

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 09.09.10.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 16.03.12 Bulletin 12/11.

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 :

71 Demandeur(s) : SYSNAU — FR.

72 Inventeur(s) : VISSIERE DAVID.

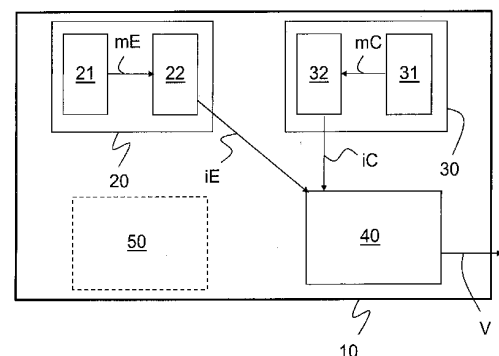
73 Titulaire(s) : SYSNAU.

74 Mandataire(s) : SYSNAU.

54 DISPOSITIF ET PROCEDE D'ESTIMATION D'UNE GRANDEUR CINAMATIQUE D'UN SOLIDE.

57 Dispositif (10) et procédé d'estimation d'une grandeur cinématique d'un solide, le dispositif (10) comprenant:

- un moyen (20) d'estimation d'un champ électrique (E), le moyen (20) comprenant
  - un ensemble (21) de capteurs électriques destinés à être disposés de manière solidaire du solide, l'ensemble de capteurs étant destiné à fournir des mesures (mE) du champ électrique (E), et
  - une unité (22) de traitement destinée à déterminer une information (iE) de champ représentative du champ électrique (E), à partir des mesures (iE) du champ électrique (E),
- une unité (30) inertielle comprenant
  - un ensemble (31) de capteurs inertiels destinés à être disposés de manière solidaire du solide et à fournir des mesures (mC) inertielles du déplacement du solide, et
  - une unité (32) de traitement destinée à déterminer une information (iC) de déplacement représentative du déplacement du solide à partir des mesures (mC) inertielles,
- une unité (40) de calcul destinée à estimer, à partir de l'information (iE) de champ et de l'information (iC) de déplacement, une grandeur cinématique du solide.



La présente invention concerne de manière générale l'estimation de grandeurs cinématiques d'un solide, telle sa vitesse ou sa position. Plus précisément, l'invention concerne un dispositif et un procédé d'estimation d'une grandeur cinématique d'un solide à partir de mesures inertielles et de mesures d'un champ électrique.

### État de la technique connue la plus proche de l'invention.

Le monde de la recherche comme celui de l'industrie s'est intéressé au problème de l'estimation de vitesse et de position d'un solide, comme un piéton ou un drone, à l'intérieur de bâtiments ou dans des zones où le GPS (Global Positioning System) moyen traditionnellement employé présente une précision insuffisante ou une absence d'information de position du fait d'un signal faible ou brouillé.

#### A) Exposés des points caractéristiques des techniques antérieures.

Il existe trois classes de techniques pour résoudre ce problème :

1. Les **techniques inertielles traditionnelles** basées sur l'intégration au travers d'un filtre de Kalman ou d'un autre observateur d'informations en provenance de gyromètres et d'accéléromètres embarqués sur le solide dont on souhaite estimer la position et la vitesse.

*Réf : P. Faure, Navigation inertielle et filtrage stochastique, Dunod, 1971*

2. La méthode dite de « **dead reckoning** » qui est considérée comme la plus adaptée pour répondre au besoin de connaissance des vitesses et position d'un piéton en l'absence de GPS. Notamment pour un piéton, elle a été étudiée et développée par l'industriel Vectronix et a donné lieu à plusieurs travaux de recherche.

- L'estimation de cap provient de la fusion des données d'un magnétomètre et d'un ou de plusieurs gyromètres, les phases de mouvement et d'arrêt sont déterminées en utilisant des accéléromètres.

- L'estimation de vitesse du piéton est obtenue soit par évaluation de la longueur des pas (0.8m) soit par évaluation de la vitesse de marche (0.8m/s).

*Réf : O.Mezentsev, G. Lachapelle, and J. Collin. Pedestrian dead reckoning a solution do navigation in GPS signal degraded areas? GEOMATICA 59(2), 2005*

3. La méthode de navigation magnéto-inertielle utilise les techniques inertielles traditionnelles couplées à des mesures de champ magnétique pour en améliorer la précision.

5 *Réf : demande de brevet de numéro de publication FR 2 914 739 « Système fournissant vitesse et position d'un corps en utilisant les variations du champ magnétique évaluées grâce aux mesure de un ou des magnétomètres et de une ou des centrales inertielle » VISSIERE DAVID JEAN, MARTIN ALAIN et PETIT NICOLAS*

10 B) Lacunes ou inconvénients des techniques antérieures.

Les techniques inertielles traditionnelles nécessitent l'emploi de capteurs **de haute précision** dont le prix, le poids, l'encombrement et la consommation sont très importants.

