

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 31.12.13.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 03.07.15 Bulletin 15/27.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES — FR et MOVEA — FR.

72 Inventeur(s) : VILLIEN CHRISTOPHE.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES, MOVEA.

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE Société en nom collectif.

54 PROCEDE ET DISPOSITIF DE COMPTAGE DE PAS.

57 Procédé de détection de pas comprenant l'étape suivante:

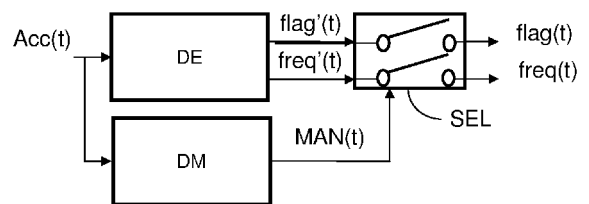
a) à partir d'au moins un signal (Acc) issu d'au moins un capteur de mouvement solidaire d'un appareil portable, détecter des événements susceptibles de correspondre à des pas d'un utilisateur transportant ledit appareil portable; caractérisé en ce qu'il comprend également les étapes suivantes:

b) à partir dudit ou d'au moins un dit signal, ou d'au moins un signal issu d'un autre capteur également solidaire dudit appareil portable, identifier des plages temporelles pendant lesquelles ledit appareil est manipulé; et

c) identifier en tant que pas ceux, parmi les événements détectés, qui ne coïncident pas avec lesdites plages temporelles.

Dispositif pour la mise en oeuvre d'un tel procédé.

Téléphone portable et tablette tactile comprenant un tel dispositif.



## PROCEDE ET DISPOSITIF DE COMPTAGE DE PAS

L'invention porte sur un procédé et sur un dispositif de comptage de pas (podomètre). Un dispositif selon l'invention peut en particulier être intégré à un appareil portable, tel qu'un téléphone portable  
5 (notamment de type « smartphone », ou terminal de poche) ou une tablette tactile. L'invention porte également sur un téléphone portable ou une tablette tactile intégrant un tel dispositif.

L'invention s'applique notamment, mais pas exclusivement, au domaine de la localisation et navigation inertielle, et plus particulièrement  
10 de la localisation et navigation d'intérieur (« indoor »).

La localisation indoor est, depuis plusieurs années, un sujet de recherche très actif tant les potentiels applicatifs sont nombreux. Parmi les technologies les plus prometteuses, l'approche par mesure inertielle semble être la plus mature pour les applications grand public.

15 Les dispositifs de navigation par mesure inertielle combinent un ou plusieurs capteurs, tels que des accéléromètres, magnétomètres et gyromètres, qui sont généralement de type microélectromécanique. De tels capteurs sont très souvent préinstallés sur les « smartphones » et tablettes tactiles.

20 Les méthodes inertielles pour la navigation du piéton ont pour but d'estimer le déplacement relatif d'un sujet à partir d'un point de départ qui peut, par exemple, être renseigné par l'utilisateur.

Le principe général du traitement peut être pensé comme la combinaison d'un « podomètre » et d'une « boussole » : le « podomètre »  
25 détecte les pas de l'utilisateur, ce qui donne une information approximative sur la distance de déplacement, tandis que la « boussole » indique dans quelle direction se fait le déplacement.

La figure 1 montre une architecture typique d'un système de navigation inertielle, recevant en entrée des signaux  $Acc(t)$  issus d'un accéléromètre,  $Mag(t)$  issus d'un magnétomètre et  $Gyr(t)$  issus d'un gyromètre  
30 (il n'est pas nécessaire que tous les trois types de signaux soient présents). Un bloc d'orientation OR combine les signaux d'entrée pour calculer

l'orientation  $R_{RT}(t)$  de l'ensemble de capteurs par rapport à un repère de référence. Pour cela, l'accéléromètre mesure la direction de la pesanteur, le magnétomètre mesure la direction du champ magnétique (nord) et le gyromètre les vitesses de rotation des capteurs. Un algorithme de fusion  
5 (typiquement un Filtre de Kalman étendu ou EKF) permet de calculer la matrice désirée qui contient l'information de direction. Voir par exemple le document EP 2 402 715.

Un bloc « détecteur de pas », ou podomètre, PM utilise principalement les signaux de l'accéléromètre pour détecter les chocs causés  
10 par chaque pas. Il peut également exploiter les autres signaux, mais ce cas de figure est plus rare. En sortie, il produit deux signaux :

- Un signal  $flag(t)$  qui vaut « 1 » à l'instant où le pas est détecté et « 0 » sinon ;

- Un signal  $freq(t)$  qui indique la fréquence des pas.

15 Ces deux signaux sont ensuite exploités par un bloc MLP contenant des modèles de longueur de pas en fonction de la fréquence afin d'estimer la distance  $d(t)$ .

Finalement un dernier bloc TRAJ combine les informations de distance et d'orientation pour calculer des coordonnées  $x(t)$ ,  $y(t)$ .

20 Cet exemple n'est pas limitatif.

L'invention concerne un détecteur de pas pouvant être utilisé en tant que bloc PM dans un navigateur inertiel du type de la figure 1. Un tel détecteur de pas se prête également à d'autres applications, comme l'estimation du nombre de calories consommées au cours d'une marche.

25 Parmi les très nombreuses techniques de détection de pas connues de l'art antérieur, on peut citer celle décrite dans le document US 2013/0085677. Elle utilise uniquement les signaux  $a_x(t)$ ,  $a_y(t)$ ,  $a_z(t)$  issus d'un accéléromètre à trois axes ; ces signaux sont traités pour déterminer la norme de l'accélération  $\|a(t)\|$  qui est ensuite filtrée. La détection des pas  
30 s'effectue par seuillage du signal  $\|a(t)\|$ . Une telle méthode de détection est simple à mettre en œuvre et sensible (faible taux de détections manquées) ; cependant elle présente un taux relativement élevé de fausses alarmes, c'est-

à-dire de détections parasites qui ont lieu alors que la personne portant le podomètre n'est pas en train de marcher. Dans le document US 2013/0085677 précité ce problème est atténué, mais pas vraiment résolu, par une technique de filtrage adaptatif de la fréquence des pas détectés.

5 L'invention vise à procurer un détecteur de pas qui soit à la fois simple, sensible (faible taux de détections manquées) et robuste, c'est-à-dire présentant un faible taux de fausses alarmes.

Les présents inventeurs se sont rendus compte qu'une cause majeure des fausses alarmes est constituée par les manipulations du détecteur, en particulier lorsque ce dernier est intégré dans un appareil portable tel qu'un « smartphone » ou une tablette tactile. On entend par « manipulation » un mouvement intentionnel de l'appareil provoqué par son utilisateur, par exemple lorsqu'il le sort d'une poche ou d'un sac à main, l'approche de son visage pour effectuer une communication téléphonique, le passe à une autre personne, etc.

Ainsi, conformément à l'invention, les évènements susceptibles de correspondre à des pas mais détectés pendant une phase de manipulation de l'appareil portable intégrant le détecteur sont écartés, et ne sont pas comptabilisés en tant que pas.

20 Un objet de l'invention est donc un procédé de détection de pas comprenant l'étape suivante :

a) à partir d'au moins un signal issu d'au moins un capteur de mouvement solidaire d'un appareil portable, détecter des évènements susceptibles de correspondre à des pas d'un utilisateur transportant ledit appareil portable ;

25 caractérisé en ce qu'il comprend également les étapes suivantes :

b) à partir dudit ou d'au moins un dit signal, ou d'au moins un signal issu d'un autre capteur également solidaire dudit appareil portable, identifier des plages temporelles pendant lesquelles ledit appareil est manipulé ; et

30

c) identifier en tant que pas ceux, parmi les évènements détectés, qui ne coïncident pas avec lesdites plages temporelles.

Selon des modes de réalisation particuliers d'un tel procédé :

5       - Ladite étape a) peut comprendre les sous-étapes suivantes :

      a1) acquérir trois signaux représentatifs de trois composantes non coplanaires de ladite accélération auquel est soumis ledit appareil portable ;

10       a2) détecter lesdits évènements à partir des trois dits signaux, par détection et seuillage de maxima locaux d'une composante spectrale fondamentale d'une grandeur choisie parmi la norme de l'accélération auquel est soumis ledit appareil portable et la projection de ladite accélération sur un axe vertical.

15       - Ladite sous-étape a2) peut comprendre le calcul de ladite norme de l'accélération auquel est soumis ledit appareil portable à partir dudit ou desdits signaux acquis et son filtrage passe-bande.

20       - En variante, ladite sous-étape a2) peut comprendre le calcul de ladite projection sur ledit axe vertical de l'accélération auquel est soumis ledit appareil portable à partir dudit ou desdits signaux acquis et son filtrage passe-bande.

      - Ledit filtrage passe-bande peut comporter une bande passante de largeur non supérieure à 1 Hz et ayant une fréquence centrale comprise entre 1 Hz et 2 Hz.

25       - Ladite sous-étape a2) peut comporter une dite détection de maxima locaux par comparaison entre trois échantillons successifs d'un signal représentatif de la composante spectrale fondamentale de la norme, ou de la projection sur un axe vertical, de ladite accélération et dans lequel, après la détection d'un maximum local, un autre maximum local ne peut être détecté qu'après que ledit signal soit descendu au-dessous d'un seuil dit  
30 inférieur.

      - Ladite sous-étape a2) peut comporter un seuillage adaptatif desdits maxima locaux.

- Lors de ladite étape b), lesdites plages temporelles pendant lesquelles ledit appareil est manipulé peuvent également être détectées à partir des trois dits signaux représentatifs de trois composantes non coplanaires de ladite accélération auquel est soumis ledit appareil portable.

- Ladite étape b) peut comprendre les sous-étapes suivantes :

b1) déterminer, à une succession d'instants, l'orientation de la direction verticale dans un référentiel solidaire audit appareil portable ;

b2) calculer, pour chaque dit instant, l'angle formé par l'orientation de ladite direction verticale dans ledit référentiel et une orientation de référence ;

b3) détecter une manipulation lorsque ledit angle dépasse un premier seuil ; et

b4) suite à la détection d'une dite manipulation, considérer pendant une durée déterminée qu'elle est en cours.

- En variante, ladite étape b) peut comprendre également la sous-étape suivante :

b3') détecter une manipulation également lorsque ledit angle dépasse un deuxième seuil, inférieur audit premier seuil, une manipulation étant déjà considérée en cours.

- Dans les deux cas, ladite étape b) peut comprendre également la sous-étape suivante :

b5) lorsqu'une manipulation est détectée à un instant dit de détection, prendre en tant que nouvelle orientation de référence l'orientation de ladite direction verticale audit instant de détection.

- En variante, lors de ladite étape b), ladite orientation de référence peut être choisie égale à l'orientation de ladite direction verticale à un instant antérieur, précédent un instant courant d'une durée  $\tau$  comprise entre 0,5 et 5 secondes.

