no. 1, February 1977 (1977-02), pages 24-33, XP002598141, Section II and IV	1-14,16
A	----- NAKATANI ET AL: "A method for fundamental frequency estimation and voicing decision: Application to infant utterances recorded in real acoustical environments", SPEECH COMMUNICATION, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL LNKD-DOI:10.1016/J.SPECOM.2007.09.003, vol. 50, no. 3, 29 January 2008 (2008-01-29), pages 203-214, XP022436796, ISSN: 0167-6393 Sections 2.2.1 and 2.3 -----	1-14,16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2011/051961

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-14, 16

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-14, 16

Adaptative determination, by correlation, of the periodicity of a repetitive movement measured using onboard sensors (e.g. accelerometers).

2. Claim 15

Changing the reference point for the signals that measure the movement by decomposing the signal matrix into eigenvalues and mapping them onto the eigenvectors of the movement.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/051961

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006262857 A1	23-11-2006	W0 2005050565 A1 JP 3815689 B2	02-06-2005 30-08-2006

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2011/051961

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G06K9/00
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)
G06K A61B G01P

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	GAFUROV D ET AL: "Gait Recognition Using Acceleration from MEMS", AVAILABILITY, RELIABILITY AND SECURITY, 2006. ARES 2006. THE FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIENNA, AUSTRIA 20-22 APRIL 2006, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE LNKD- DOI:10.1109/ARES.2006.68, 20 avril 2006 (2006-04-20), pages 432-439, XP010912877, ISBN: 978-0-7695-2567-9 Sections 2 and 3 ----- -/-	1,8-10

☒ 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

6 avril 2011

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

05/07/2011

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

Alecu, Teodor Iulian

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	S SPRAGER, D ZAZULA: "A Cumulant-Based Method for Gait Identification Using Accelerometer Data with Principal Component Analysis and Support Vector Machine", WSEAS TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, vol. 11, no. 5, novembre 2009 (2009-11), pages 369-378, XP002598139, Section 3	1,8-10
A	----- MOE-NILSSEN R ET AL: "Estimation of gait cycle characteristics by trunk accelerometry", JOURNAL OF BIOMECHANICS, PERGAMON PRESS, NEW YORK, NY, US LNKD-DOI:10.1016/S0021-9290(03)00233-1, vol. 37, no. 1, 1 janvier 2004 (2004-01-01), pages 121-126, XP004895603, ISSN: 0021-9290 le document en entier	1-14,16
X	----- US 2006/262857 A1 (IWASAKI MASAHIRO [JP] ET AL) 23 novembre 2006 (2006-11-23) alinéa [0087] - alinéa [0107]; figure 6	1-7, 10-12
X	----- JIANYI LIU ET AL: "Partitioning Gait Cycles Adaptive to Fluctuating Periods and Bad Silhouettes", 27 août 2007 (2007-08-27), ADVANCES IN BIOMETRICS; [LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE], SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, BERLIN, HEIDELBERG, PAGE(S) 347 - 355, XP019098910, ISBN: 978-3-540-74548-8 abrégé Section 3	1-7, 10-12,16
X	----- LI, D. AND JUNG, R.: "Tracking rhythmicity in nonstationary quasi-periodic biomedical signals using adaptive time-varying covariance", COMPUTERS IN BIOLOGY AND MEDICINE, vol. 32, no. 4, 2002, pages 261-282, XP002598140, abrégé Sections 2.1 and 2.2 ----- -/--	1-7, 10-12,16

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2011/051961

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	CHRIS H L PETERS ET AL: "Beat-to-beat detection of fetal heart rate: Doppler ultrasound cardiotocography compared to direct ECG cardiotocography in time and frequency domain; Beat-to-beat detection of fetal heart rate from Doppler ultrasound signals", PHYSIOLOGICAL MEASUREMENT, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL, GB LNKD-DOI:10.1088/0967-3334/25/2/015, vol. 25, no. 2, 1 avril 2004 (2004-04-01), pages 585-593, XP020074138, ISSN: 0967-3334 Section 2.1.2	1-7, 10-12,16
A	----- L.R. RABINER: "On the use of autocorrelation analysis for pitch detection", IEEE TRANSACTIONS ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING, vol. 25, no. 1, février 1977 (1977-02), pages 24-33, XP002598141, Section II and IV	1-14,16
A	----- NAKATANI ET AL: "A method for fundamental frequency estimation and voicing decision: Application to infant utterances recorded in real acoustical environments", SPEECH COMMUNICATION, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL LNKD-DOI:10.1016/J.SPECOM.2007.09.003, vol. 50, no. 3, 29 janvier 2008 (2008-01-29), pages 203-214, XP022436796, ISSN: 0167-6393 Sections 2.2.1 and 2.3 -----	1-14,16

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALEDemande internationale n°
PCT/EP2011/051961**Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)**

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :
2. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :
3. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. ☐ Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☐ Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os} :
4. ☒ Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os} :
1-14, 16

Remarque quant à la réserve ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.

☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.

☐ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1-14, 16

détermination adaptative, par corrélation, de la période d'un mouvement répétitif, mesuré à l'aide de capteurs embarqués (ex. accéléromètres)

2. revendication: 15

changement du repère des signaux mesurant le mouvement par décomposition en valeur propres de la matrice des signaux et projection sur les vecteurs propres du mouvement

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

PCT/EP2011/051961

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (avril 2005)