15 La méthode dite de « dead reckoning » donne des résultats suffisamment précis pour être exploitables, dans le cas d'un piéton, sous réserve que :

-**le champ magnétique ne soit pas très perturbé**. Dans le cas contraire on aura une erreur notable sur le cap estimé et par voie de conséquence sur la position (le cap se déduisant à partir des magnétomètres en estimant que le champ obtenu est le champ terrestre à une matrice de rotation près)

20 -**le piéton se déplace dans la direction de son buste, avec des pas réguliers** (pas de pas sur le coté, pas de rotation du buste en avançant, pas de changement de rythme ni de longueur des pas...)

25 La navigation magnéto-inertielle donne satisfaction lorsque des variations sensibles du champ magnétique sont mesurées, ce qui n'est pas le cas partout.

Un but de l'invention est de surmonter les difficultés que présentent les solutions de l'art antérieur.

30

A cet effet, l'invention propose selon un premier aspect un dispositif d'estimation d'une grandeur cinématique d'un solide, le dispositif comprenant :

- un moyen d'estimation d'un champ électrique, le moyen comprenant

- un ensemble de capteurs électriques destinés à être disposés de manière solidaire du solide, l'ensemble de capteurs étant destiné à fournir des
- 35 mesures du champ électrique, et

- une unité de traitement destinée à déterminer une information de champ représentative du champ électrique, à partir des mesures du champ électrique,
- une unité inertielle comprenant
  - 5 • un ensemble de capteurs inertiels destinés à être disposés de manière solidaire du solide et à fournir des mesures inertielles du déplacement du solide, et
  - une unité de traitement destinée à déterminer une information de déplacement représentative du déplacement du solide à partir des mesures
    - 10 inertielles,
- une unité de calcul destinée à estimer, à partir de l'information de champ et de l'information déplacement, une grandeur cinématique du solide.

Avantageusement mais facultativement, le dispositif selon le premier aspect de l'invention présente l'une ou une combinaison quelconque des caractéristiques suivantes :

- l'information de champ comporte un vecteur représentatif d'une amplitude du champ électrique,
- l'information de champ comprend une matrice représentative des dérivées
  - 20 partielles d'une amplitude du champ électrique,
- l'ensemble de capteurs électriques comprend plusieurs capteurs électriques disposés autour du solide dans une position centrée, et
- le dispositif comprend en outre une source de champ électrique.

L'invention propose aussi, selon un deuxième aspect, un procédé d'estimation d'une grandeur cinématique d'un solide, le procédé comprenant :

- une étape d'estimation d'un champ électrique, laquelle étape comprend :
  - une sous-étape de détermination de mesures du champ électrique, et
  - une sous-étape de détermination d'une information de champ représentative
    - 30 du champ électrique à partir des mesures du champ électrique,
- une étape d'estimation de déplacement du solide, laquelle étape comprend :
  - une sous-étape de détermination de mesures inertielles du déplacement du solide, et
  - une sous-étape de détermination d'une information de déplacement
    - 35 représentative du déplacement du solide à partir des mesures inertielles,

- une étape d'estimation, à partir de l'information de champ et de l'information de déplacement, d'une grandeur cinématique du solide.

Avantageusement mais facultativement, le procédé selon le deuxième aspect de l'invention présente l'une ou une combinaison quelconque des caractéristiques suivantes :

- 5 - l'information de champ comporte un vecteur représentatif d'une amplitude du champ magnétique,
- l'information de champ comprend une matrice représentative des dérivées partielles d'une amplitude du champ électrique,
- 10 - les coefficients de la matrice représentative des dérivées partielles d'une amplitude du champ électrique sont déterminés par différences finies des mesures électriques, et
- le procédé comprend en outre une étape de génération d'un champ électrique.

15 L'invention présente de nombreux avantages :

- l'utilisation des capteurs électriques permet d'augmenter de manière significative la pertinence des grandeurs cinématiques estimées.
- grâce à la précision apportée par les capteurs électriques, il est possible d'avoir de bonnes performances en utilisant des capteurs inertiels de qualité  
20 réduite, ce qui permet de diminuer significativement les coûts de fabrication, et de réduire drastiquement l'encombrement du système et sa consommation, les capteurs de qualité réduite étant généralement moins imposants et peu gourmands en énergie.
- par rapport aux techniques utilisant des magnétomètres, l'invention n'est pas  
25 tributaire des perturbations de champ magnétique environnant le solide, ni même de la présence d'un champ magnétique, seulement d'un champ électrique. L'invention repose ainsi sur l'idée ingénieuse qu'un champ électrique est présent partout où existe un réseau électrique, ce qui est le cas dans tous les environnements urbains.
- 30 - l'invention est par ailleurs adaptée à diverses natures de solides. Ainsi, on entendra dans la suite par solide un être vivant comme un piéton, un robot, un véhicule, ou tout autre élément susceptible de se déplacer et dont on cherche à connaître une grandeur cinématique.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, au regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