- Ladite étape c) peut comporter une opération de resynchronisation entre les événements détectés lors de ladite étape a) et les

plages temporelles pendant lesquelles ledit appareil est manipulé, identifiées lors de ladite étape b), ladite opération de resynchronisation comportant une compensation des différences entre les latences desdites étapes a) et b).

- Ladite étape c) peut comporter également une opération de prolongement desdites plages temporelles avant l'instant de leur détection.
- Le procédé peut comporter également une étape d) de mesure d'une fréquence de répétition des pas détectés.

Un autre objet de l'invention est un dispositif de détection de pas comportant : au moins un capteur de mouvement, solidaire d'un appareil portable ; et un processeur relié audit capteur pour recevoir en entrée au moins un signal qui en est issu, ledit processeur étant configuré ou programmé pour mettre en œuvre d'un procédé tel que mentionné ci-dessus. En particulier, ledit ou au moins un dit capteur de mouvement peut être un accéléromètre à trois axes.

Encore un autre objet de l'invention est un téléphone portable comprenant un tel dispositif.

Encore un autre objet de l'invention est une tablette comprenant un tel dispositif.

D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemple et qui représentent, respectivement :

- La figure 2, un diagramme fonctionnel illustrant le principe de fonctionnement d'un procédé ou dispositif de détection de pas selon un mode de réalisation de l'invention ;
- La figure 3, un diagramme fonctionnel illustrant la détection d'évènements susceptibles de correspondre à des pas selon un mode de réalisation de l'invention ;
- La figure 4, une illustration de l'étape de filtrage passe-bande utilisée pour ladite détection d'évènements susceptibles de correspondre à des pas selon un mode de réalisation de l'invention ;
- Les figures 5A, 5B et 5C, des signaux accélérométriques bruts (5A) et prétraités (5B, 5C) intervenant dans ladite détection

d'évènements susceptibles de correspondre à des pas selon un mode de réalisation de l'invention ;

- La figure 6, un ordinogramme illustrant un procédé de détection d'évènements susceptibles de correspondre à des pas selon le mode de réalisation de l'invention des figures 3 à 5C ;

- La figure 7, un diagramme fonctionnel illustrant des opérations de resynchronisation des détections des évènements pouvant correspondre à des pas et des manipulations, et de compensation des délais de traitement, selon un mode de réalisation de l'invention ;

- La figure 8, un ordinogramme des opérations de la figure 7 ;

- La figure 9, un chronogramme des opérations de la figure 7 ;

- Les figures 10A, 10B, 11A et 11B, une première méthode de détection des manipulations ;

- Les figures 12A et 12B, une seconde méthode de détection des manipulations ; et

- La figure 13, un schéma fonctionnel d'un appareil portable, tel qu'un téléphone portable ou une tablette tactile, intégrant un dispositif de détection de pas selon un mode de réalisation de l'invention.

L'invention se base sur les remarques suivantes :

- Lorsqu'un utilisateur marche effectivement, le signal « utile » (de la marche) domine les signaux parasites, si bien qu'un traitement relativement simple est parfaitement adapté pour la détection des pas avec un faible taux de détections manquées.

- Les fausses alarmes sont presque exclusivement causées par les manipulations de l'appareil portable (smartphone ou tablette), qui interviennent généralement à l'arrêt et génèrent des accélérations dont certaines composantes sont identiques à celles du signal de marche ; il y'a donc un recouvrement entre le spectre des signaux générés par les manipulations, ce qui rend difficile de différencier les deux cas de figure.

Un détecteur de pas selon l'invention est illustré sur la figure 2. Un bloc DE reçoit en entrée les signaux  $Acc(t)$  issus d'un accéléromètre et effectue une détection « simple » d'évènements susceptibles de représenter des pas ; il fournit en sortie un signal binaire (ou « drapeau »)  $flag'(t)$  indicatif de la présence de tels événements ( $flag'=1$  lorsqu'un événement est détecté,  $flag'=0$  autrement) et un signal  $freq'(t)$  indicatif de leur fréquence. Un bloc DM reçoit en entrée les mêmes signaux  $Acc(t)$  et effectue une détection de manipulations. Il fournit en sortie un signal  $MAN(t)$  indicatif d'une manipulation en cours ( $MAN=1$  lorsqu'une manipulation est en cours,  $MAN=0$  autrement). Un bloc de sélection SEL reçoit en entrée les signaux  $flag'(t)$ ,  $freq'(t)$ ,  $MAN(t)$  et fournit en sortie des signaux  $flag(t)$ ,  $freq(t)$  corrigés des fausses alarmes. Concrètement,  $flag(t)=1$  seulement si  $flag'(t)=1$  et  $MAN(t)=0$ , c'est-à-dire lorsqu'un évènement est détecté en l'absence de manipulations.

En variante, la fréquence  $freq(t)$  pourrait être calculée directement à partir des pas validés  $flag(t)$ , sans passer par le signal intermédiaire  $freq'(t)$ .

En variante, les blocs DE et DM pourraient recevoir en entrée des signaux différents, éventuellement non issus (ou non issus uniquement) d'un accéléromètre.

Ces différents blocs peuvent être réalisés par des circuits électroniques dédiés, analogiques ou numériques, ou – de manière préférée – être des blocs logiciels, correspondant à des opérations exécutées par un processeur.

Les manipulations détectées par le bloc DM correspondent à des changements significatifs de l'orientation du téléphone par rapport à un repère inertiel, tandis que la marche n'induit que des petites rotations, qui constituent d'ailleurs une partie du signal utile servant à la détection des pas. En principe, d'autres types de mouvements peuvent entraîner des fausses alarmes, comme par exemple des accélérations brusques sans rotation, mais il a été constaté expérimentalement que ces cas sont très rares dans une utilisation normale.

Les différentes étapes du traitement effectué par le bloc de détection d'évènement DE sont illustrées sur la figure 3. Le signal d'entrée  $Acc(t)$  est plus précisément constitué par trois signaux scalaires  $a_x(t)$ ,  $a_y(t)$ ,  $a_z(t)$ , représentatifs des composantes de l'accélération selon trois axes orthogonaux. Un bloc NRM calcule la norme de l'accélération :  $\|a(t)\| =$   
 5  $\sqrt{a_x^2(t) + a_y^2(t) + a_z^2(t)}$ . Puis le signal  $\|a(t)\|$  ainsi obtenu est soumis à un filtrage passe-bande FPB. Enfin les maxima locaux du signal filtré  $s(t)$  sont détectés et comparés à un seuil (éventuellement adaptatif) ; seuls les maxima dépassant ce seuil sont retenus. La référence DS indique le bloc de détection et seuillage.  
 10

La figure 4 illustre le spectre  $\|A(f)\|$  du signal  $\|a(t)\|$ . On suppose une marche parfaitement régulière, ce qui implique un signal  $\|a(t)\|$  périodique, et donc un spectre discret constitué par des raies spectrales équiespacées de fréquences  $f_n$  ( $n$  entier) ; la fréquence fondamentale  $f_1$  est la  
 15 fréquence de répétition des pas. Les raies sont modulées par une enveloppe qui correspond au spectre (continu) de l'accélération pour un pas isolé,  $\|A_{PAS}(f)\|$ . Comme la marche n'est pas un phénomène parfaitement périodique, en réalité les raies spectrales ne sont pas des deltas de Dirac, mais prennent une largeur spectrale finie. Le filtrage passe-bande FPB  
 20 permet de sélectionner la composante spectrale fondamentale (la première raie à la fréquence  $f_1$ ). La fréquence centrale de la plage de filtrage est typiquement comprise entre 1 Hz et 2 Hz, et la largeur de bande est inférieure ou égale à 1 Hz. Optionnellement le filtrage peut être adaptatif, la fréquence centrale de filtrage étant déterminée en fonction du signal  $freq'(t)$  ou  $freq(t)$ . La  
 25 suppression des composantes spectrales d'ordre supérieur à 1 élimine le bruit ; la suppression des très faibles fréquences élimine la composante gravitationnelle du signal  $\|a(t)\|$ .

La figure 5A montre les allures temporelles des signaux  $a_x(t)$ ,  $a_y(t)$ ,  $a_z(t)$  et  $\|a(t)\|$  ; la figure 5B, celle du signal filtre  $s(t)$ . Ce dernier signal  
 30 est sensiblement sinusoïdal, ce qui simplifie la détection et le seuillage des maxima locaux par le bloc DS.

Le signal 5C montre l'allure des signaux  $s(t)$  – trait fin – et  $MAN(t)$  – trait épais – pendant une phase de manipulation à l'arrêt, 510, et pendant une phase de marche sans manipulation, 520. Il n'est pas immédiat de distinguer les deux phases par simple observation du signal  $s(t)$ .

5 La recherche des maxima peut se faire en comparant trois échantillons du signal  $s(t)$  pris aux temps  $t_1$ ,  $t_2$  et  $t_3$ . Un maximum est détecté au temps  $t_2$  si  $s_1 < s_2$  et  $s_3 < s_2$  avec  $s_1 = s(t_1)$ ,  $s_2 = s(t_2)$  et  $s_3 = s(t_3)$ .

Typiquement, les temps  $t_1$ ,  $t_2$  et  $t_3$  ne sont séparés que d'une période d'échantillonnage (généralement de l'ordre 10 ms) et sont choisis  
10 comme suit :

- $t_3 = t$  est le dernier échantillon mesuré, celui du temps courant ;
- $t_2 = t - \tau$ , est l'avant dernier échantillon mesuré ;
- $t_1 = t - 2\tau$ , est l'antépénultième échantillon mesuré.

15 Le maximum local trouvé n'est retenu que s'il satisfait deux conditions cumulatives :

- un seuillage :  $s_2 > S$  ou  $s_2 \geq S$ , qui assure que seuls les maxima « significatifs » (et pas ceux dus au bruit) soient détectés ;
- une séparation suffisante par rapport au dernier maximum  
20 détecté.

Le seuillage peut notamment être adaptatif, par exemple si le seuil  $S$  est défini en fonction du maximum ou des maxima détectés en précédence. La séparation entre les maxima détectés est assurée de la manière suivante : après la détection d'un maximum local, un autre maximum  
25 local ne peut être détecté qu'après que ledit signal soit descendu au-dessous d'un seuil « inférieur » qui peut notamment être exprimé en fonction de la valeur du dernier maximum précédent.

Chaque maximum local ainsi identifié et retenu constitue un évènement susceptible de représenter un pas. Les différentes étapes du  
30 procédé de détection de tels évènements sont illustrées sur l'ordinogramme de la figure 6. Le bloc 600 représente le calcul de la norme de l'accélération ; le bloc 610, son filtrage passe-bande et l'extraction des échantillons  $s_1$ ,  $s_2$  et

s3, le bloc 620 la recherche des maxima locaux (« & » est le symbole de l'opérateur logique « ET ». Si un maximum local est détecté (branche « oui » après le bloc 620), une variable temporaire MaxVal prend la valeur dudit maximum (MaxVal=s2) et une autre variable temporaire Max prend la valeur  
 5 1, pour indiquer qu'un nouveau maximum a été détecté (bloc 630). Le bloc 640 vérifie que la condition de séparation entre maxima est satisfaite : la détection d'un maximum local n'est validé que lorsque la valeur instantanée du signal, s2 (ou s3), est inférieure à  $k \cdot \text{MaxVal}$ , avec  $k < 1$  (par exemple  $k=0,8$ ). Lorsqu'un maximum a été détecté (condition Max=1) et validé (condition  $s2 <$   
 10  $k \cdot \text{MaxVal}$ ), alors (bloc 650) :

- un compteur de pas Npas est incrémenté (optionnel) ;
- le temps correspondant au maximum détecté,  $(t-\tau)$  est stocké dans la variable Tmax(Npas) ;
- la fréquence freq' est donnée par l'inverse de l'intervalle  
 15 entre le dernier et le pénultième maximum détecté ;
- le signal  $\text{flag}'(t-\tau)$  prend la valeur 1 ;
- la variable temporaire Max est réinitialisée à zéro.