- 5 - la figure 1 représente, de façon schématique, un dispositif d'estimation d'une grandeur cinématique d'un solide selon une réalisation possible du premier aspect de l'invention,
- la figure 2 représente, sous la forme d'un schéma bloc, un procédé d'estimation d'une grandeur cinématique d'un solide selon une réalisation possible du deuxième aspect de l'invention, et
- 10 - la figure 3 représente, sous la forme d'un graphique, des résultats obtenus par utilisation d'une réalisation possible du premier aspect de l'invention.

En référence à la figure 1, un dispositif 10 d'estimation d'une grandeur cinématique d'un solide selon le premier aspect de l'invention comprend un moyen 20  
15 d'estimation d'un champ électrique E, une unité 30 inertielle et une unité 40 de calcul.

Le moyen 20 d'estimation de champ électrique E comprend un ensemble 21 de capteurs électriques destinés à être disposés de manière solidaire du solide et à fournir des mesures mE du champ électrique E, à une unité 22 de traitement du  
20 moyen 20. On entend par capteur électrique, un capteur de champ électrique.

L'unité 22 de traitement est destinée à déterminer une information iE de champ représentative du champ électrique E, à partir des mesures mE du champ électrique E fournies par l'ensemble 21 de capteurs électriques.

A titre d'exemple non limitatif, les capteurs électriques peuvent être des  
25 électromètres mono-axe, bi-axe tri-axe, ou multi-axe, et les mesures mE représentent les composantes du champ électrique (mesuré en Volt/m) sur un, deux, trois ou un nombre supérieur d'axes de l'espace.

L'unité 22 de traitement peut être un processeur, un microprocesseur ou tout autre moyen adapté connu de l'homme de l'art.

30 L'unité 30 inertielle comprend un ensemble 31 de capteurs inertiels destinés à être disposés de manière solidaire du solide et à fournir des mesures mC inertielles du

déplacement du solide, et une unité 32 de traitement destinée à déterminer une information iC de déplacement représentative du déplacement du solide à partir des mesures mC inertielles.

- 5 A titre d'exemple non limitatif, les capteurs inertiels peuvent être des accéléromètres, des gyroscopes ou des gyromètres mono-axe, bi-axe ou tri-axe, ou tout autre capteur inertiel adapté connu de l'homme de l'art. Les mesures mC inertielles peuvent représenter par exemple des mesures de l'accélération, de l'inclinaison ou de la vitesse angulaire du solide suivant un, deux ou trois axes de l'espace.
- 10 L'information iC peut contenir une vitesse, une position, une inclinaison ou encore une vitesse de rotation du solide suivant un, deux ou trois axes de l'espaces. Elles peuvent être obtenues à partir des mesures mC inertielles par une méthode d'intégration numérique, comme une méthode des différences finies ou toute autre méthode adaptée connue de l'homme de l'art.
- 15 L'unité 32 de traitement peut être un processeur, un microprocesseur ou tout autre moyen adapté pour déterminer l'information iC inertielle à partir des mesures mC inertielles.

- 20 Par « de manière solidaire du solide », on entend qu'un mouvement du solide entraîne un mouvement des capteurs électriques, et des capteurs inertiels de sorte à pouvoir lier les variations des mesures mE du champ électrique E et des mesures mC inertielles au déplacement du solide.

- 25 De manière non limitative, les capteurs inertiels 21 comme électriques 32 peuvent être fixés à même le solide, ou bien sur un support (non représenté) solidaire du solide, ou bien encore être liés de manière mobile au solide. Une solution hybride peut encore être adoptée.

L'unité 40 de calcul est destinée à estimer une grandeur cinématique du solide.

On entend par grandeur cinématique du solide une grandeur représentative du positionnement du solide dans l'espace. Il peut s'agir de la vitesse V du solide de l'espace, sa position, son accélération, son inclinaison, sa vitesse angulaire ou

encore une combinaison quelconque de ces exemples. Ces grandeurs peuvent être estimées selon un ou plusieurs axes de l'espace.