Selon un mode de réalisation alternatif, la détection des événements susceptibles de représenter des pas peut se faire en prenant en  
 20 compte, au lieu de la norme du signal d'accélération, sa projection sur l'axe vertical. Dans un tel mode de réalisation :

- Chaque composante  $(a_x, a_y, a_z)$  du signal de l'accéléromètre est filtrée à l'aide d'un filtre passe bas, la fréquence de coupure étant comprise entre 0,1 Hz et 0,5 Hz, typiquement 0,3 Hz, de façon  
 25 à générer des composantes filtrées  $(a'_x, a'_y, a'_z)$ , ces dernières étant considérées comme une estimation des composantes de la pesanteur (et donc de l'axe vertical) dans le référentiel du capteur
- Le vecteur d'accélération généré par l'accéléromètre est projeté sur l'axe vertical ainsi estimé.

30 Ainsi, selon cette variante, l'algorithme de détection de pas est alimenté par le signal

$$s(t) = \frac{(a_x(t)a'_x(t) + a_y(t)a'_y(t) + a_z(t)a'_z(t))}{\|a'(t)\|}$$

La normalisation (division par  $\|a'(t)\|$ ) étant facultative.

Comme on peut s'en rendre compte en observant la figure 5C, ce procédé – que l'on considère sa première ou sa seconde variante – conduit à la détection de pas non seulement au cours d'une phase de marche  
 5 (520), mais également lors d'une manipulation d'un appareil portable intégrant un podomètre selon l'invention. D'où l'avantage de l'opération de sélection discutée en référence à la figure 2.

Avant de s'intéresser aux techniques de détection des manipulations, il convient de considérer le problème de la resynchronisation  
 10 entre cette détection et celle des pas, ainsi qu'à la compensation du retard de détection des manipulations. En effet, il y aura en général une différence de latence entre les blocs DE et DM de la figure 2.

Par exemple, on imagine que les pas (plus exactement, les événements susceptibles d'être des pas) sont détectés instantanément par le  
 15 bloc DE mais que la détection des manipulations s'effectue avec une latence de 3 secondes. Cette latence est due essentiellement à la durée de signal qu'il faut stocker pour pouvoir appliquer l'algorithme de détection, respectivement des pas et des manipulations. Si rien n'est fait pour compenser cet écart, les événements détectés pendant les trois premières  
 20 secondes de la manipulation seront validés alors qu'ils auraient dû être écartés, et réciproquement ceux détectés pendant les trois premières secondes après la fin de la manipulation seront écartés alors qu'ils auraient dû être validés.

Comme illustré sur la figure 7, cette compensation des  
 25 différences de latence est assurée par deux « tampons d'alignement » TA-M (pour les manipulations) et TA-E (pour les événements susceptibles d'être des pas). Ces tampons, qui peuvent être des simples mémoires FIFO (de l'anglais « First-In, First-Out », c'est-à-dire « premier entré, premier sorti ») introduisent des retards  $\tau_1$  et  $\tau_2$  permettant de « aligner » les signaux de sortie des blocs  
 30 DE et DM. Un seul tampon d'alignement peut être utilisé en posant

$\min(\tau_1, \tau_2)=0$ , car l'alignement dépend de la différence  $|\tau_1 - \tau_2|$ . Si les latences, ou leur différence, sont négligeables, les tampons d'alignement peuvent être omis.

Le bloc TNC, qui reçoit en entrée les signaux alignés en sortie  
 5 des tampons TA-M et TA-E applique un traitement « non-causal » pour tenir compte du fait qu'une manipulation n'est détectée qu'avec un certain retard par rapport à l'instant où elle a effectivement commencé. Ce retard de détection doit être distingué de la latence du traitement (de 3 secondes dans l'exemple précédent) qui est uniquement dû à la durée de signal qu'il faut  
 10 stocker pour appliquer le traitement. Par exemple, un algorithme de détection des manipulations peut avoir un retard d'une seconde simplement parce que des seuils de détection ne permettent pas de détecter la manipulation exactement au moment où elle débute, et une latence de 3 secondes correspondant à la durée de signal qu'il doit stocker. Dans ce cas le retard  
 15 total entre le moment réel où débute l'évènement et celui où il est effectivement détecté serait de 4 secondes. Le bloc « non-causal » TNC prolonge la plage temporelle de manipulation vers l'arrière (avant l'instant de manipulation). Bien évidemment cela n'est possible qu'en retardant les signaux  $MAN(t)$ ,  $freq'(t)$  et  $flag'(t)$ .

20 La figure 8 est un organigramme d'un mode de réalisation du traitement « non-causal » mis en œuvre par le bloc TNC, réalisant en même temps la sélection des pas qui, dans le schéma de la figure 2, est réalisé par le bloc SEL. Ce traitement est réalisé seulement en présence d'une manipulation détectée :  $MAN(t)=1$ . Au moins  $N_{IT}$  échantillons des signaux  
 25  $MAN(t)$ ,  $freq'(t)$  et  $flag'(t)$  sont stockés dans une mémoire FIFO,  $N_{IT}$  étant le nombre d'échantillons correspondant au retard de détection des manipulations,  $N_{IT} \cdot \tau$ . Une boucle est parcourue  $N_{IT}$  fois pour mettre à jour les valeurs des échantillons de la mémoire : les  $N_{IT}$  échantillons du signal MAN sont mis à 1, ceux des signaux  $freq'(t)/freq(t)$  et  $flag'(t)/flag(t)$  à zéro (on  
 30 prolonge rétroactivement la période de manipulation et on efface les détections des évènements). Puis,  $freq(t-N_{IT} \cdot \tau)$ ,  $flag(t-N_{IT} \cdot \tau)$  et  $MAN(t-N_{IT} \cdot \tau)$

sont stockés dans la mémoire et  $\text{freq}(t)$ ,  $\text{flag}(t)$  et  $\text{MAN}(t)$  sont chargés depuis la mémoire.

En variante, le traitement non-causal et la sélection des évènements pourraient être réalisés successivement, et non simultanément.

5 La figure 9 est un chronogramme illustrant les opérations d'alignement temporel et le traitement non-causal.

La première ligne de cette figure montre qu'une manipulation se décompose en deux parties. La première partie, de durée  $T_1$  (rectangle gris clair) correspond au début effectif de la manipulation tandis que la  
10 seconde partie (rectangle gris foncé) montre la phase qui est « détectable ». Cette notion renvoie au fait que, pour qu'un phénomène tel qu'une manipulation soit effectivement détecté, il faut que les paramètres qui caractérisent le phénomène aient atteint un certain niveau pour franchir un seuil. Or, pour éviter les fausses alarmes, la valeur du seuil doit être telle qu'il  
15 existe une marge entre les fluctuations naturelles des grandeurs observées et le niveau de détection. Plus cette marge est importante, plus le retard entre le début du phénomène et l'instant de sa détection est grand car la grandeur observée mettra un temps plus long pour atteindre la valeur seuil.

La deuxième ligne montre une successions d'évènements  
20 pouvant constituer des pas, dont les quatre premiers ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  et  $P_4$ ) se vérifient au cours de la phase de manipulation, et doivent donc être écartés conformément au principe exposé plus haut en référence à la figure 2.

Le temps  $T_2$  représente le délai entre le moment où la manipulation est détectable en réalité (première ligne) et le moment où elle  
25 est effectivement détectée par le bloc DM de la figure 2 (signal  $\text{MAN}(t)$  sur la troisième ligne). Ce temps est relativement important (plusieurs secondes) car, comme cela sera expliqué plus loin, la détection des manipulations impose le stockage d'un nombre important d'échantillons – par exemple de l'ordre de 1024.

30 Le temps  $T_3$ , plus court, représente le délai entre le moment où un événement susceptible d'être un pas se vérifie (deuxième ligne) et le

moment ou il est détecté par le bloc DE de la figure 2 (signal  $\text{flag}'(t)$  sur la quatrième ligne). Le délai peut valoir par exemple 0,5 secondes.

La différence entre  $(T1+T2)$  et  $T3$  entraîne que le signal  $\text{MAN}(t)$  Manipulation n'est plus synchronisé avec le signal  $\text{flag}'(t)$  : dans la  
5 réalité la manipulation couvre les événements P1 à P4, alors qu'en sortie des blocs DE, DM elle coïncide avec les événements P4 à P6.

Les tampons d'alignement introduisent donc des retards  $T4$  et  $T5$  sur les signaux «  $\text{MAN}(t)$  » et «  $\text{flag}'(t)$  » respectivement, de façon à les resynchroniser. L'objectif étant que les retards totaux vérifient l'égalité  
10 suivante :  $T2+T4 = T3 + T5$ . Cela n'est toutefois pas suffisant, car la perte de la portion initiale de la manipulation, de durée  $T1$ , n'a toujours pas été compensée ; par conséquent l'événement P1 n'est toujours pas considéré comme ayant eu lieu au cours d'une manipulation, et risque d'être comptabilisé en tant que pas. C'est le rôle du bloc TNC de traitement « non  
15 causal », décrit plus haut en référence aux figures 7 et 8. En réalité, ce bloc doit respecter une contrainte de causalité, par conséquent la « rétro-propagation » du signal  $\text{MAN}(t)$  doit s'accompagner d'un retard  $T6 > T1$  appliqué aussi bien à  $\text{MAN}(t)$  qu'à  $\text{flag}'(t)$ .

A la sortie du bloc TNC les signaux  $\text{MAN}(t)$  et  $\text{flag}'(t)$  –  
20 septième et huitième ligne de la figure – présentent entre eux la même relation temporelle que la manipulation « réelle » et les événements « réels » de la première et de la deuxième ligne, mais avec un retard  $(T3+T5+T6)=(T2+T4+T6)$ .

Un premier procédé de détection des manipulations pouvant  
25 être utilisé dans le cadre de la présente invention sera maintenant décrit en référence aux figures 10A, 10B et 11A. Un tel procédé peut également être utilisé dans d'autres applications, indépendamment de la détection de pas.