Avantageusement, mais non limitativement, l'information  $iE$  de champ contient un vecteur  $A$  représentatif de l'amplitude du champ électrique  $E$ . Ce vecteur peut  
5 comporter une, deux, trois ou un nombre quelconque de coordonnées, de sorte à représenter l'amplitude du champ électrique  $E$  selon une, deux, trois ou un nombre quelconque de directions de l'espace.

Dans la majorité des réseaux urbains, le champ électrique est pulsé. On peut alors l'écrire sous la forme :

$$10 \quad E(x, t) = A(x) \cos(\omega t + \phi)$$

où  $x$  représente la position spatiale - en une, deux ou trois dimensions - où l'on considère le champ,  $t$  représente le temps,  $A$  est l'amplitude du champ  $E$ ,  $\omega$  sa pulsation et  $\phi$  sa phase. Ainsi, l'amplitude  $A$  ne dépend que de la position spatiale  $x$ , et on va s'intéresser plus particulièrement à cette amplitude  $A$ .

15 Avantageusement, l'unité 22 de traitement du moyen 20 d'estimation d'un champ électrique  $E$  est en outre destinée, à estimer l'amplitude  $A$  du champ électrique  $E$  à partir des mesures électriques  $mE$ . Cette estimation peut être faite par moyenne temporelle, ou par toute autre méthode adaptée connue de l'homme de l'art.

Avantageusement encore, l'unité 22 de traitement peut être destinée à estimer la  
20 pulsation  $\omega$  du champ électrique  $E$  (en général la fréquence est de 50 Hz sur le réseau urbain d'alimentation électrique français) par exemple au moyen d'une analyse de spectre type analyse de Fourier, ou de toute autre méthode adaptée connue de l'homme de l'art. Cette estimation de pulsation peut servir à l'estimation de l'amplitude, par exemple par moyenne temporelle.

25 Préférentiellement, mais non limitativement, on utilise comme modèle d'évolution de l'amplitude  $A$  l'équation suivante :

$$\frac{dA}{dt} = -\Omega \wedge A + R \cdot \nabla(A) \cdot R^T V$$

où  $R$  est une matrice de passage d'un repère terrestre vers un repère lié au solide,  $\Omega$  un vecteur vitesse instantané de rotation du solide dans le repère terrestre,  $\nabla(A)$  est la matrice des dérivées partielles de  $A$  dans le repère terrestre, et  $V$  représente un vecteur vitesse du solide dans le repère lié au solide.

- 5  $\nabla(A)$  est aussi appelée matrice jacobienne de  $A$  ou encore matrice des gradients de  $A$  dans le repère terrestre.

Dans la suite on notera  $Q$  la matrice  $R \cdot \nabla(A) \cdot R^T$ . Cette matrice  $Q$  exprime les coefficients de  $\nabla(A)$  dans le repère lié au solide. Selon différentes réalisations avantageuses du premier aspect de l'invention, l'unité 22 de traitement du moyen 20 d'estimation du champ électrique est destinée à déterminer  $\nabla(A)$  ou bien directement  $Q$ . On dira que l'information (iE) de champ comprend une matrice représentative des dérivées partielles spatiales de  $A$ , qu'il s'agisse de  $\nabla(A)$  ou de  $Q$ .

15 Par ailleurs, cette estimation de vitesse  $V$  peut servir à estimer la position  $x$  du solide dans l'espace, servant par exemple de donnée externe pour recalibrer des erreurs d'intégrations inertielles.

Ces équations sont préférentiellement intégrées par l'unité 40 de calcul au moyen de diverses méthodes d'intégration numérique comme par exemple, à titre non limitatif :

- 20
- des méthodes aux différences finies, aux volumes finis, aux éléments finis,
  - un filtre de Kalman,
  - un algorithme de minimisation aux moindres carrés,

ou toute combinaison de telles méthodes, ou encore toute autre méthode adaptée connue de l'homme de l'art.

25

La demanderesse a constaté que les vitesse et position du solide estimées par cette méthode sont plus proches de la réalité du solide que celle obtenue en intégrant les données inertielles provenant d'accéléromètres.

30 En particulier, l'estimation de position est, dans le pire des cas, proportionnelle au temps, contrairement aux techniques inertielles classiques où elle est quadratique en temps.

Avantageusement, mais non limitativement, l'ensemble 21 de capteurs électriques peut comprendre plusieurs électromètres disposés autour du solide dans une position centrée.

On entend par position centrée que la position de chaque électromètre et l'orientation de son ou ses axes de mesures sont symétriques par rapport au solide, connues et stockées dans l'unité 22 de traitement.

Avantageusement, mais non limitativement, les coefficients de la matrice Q sont alors estimés par différences finies des mesures des différents électromètres, par exemple par différence finie unilatérale au premier ordre ou à un ordre quelconque du développement de Taylor.