La figure 10A montre l'orientation de l'accéléromètre à trois axes AM, utilisé aussi bien pour la détection des événements que pour celle  
30 des manipulation, dans un référentiel inertiel  $R_0$  (axes  $X_0, Y_0, Z_0$ , ce dernier correspondant à la verticale locale) pour deux positions P1 et P2 de l'appareil portable intégrant le podomètre de l'invention. La figure représente aussi,

dans les deux positions, un référentiel  $R_{AM}$  (axes  $X_{AM}$ ,  $Y_{AM}$ ,  $Z_{AM}$ ) solidaire de l'accéléromètre, et donc mobile dans le référentiel inertiel. En supposant que l'appareil portable n'est pas soumis à des accélérations violentes, l'accéléromètre AM mesure essentiellement l'accélération gravitationnelle, dirigée selon l'axe  $Z_0$ ; en tout cas, l'accélération gravitationnelle est dominante si on se limite à considérer les composantes à basse fréquence (1 Hz ou moins) des signaux qu'il fournit. Plus précisément, quelle que soit sa position, l'accéléromètre AM fournit des signaux représentatifs de l'orientation de l'axe  $Z_0$  dans son référentiel propre  $R_{AM}$ .

La figure 10B montre l'accéléromètre AM dans son référentiel propre  $R_{AM}$ . Dans ce référentiel, le passage de l'appareil de la position P1 à la position P2 se traduit par un changement d'orientation de  $Z_0$ , c'est-à-dire de la direction verticale.

On considère qu'un changement d'orientation de  $Z_0$ , par rapport à une orientation de référence ou « initiale », dépassant un certain seuil  $s_1$  est indicatif d'une manipulation de l'appareil. Le seuil SD1 permet de ne pas prendre en compte les petites oscillations provoquées par la marche de l'utilisateur ; le fait de s'intéresser aux changements d'orientation de  $Z_0$  permet de négliger l'effet des changements de cap des utilisateurs, qui ne modifient pas cette orientation (il s'agit de rotations autour, justement, de l'axe vertical  $Z_0$ ). Le seuil  $s_1$  est avantageusement compris entre  $15^\circ$  et  $45^\circ$ , et de préférence entre  $20^\circ$  et  $40^\circ$  ; par exemple, il peut être de  $30^\circ$ .

L'ordinogramme de la figure 11A illustre, de manière plus détaillée, la mise en œuvre d'un tel procédé. Bien que cela ne soit pas représenté, on considère que les signaux issus de l'accéléromètre AM sont soumis à un filtrage passe-bas avec une fréquence de coupure inférieure ou égale à 1 Hz, et de préférence inférieure ou égale à 0,5 Hz, ce qui permet de minimiser les influences des oscillations dues à la marche et de chocs éventuels ; il s'agit donc d'un filtrage différent de celui utilisé pour la détection des événements (pas). En outre, ces signaux sont échantillonnés – ou sous-échantillonnés – à une fréquence typiquement de l'ordre de 200 Hz, mais pouvant être supérieure (1 kHz ou plus) ou inférieure (5 – 10 Hz ou moins).

Cette fréquence d'échantillonnage peut être variable ; plus généralement, on considère l'orientation de  $Z_0$  à des instants espacés d'un intervalle moyen compris entre 1 secondes et 1 milliseconde.

Premièrement, l'orientation de l'axe  $Z_0$  à l'instant  $t=0$  est prise  
 5 comme orientation initiale, ou de référence,  $Z_{REF}$ . En outre, on considère qu'il n'y a pas de manipulation en cours à l'instant  $t=0$  ; on pose donc le « drapeau » (variable binaire) MAN égal à zéro. Par ailleurs, un compteur COMPT est initialisé à zéro.

Ensuite, à chaque instant « t » on détermine l'angle  $\alpha(t)$  entre  
 10 la l'orientation de  $Z_0$  dans le référentiel  $R_{AM}$ , et l'orientation de  $Z_{REF}$ , considérée fixe dans ce référentiel. Cet angle peut être déterminé en calculant l'arc-sinus du produit vectoriel entre  $Z_{REF}$  et  $Z_0$ , dont l'accéléromètre AM fournit les composantes selon les axes  $X_{AM}$ ,  $Y_{AM}$ ,  $Z_{AM}$  (on considère que  $\|Z_0\|^2=\|Z_{REF}\|^2=1$ , ce qui peut être obtenu par normalisation):

$$\alpha(t) = \arcsin[\|Z_{REF} \times Z_0(t)\|]$$

15 Ensuite, on effectue la détection des manipulations. Une manipulation est détectée si :

- alors que le drapeau MAN est égal à 0,  $\alpha(t) \geq SD1$  ; ou si
- alors que le drapeau MAN est égal à 1,  $\alpha(t) \geq SD2$ , où SD2 est un deuxième seuil inférieur à SD1 et pouvant être compris, par exemple,  
 20 entre  $5^\circ$  et  $25^\circ$ .

L'idée est qu'une manipulation commence souvent avec un changement d'orientation important, puis se poursuit avec des changements d'orientation moindres.

Si une manipulation est détectée (qu'il s'agisse d'une  
 25 « détection initiale », avec franchissement du premier seuil SD1, ou d'une « détection ultérieure », avec franchissement du deuxième seuil SD2) :

- le drapeau MAN passe à 1, pour indiquer qu'une manipulation est en cours ;
- la direction de référence  $Z_{REF}$  est actualisée, et prend la  
 30 valeur de  $Z_0$  à l'instant de détection,  $Z_0(t)$  ;

- le compteur COMPT prend une valeur prédéfinie INIT qui correspond à une durée prédéterminée, généralement de l'ordre de 1 seconde.

Si aucune manipulation n'est détectée :

5 - le compteur COMPT est décrémenté d'une unité (à supposer qu'il ne soit pas nul).

On remarque que la direction de référence est actualisée à la valeur de  $Z_0$  à l'instant de détection « t », et cela lorsqu'une manipulation est détectée (MANIP = 1), ou à la fin d'une manipulation (MANIP passe de 1 à 0).

10 En l'absence de détection de manipulation (MANIP = 0), la valeur de référence n'est pas actualisée.

Selon une variante, représentée sur la figure 11B :

Si une manipulation est détectée (qu'il s'agisse d'une « détection initiale », avec franchissement du premier seuil SD1, ou d'une  
15 « détection ultérieure », avec franchissement du deuxième seuil SD2) :

- le drapeau MAN passe à 1, pour indiquer qu'une manipulation est en cours ; la direction de référence  $Z_{REF}$  est actualisée, et prend la valeur de  $Z_0$  à un instant antérieur «  $t-\tau$  »,  $Z_0(t-\tau)$  ;

20 - le compteur COMPT prend une valeur prédéfinie INIT qui correspond à une durée prédéterminée, généralement de l'ordre de 1 seconde.

Si aucune manipulation n'est détectée :

25 - le compteur COMPT est décrémenté d'une unité (à supposer qu'il ne soit pas nul) ; et

- la direction de référence  $Z_{REF}$  est actualisée, et prend la valeur de  $Z_0$  à un instant antérieur «  $t-\tau$  »,  $Z_0(t-\tau)$ .

30 On remarque que selon cette variante, la direction de référence est toujours actualisée à la valeur de  $Z_0$  à un instant antérieur, et cela à chaque itération, qu'une manipulation soit détectée ou non. De préférence, la valeur de référence est choisie égale à la valeur de  $Z_0$  à l'instant  $t-\tau$ , c'est-à-dire décalée selon le décalage temporel  $\tau$ , ce dernier étant

le plus souvent compris entre 0,5 et 5 secondes, et typiquement de l'ordre d'une seconde. Ce décalage temporel peut être paramétrable et ajusté expérimentalement.

L'expérience montre que cette variante est plus robuste  
5 (moins de faux positifs), mais moins sensible. En effet, pour qu'une manipulation soit détectée, il faut que la variation angulaire ait lieu dans l'intervalle temporel  $\tau$ .

On remarque que, selon cette variante, la direction de référence est actualisée à la valeur de  $Z_0$  à l'instant de détection « t », et cela  
10 lorsqu'une manipulation est détectée ( $MAN = 1$ ), ou à la fin d'une manipulation ( $MAN$  passe de 1 à 0).

En l'absence de détection de manipulation ( $MAN = 0$ ), la valeur de référence n'est pas actualisée.

Lorsque le compteur COMPT prend la valeur zéro, le drapeau  
15  $MAN$  est remis à zéro, autrement il garde sa valeur. En tout cas, le procédé est répété de façon itérative. L'utilisation du compteur se base sur le principe suivant : lorsqu'une manipulation a été détectée (qu'il s'agisse d'une « détection initiale », avec franchissement du premier seuil  $SD1$  ou d'une « détection ultérieure », avec franchissement du deuxième seuil  $SD2$ ), on  
20 considère qu'elle se poursuit pendant au moins une durée minimale prédéterminée, exprimée par  $INIT$ . Le décrétement du compteur COMPT constitue un compte à rebours, qui est réinitialisé à chaque détection de manipulation. La manipulation est considérée terminée (ce qui est exprimé par le retour du drapeau  $MAN$  à zéro) lorsqu'aucune détection – « initiale » ou  
25 « ultérieure » – ne s'est produite pendant ladite durée prédéterminée.

De nombreuses modifications de ce procédé peuvent être envisagées. Par exemple, à titre non limitatif :

- L'accéléromètre  $AM$  pourrait être remplacé par un autre capteur, par exemple un magnétomètre sensible au champ magnétique  
30 terrestre – mais cela induirait une complexité additionnelle.

- Seulement le seuil SD1 pourrait être utilisé ; dans ce cas, la détection des manipulations se ferait en vérifiant la seule condition  $\alpha(t) \geq 1$  et serait indépendante de la valeur du drapeau.

5 - Dans ce cas, on pourrait ne pas utiliser de drapeau, ni de compteur. Ces éléments sont néanmoins utiles si on souhaite distinguer une manipulation unique qui se poursuit pendant un certain temps d'une succession de manipulations plus brèves.

- L'équation  $\alpha(t) = \arcsin[\|Z_{REF} \times Z_0(t)\|]$  n'est qu'un mode possible de détermination de l'angle  $\alpha(t)$ .

10 - Les valeurs des seuils SD1 et SD2, de la fréquence de coupure, de la fréquence d'échantillonnage, de l'espacement moyen entre les instants auxquels on détermine l'orientation de la direction verticale et de la durée minimale d'une manipulation sont données uniquement à titre d'exemple non limitatif, et dépendent des applications spécifiques  
15 considérées.

Un second procédé de détection des manipulations pouvant être utilisé dans le cadre de la présente invention sera maintenant décrit en référence aux figures 12A et 12B. Un tel procédé peut également être utilisé dans d'autres applications, indépendamment de la détection de pas.

20 Ce deuxième procédé s'appuie sur le fait que la marche est périodique, contrairement aux manipulations. Il s'agit donc de discriminer des signaux périodiques de signaux non périodiques. Pour ce faire, on utilise une transformée de Fourier appliquée à des segments du signal d'accélération d'une durée T, suffisamment longue pour que chaque segment comprenne  
25 plusieurs pas. Si, sur la durée du segment, le signal est périodique (et correspond donc à des pas), alors son spectre comprendra des pics (« raies ») bien définis, et notamment un pic isolé à une fréquence  $F_0$  de l'ordre de 1 à 3 Hz (fréquence de la marche). Cela est bien visible sur la figure 12A, tandis que la figure 12B correspond au spectre d'un signal d'accélération  
30 acquis au cours d'une manipulation, et ne présentant pas un tel pic.