On va maintenant décrire, en regard de la figure 2, un procédé d'estimation d'une grandeur cinématique d'un solide selon le deuxième aspect de l'invention.

Le procédé selon le deuxième aspect de l'invention est avantageusement, mais non limitativement, implémenté par un dispositif 10 selon le premier aspect de l'invention, et comprend une étape S10 d'estimation d'un champ électrique E, une étape S20 d'estimation de déplacement du solide, et une étape S30 d'estimation d'une grandeur cinématique du solide.

L'étape S10 d'estimation d'un champ électrique E est avantageusement réalisée par le moyen 20 d'estimation d'un champ électrique E et comprend :

- une sous-étape S11 de détermination de mesures  $mE$  du champ électrique E, avantageusement réalisée par l'ensemble 21 de capteurs électriques, et
- une sous-étape S12 de détermination d'une information  $iE$  de champ représentative du champ électrique E à partir des mesures  $mE$  du champ électrique E, avantageusement réalisée par l'unité 22 de traitement du moyen 20.

L'étape S20 d'estimation de déplacement du solide est avantageusement réalisée par l'unité 30 inertielle et comprend :

- une sous-étape S21 de détermination de mesures  $mC$  inertielles du déplacement du solide, avantageusement réalisée par l'ensemble 31 de capteurs inertiels, et

- une sous-étape S22 de détermination d'une information iC de déplacement représentative du déplacement du solide à partir des mesures mC inertielles, avantageusement réalisée par l'unité 32 de traitement de l'unité 30 inertielle.

5 La grandeur cinématique du solide est réalisée à partir de l'information iE de champ et de l'information iC de déplacement.

10 L'invention permet d'obtenir précisément la position d'un solide dans un lieu où le champ électrique pulsé est mesuré grâce à l'estimation de sa vitesse. Précisément, elle implémente, en complément des équations déjà utilisées en techniques inertielles classiques, une équation modélisant l'évolution de l'amplitude A du champ électrique E, l'amplitude A et la matrice Q étant elle-même estimée à partir des mesures mE de champ électrique E.

15 La présente invention exploite ainsi astucieusement un champ physique jusque là non utilisé dans les méthodes de l'art antérieur : le champ électrique. Ce champ est plus faible, mesurable seulement à des distances plus faibles de sa source, et est généralement pulsé car généré par des courant alternatifs (par opposition au champ magnétique terrestre).

#### **Variantes éventuelles.**

La précision des résultats obtenus par le dispositif selon le premier aspect de l'invention peut être accrue en utilisant une source 50 de champ électrique.

20 Cette source 50 peut être disposée en des endroits connus ou inconnus, préférentiellement suffisamment proches des capteurs électriques pour que les signaux émis soient mesurés avec une bonne précision. Ainsi, on s'affranchit même de la nécessité de présence d'un réseau électrique urbain.

25 La source 50 de champ peut comprendre, par exemple, des ampoules au néon alimentée en 50 Hz, ou tout autre source de champ électrique adaptée connue de l'homme de l'art.

L'usage complémentaire d'autres capteurs, dans le but d'augmenter la performance des résultats, comme des capteurs de pression, radar Doppler, dispositif de

géolocalisation de type GPS, odomètre, ou tout autre capteur adapté connu de l'homme de l'art, entre également dans le cadre de cette invention.

On va maintenant décrire, à titre d'exemple illustratif et non limitatif, une réalisation possible du dispositif selon le premier aspect de l'invention.

5 Dans cet exemple, le solide est l'ensemble 21 de capteurs électriques comprend 3 électromètres disposés sur les sommets d'un trièdre direct. Les capteurs inertiels, sous la forme d'une centrale inertielle, sont placés à l'origine du trièdre. Les données issues de ces capteurs inertiels sont transmises à une carte électronique d'acquisition et de calcul de l'unité 40 de calcul, carte qui délivre une information de  
10 position et de vitesse via une liaison filaire et une liaison sans fil à un utilisateur.

Après avoir identifiée la fréquence de pulsation du champ électrique au moyen d'une analyse de Fourier du spectre sur les mesures électriques, l'unité 22 de traitement du moyen 20 produit une estimation de l'amplitude  $A$  par une moyenne sur une période. Les équations inertielles et le modèle d'amplitude sont ensuite  
15 intégrés à l'aide d'un filtre de Kalman par la carte d'acquisition et de calcul, de sorte à délivrer une estimation de la vitesse et du déplacement du solide.

Cet exemple a été réalisé et testé par la Demanderesse. Le solide a effectué un déplacement linéaire de 30 cm à vitesse constante, à une distance de quelques dizaine de centimètres d'un câble électrique parcouru par une tension alternative à  
20 50 Hz, selon un axe à vitesse constante.