Concrètement, on peut détecter la fréquence  $F_0$  qui, dans la plage 1 – 3 Hz, correspond au maximum du spectre (plus précisément, de la densité spectrale de puissance, DSP) du signal d'accélération ; puis comparer la densité spectrale de puissance maximale  $DSP_0$  à la fréquence  $F_0$ , aux densités spectrales de puissance  $DSP_1$  et  $DSP_2$ , correspondant respectivement aux fréquences  $F_0-\Delta F$  et  $F_0+\Delta F$ , avec  $\Delta F$  constante de l'ordre de 0,5 Hz.

Si  $DSP_0 > K \cdot DSP_1$  et  $DSP_0 > K \cdot DSP_2$  ( $K > 1$ , par exemple=3), alors l'ensemble du signal du segment sera considéré comme correspondant à une marche ( $MAN=0$ ), autrement il sera considéré comme correspondant à une manipulation ( $MAN=1$ )

Les deux procédés de détection des manipulations qu'on vient de décrire ne sont nullement limitatifs.

La figure 13 représente schématiquement un appareil portable SP, tel qu'un téléphone portable de type terminal de poche ou « smartphone » ou une tablette tactile, intégrant un dispositif de détection de pas ou podomètre PM selon un mode de réalisation de l'invention. Ce dernier comprend un accéléromètre à trois axes AM, réalisé en technologie MEMS (système micro-électro-mécanique), un circuit CC de conditionnement (filtrage, échantillonnage et conversion au format numérique) des signaux générés par ledit accéléromètre, un processeur PR recevant les signaux ainsi conditionnés et une mémoire M stockant un programme exécuté par ledit processeur afin de mettre en œuvre un procédé selon l'invention. Il convient de noter que ces différents éléments sont normalement présents dans les « smartphones », ainsi que dans d'autres appareils tels que des tablettes tactiles. Ainsi, des modifications purement logicielles peuvent suffire à transformer un « smartphone » ou une tablette tactile en un appareil portable selon l'art antérieur apte à la mise en œuvre de l'invention.

## **REVENDICATIONS**

1. Procédé de détection de pas comprenant l'étape suivante :

5 a) à partir d'au moins un signal ( $a_x, a_y, a_z$ ) issu d'au moins un capteur de mouvement (AM) solidaire d'un appareil portable (SP), détecter des évènements (P1 – P6) susceptibles de correspondre à des pas d'un utilisateur transportant ledit appareil portable ;

caractérisé en ce qu'il comprend également les étapes suivantes :

10 b) à partir dudit ou d'au moins un dit signal, ou d'au moins un signal issu d'un autre capteur également solidaire dudit appareil portable, identifier des plages temporelles pendant lesquelles ledit appareil est manipulé ; et

15 c) identifier en tant que pas ceux, parmi les évènements détectés, qui ne coïncident pas avec lesdites plages temporelles.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel ladite étape a) comprend les sous-étapes suivantes :

20 a1) acquérir trois signaux ( $a_x, a_y, a_z$ ) représentatifs de trois composantes non coplanaires de ladite accélération auquel est soumis ledit appareil portable ;

25 a2) détecter lesdits évènements (P1 – P6) à partir des trois dits signaux, par détection et seuillage de maxima locaux d'une composante spectrale fondamentale d'une grandeur choisie parmi la norme de l'accélération auquel est soumis ledit appareil portable et la projection de ladite accélération sur un axe vertical.

3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel ladite sous-étape a2) comprend le calcul de ladite norme de l'accélération auquel est 30 soumis ledit appareil portable à partir dudit ou desdits signaux acquis et son filtrage passe-bande (FPB).

4. Procédé selon la revendication 2 dans lequel ladite sous-étape a2) comprend le calcul de ladite projection sur ledit axe vertical de l'accélération auquel est soumis ledit appareil portable à partir dudit ou desdits signaux acquis et son filtrage passe-bande (FPB).

5

5. Procédé selon la revendication 3 ou la revendication 4 dans lequel ledit filtrage passe-bande comporte une bande passante de largeur non supérieure à 1 Hz et ayant une fréquence centrale comprise entre 1 Hz et 2 Hz.

10

6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5 dans lequel ladite sous-étape a2) comporte une dite détection de maxima locaux par comparaison entre trois échantillons successifs d'un signal représentatif de la composante spectrale fondamentale de la norme, ou de la projection sur un axe vertical, de ladite accélération et dans lequel, après la détection d'un maximum local, un autre maximum local ne peut être détecté qu'après que ledit signal soit descendu au-dessous d'un seuil dit inférieur ( $\text{MaxVal} \cdot k$ ).

15

7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6 dans lequel ladite sous-étape a2) comporte un seuillage adaptatif desdits maxima locaux.

20

8. Procédé selon l'une des revendications 2 à 7 dans lequel, lors de ladite étape b), lesdites plages temporelles pendant lesquelles ledit appareil est manipulé sont également détectées à partir des trois dits signaux représentatifs de trois composantes non coplanaires de ladite accélération auquel est soumis ledit appareil portable.

25

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel ladite étape b) comprend les sous-étapes suivantes :

30

b1) déterminer, à une succession d'instants, l'orientation de la direction verticale dans un référentiel solidaire audit appareil portable ;

b2) calculer, pour chaque dit instant, l'angle formé par l'orientation de ladite direction verticale dans ledit référentiel et une orientation de référence ;

5 b3) détecter une manipulation lorsque ledit angle dépasse un premier seuil ; et

b4) suite à la détection d'une dite manipulation, considérer pendant une durée déterminée qu'elle est en cours.

10 10. Procédé selon la revendication 8 dans lequel ladite étape b) comprend également la sous-étape suivante :

b3') détecter une manipulation également lorsque ledit angle dépasse un deuxième seuil, inférieur audit premier seuil, une manipulation étant déjà considérée en cours.

15 11. Procédé selon l'une des revendications 9 ou 10 dans lequel ladite étape b) comprend également la sous-étape suivante :

b5) lorsqu'une manipulation est détectée à un instant dit de détection, prendre en tant que nouvelle orientation de référence l'orientation de ladite direction verticale audit instant de détection.

20 12. Procédé selon l'une des revendications 9 ou 10 dans lequel, lors de ladite étape b), ladite orientation de référence est choisie égale à l'orientation de ladite direction verticale à un instant antérieur, précédent un instant courant d'une durée  $\tau$  comprise entre 0,5 et 5 secondes.

25 13. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel ladite étape c) comporte une opération de resynchronisation entre les événements détectés lors de ladite étape a) et les plages temporelles pendant lesquelles ledit appareil est manipulé, identifiées lors de ladite étape b), ladite  
30 opération de resynchronisation comportant une compensation des différences entre les latences desdites étapes a) et b).

14. Procédé selon la revendication 13 dans lequel ladite étape c) comporte également une opération de prolongement desdites plages temporelles avant l'instant de leur détection.

5 15. Procédé selon l'une des revendications précédentes comportant également une étape d) de mesure d'une fréquence de répétition des pas détectés.

16. Dispositif de détection de pas comportant :

- 10 - au moins un capteur de mouvement (AM), solidaire d'un appareil portable (SP) ; et
- un processeur (PR) relié audit capteur pour recevoir en entrée au moins un signal qui en est issu, ledit processeur étant configuré ou programmé pour mettre en œuvre d'un procédé selon l'une des
- 15 revendications précédentes.

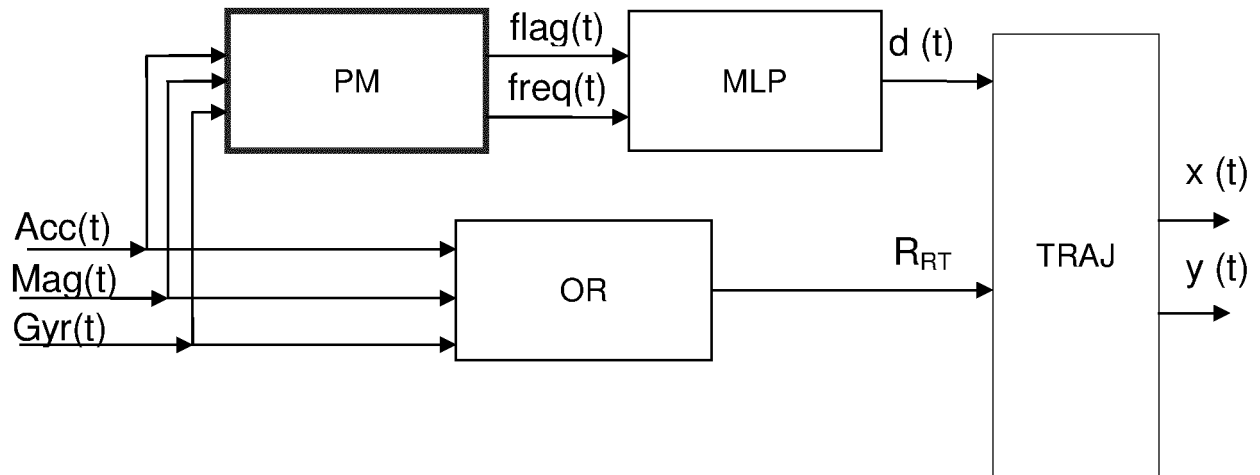
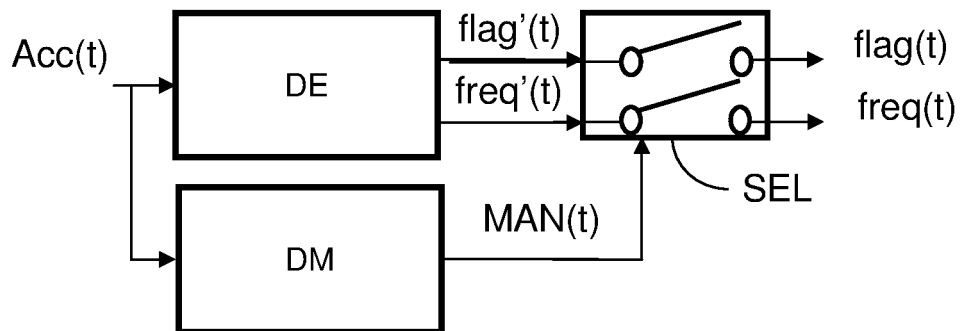
17. Dispositif (PM) selon la revendication 16 dans lequel ledit ou au moins un dit capteur de mouvement (AM) est un accéléromètre à trois axes.