La figure 2 propose un graphique représentant la position  $x$  – en mètres, selon une dimension – du solide en fonction du temps  $t$ , en secondes. La courbe A représente la position réelle du solide en fonction du temps, alors que la courbe représente sa position estimée par la carte d'acquisition et de calcul.

25 Le déplacement estimé est de 27 cm, pour un déplacement réel de 30 cm. L'estimation est donc fiable à 90% sur cet exemple.

## REVENDEICATIONS

1. Dispositif (10) d'estimation d'une grandeur cinématique d'un solide, le dispositif (10) étant caractérisé en ce qu'il comprend :
- 5 - un moyen (20) d'estimation d'un champ électrique (E), le moyen (20) comprenant
- un ensemble (21) de capteurs électriques destinés à être disposés de manière solidaire du solide, l'ensemble de capteurs étant destiné à fournir des mesures (mE) du champ électrique (E), et
  - une unité (22) de traitement destinée à déterminer une information (iE) de champ représentative du champ électrique (E), à partir des mesures (mE) du champ électrique (E),
- 10 - une unité (30) inertielle comprenant
- un ensemble (31) de capteurs inertiels destinés à être disposés de manière solidaire du solide et à fournir des mesures (mC) inertielles du déplacement du solide, et
  - une unité (32) de traitement destinée à déterminer une information (iC) de déplacement représentative du déplacement du solide à partir des mesures (mC) inertielles,
- 15 - une unité (40) de calcul destinée à estimer, à partir de l'information (iE) de champ et de l'information (iC) de déplacement, une grandeur cinématique du solide.
- 20
2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel l'information (iE) de champ comporte un vecteur (A) représentatif d'une amplitude du champ électrique (E).
- 25
3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel l'information (iE) de champ comprend une matrice ( $\nabla(A); Q$ ) représentative des dérivées partielles d'une amplitude (A) du champ électrique (E).
4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel l'ensemble (21) de capteurs électriques comprend plusieurs capteurs électriques disposés autour du solide dans une position centrée.
- 30
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, le dispositif comprenant en outre une source (50) de champ électrique.
- 35

6. Procédé d'estimation d'une grandeur cinématique d'un solide, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend :
- une étape (S10) d'estimation d'un champ électrique (E), laquelle étape comprend :
    - une sous-étape (S11) de détermination de mesures (mE) du champ électrique (E), et
    - une sous-étape (S12) de détermination d'une information (iE) de champ représentative du champ électrique (E) à partir des mesures (mE) du champ électrique,
  - une étape (S20) d'estimation de déplacement du solide, laquelle étape comprend :
    - une sous-étape (S21) de détermination de mesures (mC) inertielles du déplacement du solide, et
    - une sous-étape (S22) de détermination d'une information (iC) de déplacement représentative du déplacement du solide à partir des mesures (mC) inertielles,
  - une étape (S30) d'estimation, à partir de l'information (iE) de champ et de l'information (iC) de déplacement, d'une grandeur cinématique du solide.
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel l'information (iE) de champ comporte un vecteur (A) représentatif d'une amplitude du champ magnétique (E).
8. Procédé selon l'une des revendications 6 et 7, dans lequel l'information (iE) de champ comprend une matrice ( $\nabla(A); Q$ ) représentative des dérivées partielles d'une amplitude (A) du champ électrique (E).
9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel les coefficients de la matrice ( $\nabla(A); Q$ ) représentative des dérivées partielles d'une amplitude (A) du champ électrique (E) sont déterminés par différences finies des mesures (mE) électriques.
10. Procédé selon l'une des revendications 5 à 9, comprenant en outre une étape (S0) de génération d'un champ électrique (E).