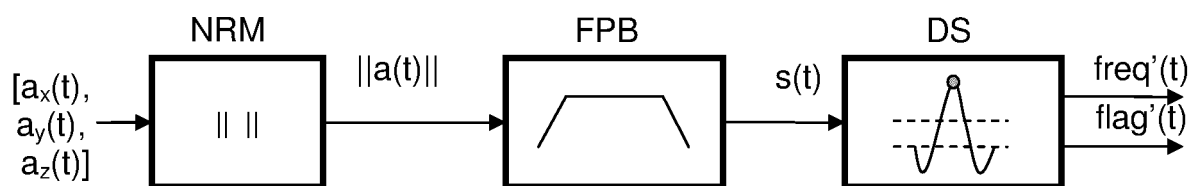
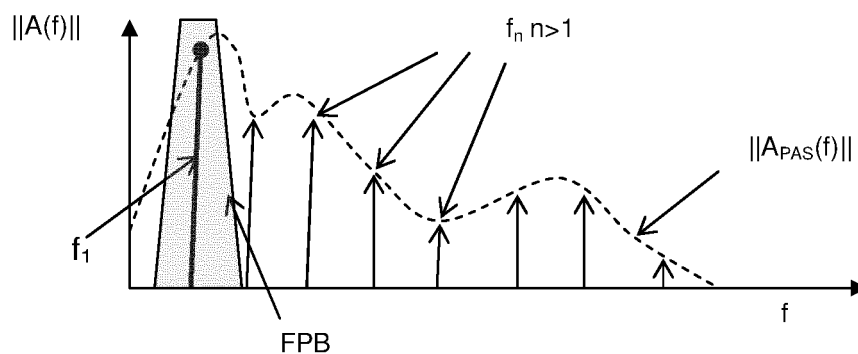
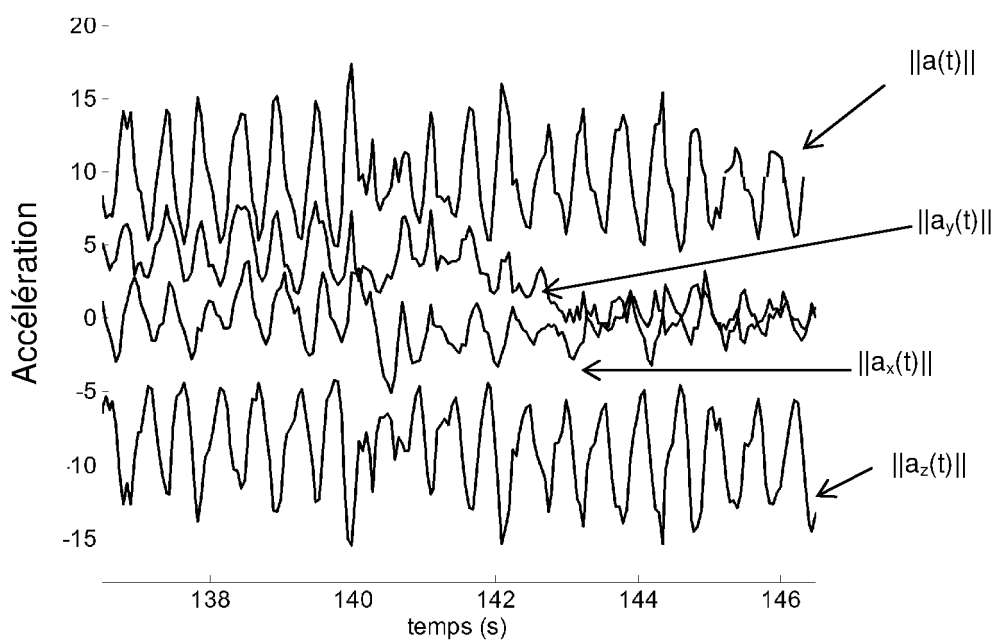
20

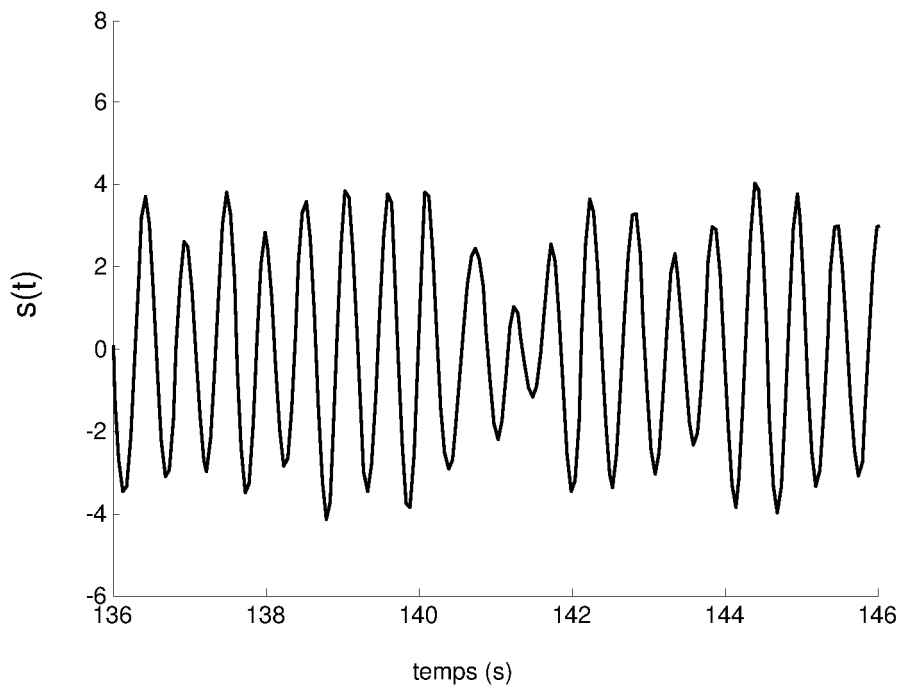
18. Téléphone portable (SP) comprenant un dispositif (PM) selon l'une des revendications 16 et 17.

19. Tablette tactile (SP) comprenant un dispositif (PM) selon

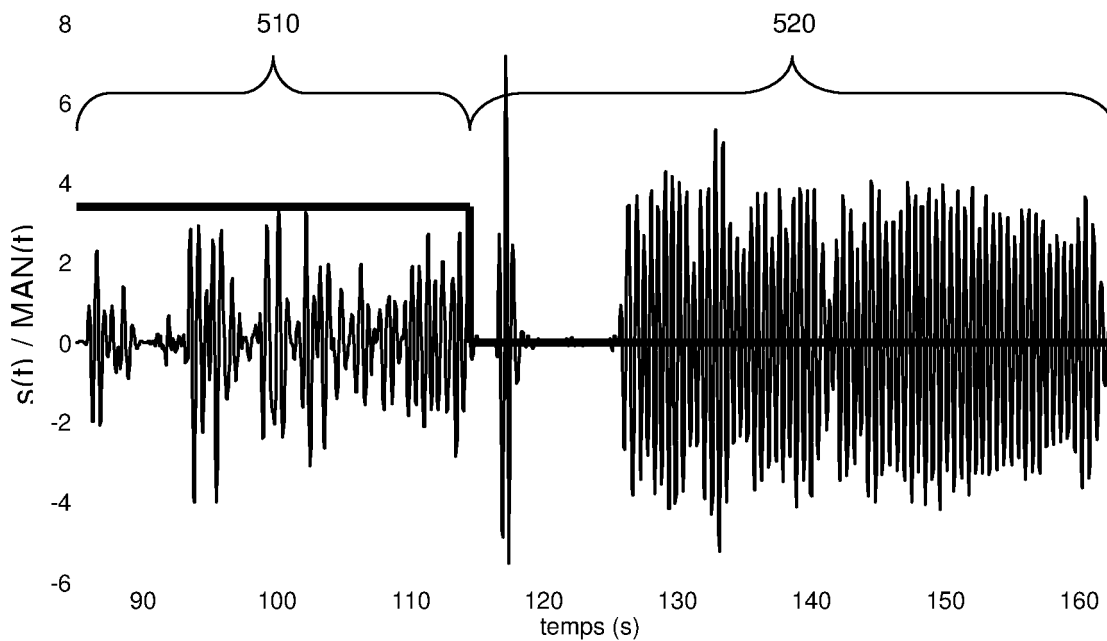
25 l'une des revendications 16 et 17.

**FIG. 1****FIG. 2**

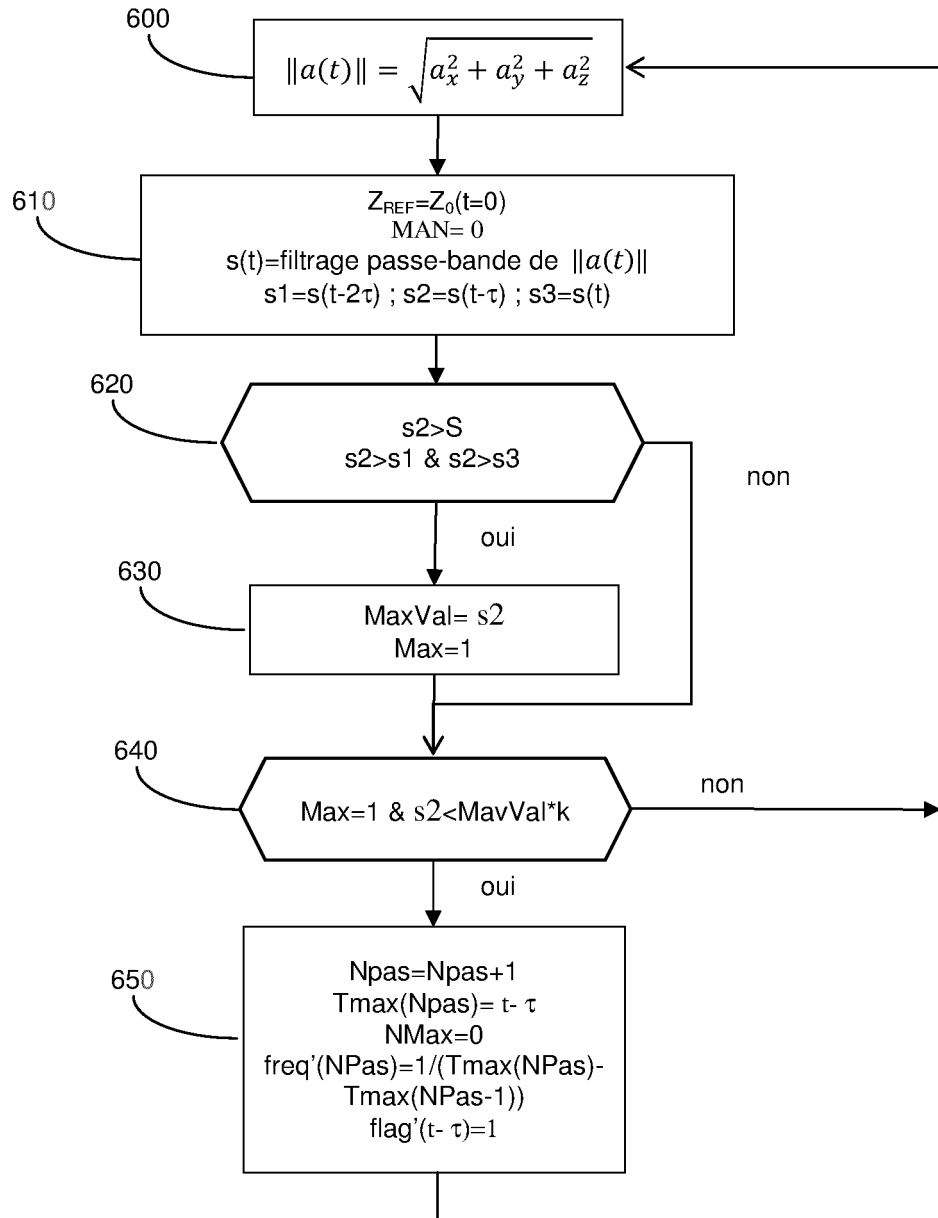
**FIG. 3****FIG. 4****FIG. 5A**



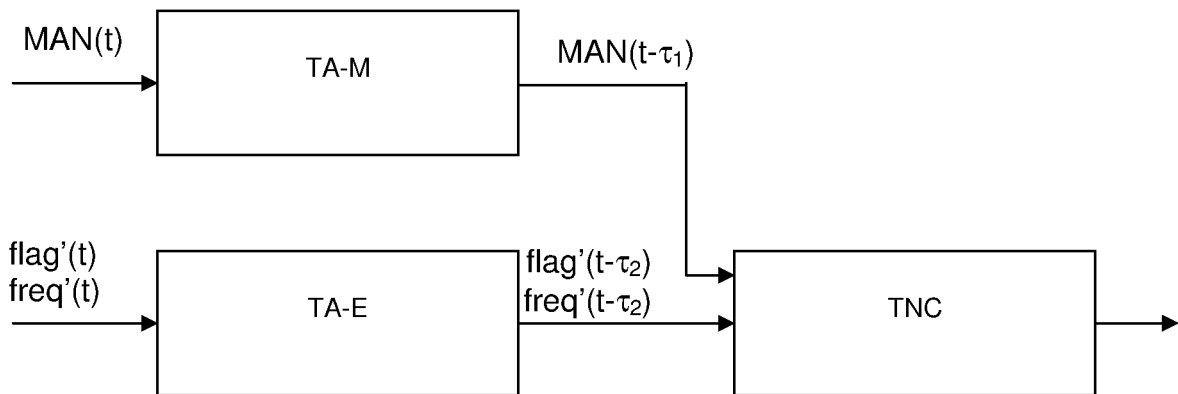
**FIG. 5B**



**FIG. 5C**

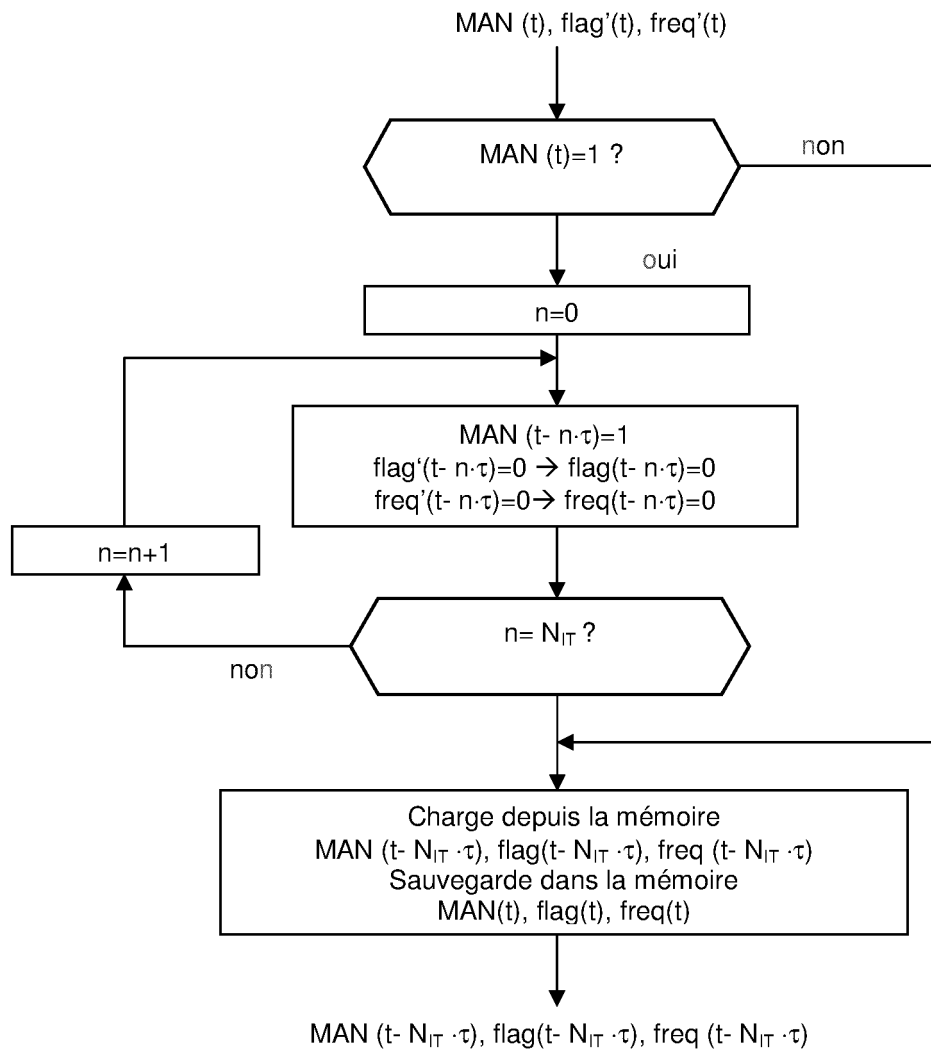


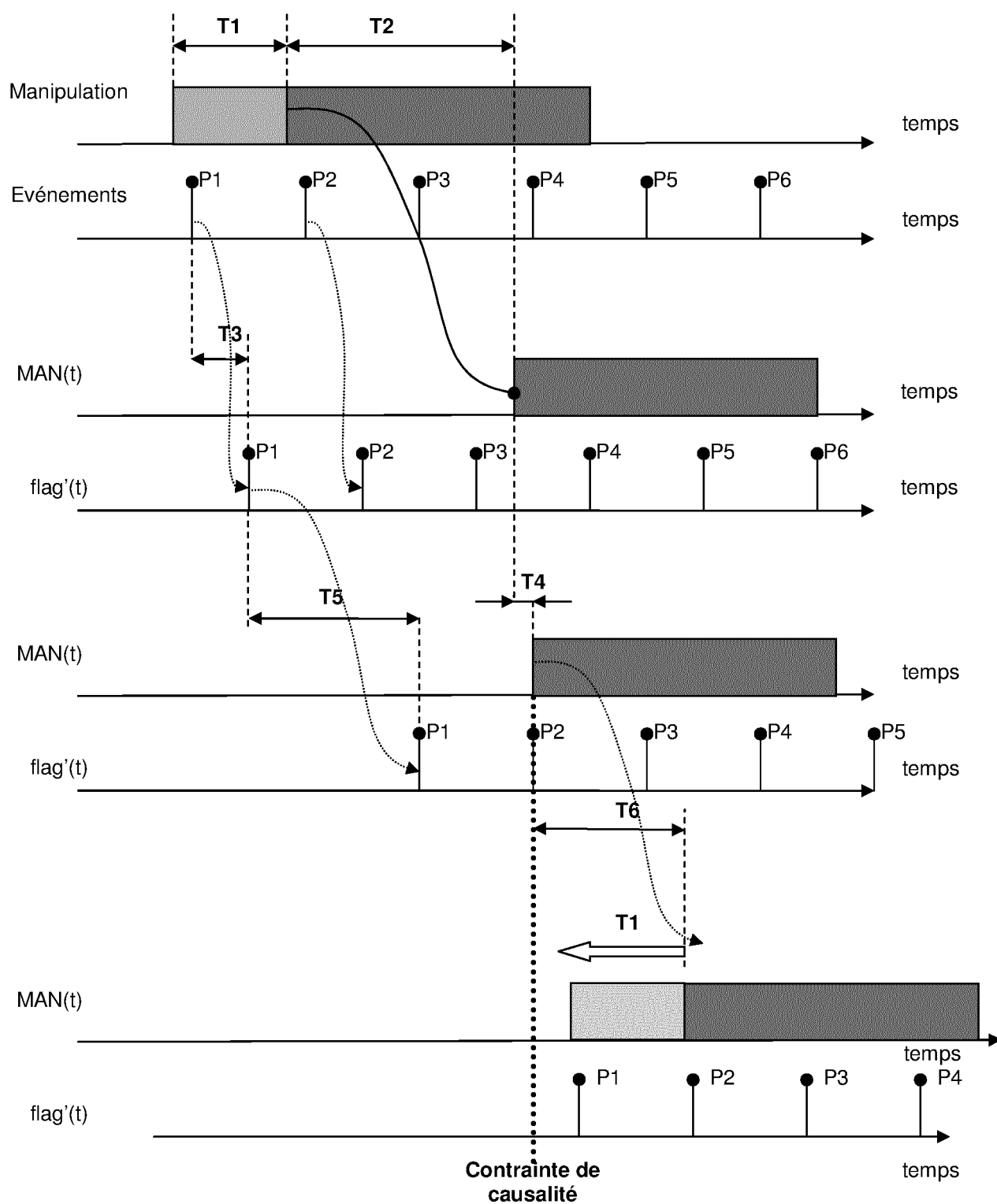
**FIG. 6**



**FIG. 7**

5/9

**FIG. 8**



**FIG. 9**

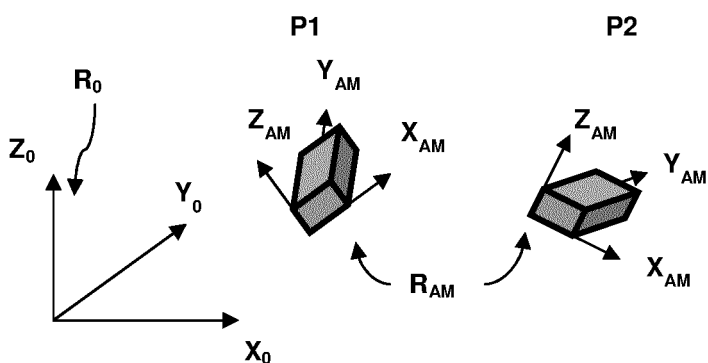


FIG. 10A

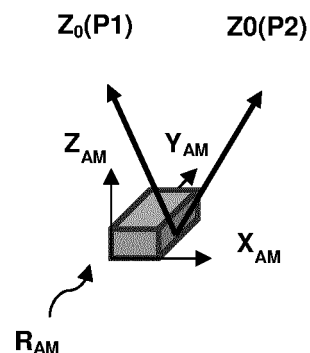


FIG. 10B

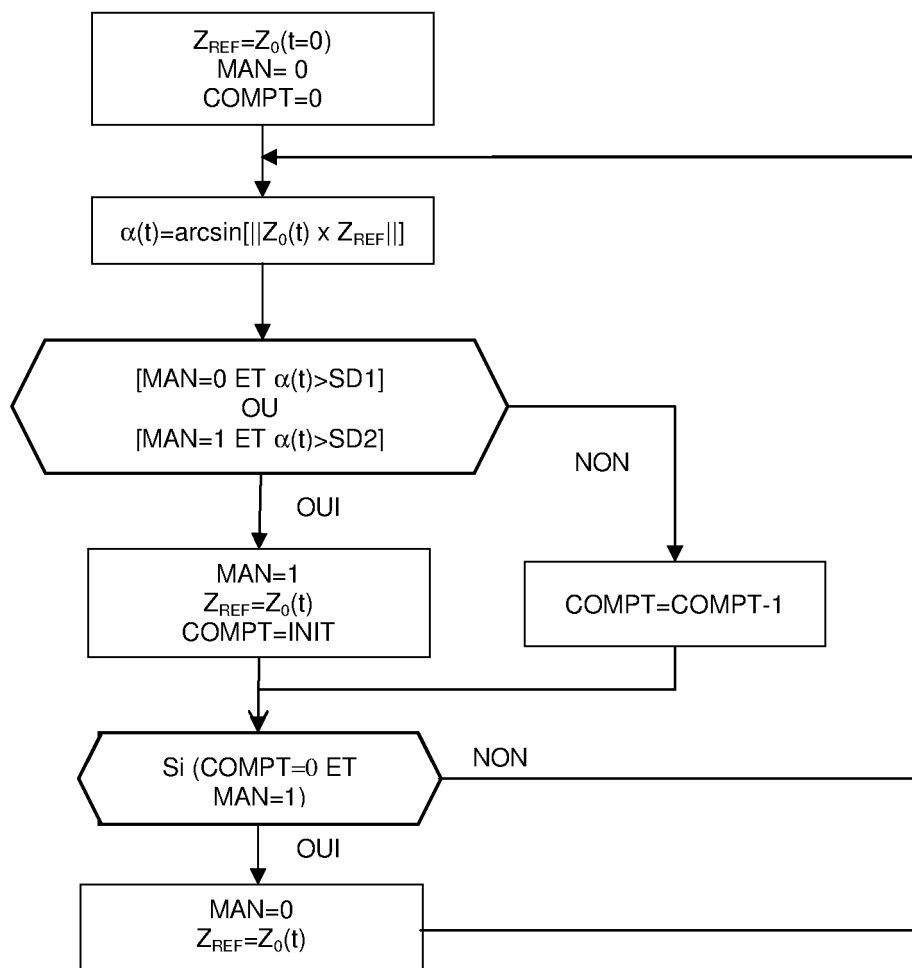
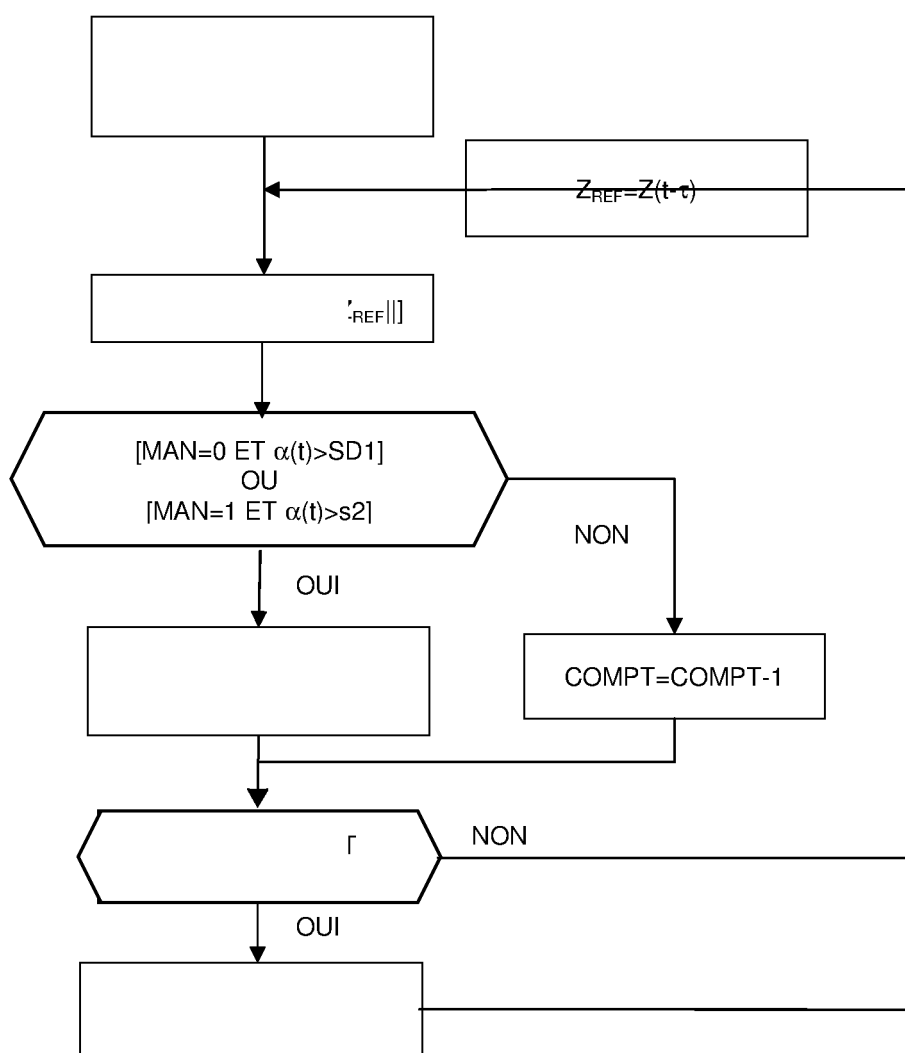
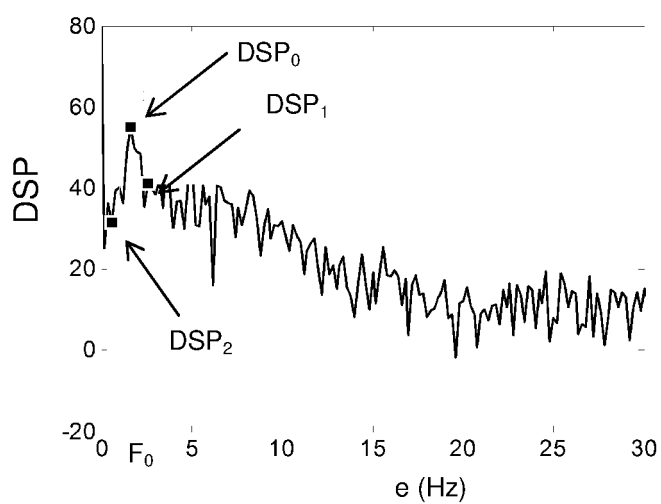
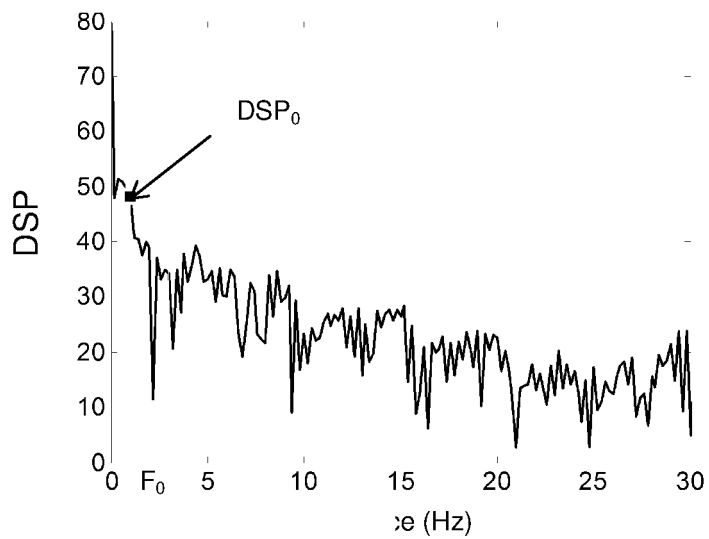
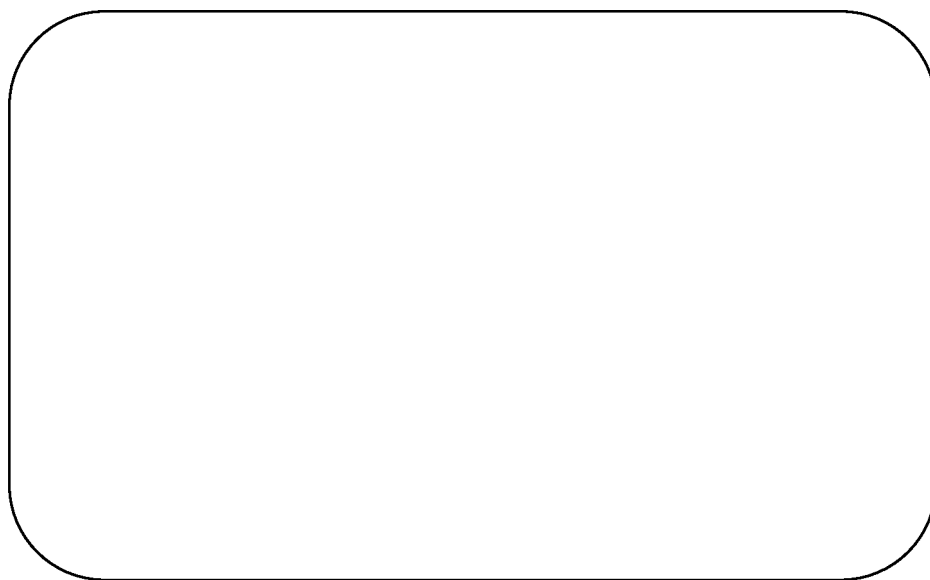


FIG. 11A

**FIG. 11B****FIG. 12A**

**FIG. 12B****FIG. 13**



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 790395  
FR 1363728

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 619 475 A2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 25 janvier 2006 (2006-01-25) * alinéas [0013], [0026] - [0027], [0031] - [0032], [0037], [0059], [0151] - [0153] * * alinéas [0158] - [0161], [0163] - [0164], [0171] - [0174], [0181] * * figures 1,5-6,12-14,35,38-42 * -----	1-5,7,8, 15-19	G01C22/00
A	US 2009/298536 A1 (IKEDA KAZUHIKO [JP] ET AL) 3 décembre 2009 (2009-12-03) * le document en entier * -----	1-19	
A	US 2013/085677 A1 (MODI YASH ROHIT [US] ET AL) 4 avril 2013 (2013-04-04) * le document en entier * -----	1-19	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
27 août 2014		Faivre, Olivier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		.....	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1363728 FA 790395**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **27-08-2014**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1619475	A2	25-01-2006	EP 1619475 A2	25-01-2006
			KR 20060053976 A	22-05-2006
			US 2006020177 A1	26-01-2006
-----				
US 2009298536	A1	03-12-2009	JP 2009296170 A	17-12-2009
			US 2009298536 A1	03-12-2009
-----				
US 2013085677	A1	04-04-2013	AUCUN	
-----				