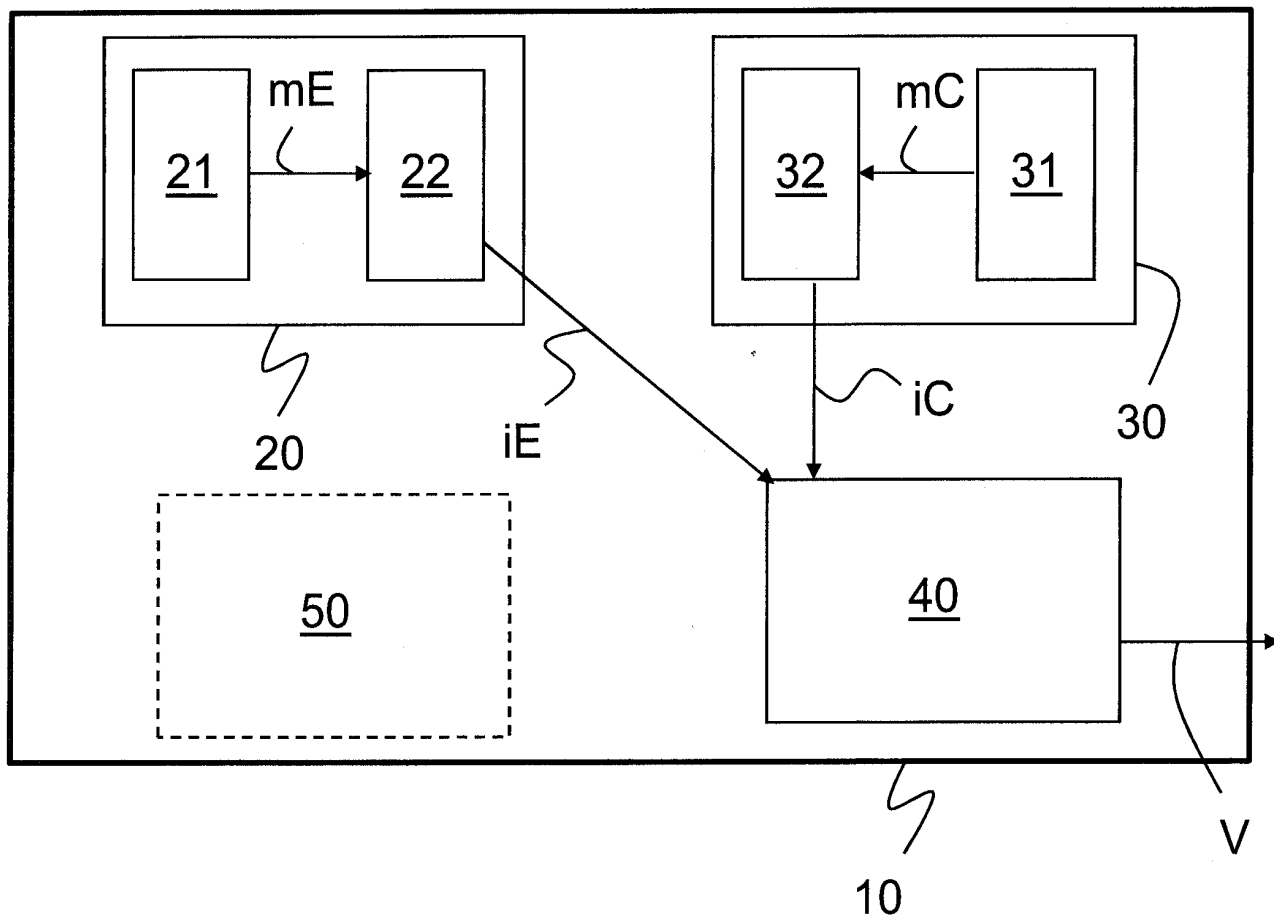


Fig. 1

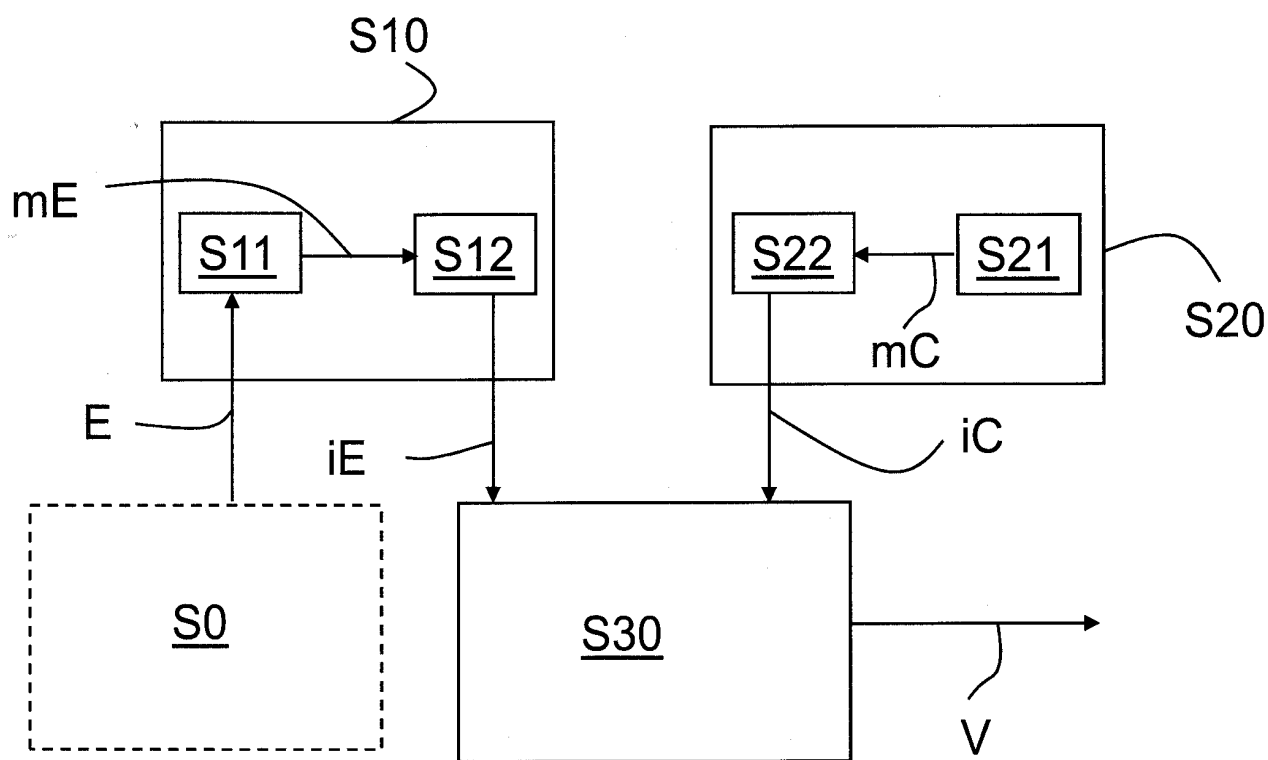


Fig. 2

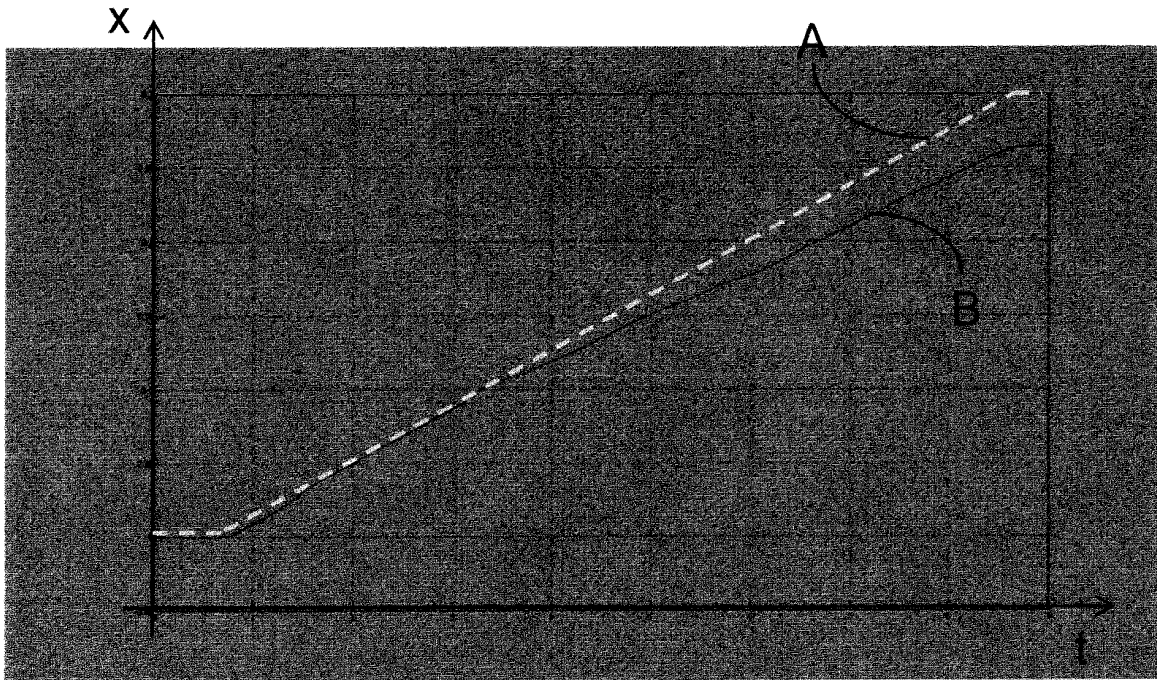


Fig. 3



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 741038  
FR 1003598

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	DE 198 30 359 A1 (ZWOSTA HELGE [DE]) 20 janvier 2000 (2000-01-20) * page 2, ligne 3 - ligne 10 * * page 3, ligne 1 - ligne 17 * * page 8, ligne 11 - page 9, ligne 16 * * figures 1-5 *	1-10	G01C22/00 G01C23/00 G01P3/00
X	WO 2007/085683 A1 (TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPIST [FI]; KETTUNEN LAURI [FI]; NIEMINEN TUU) 2 août 2007 (2007-08-02) * page 1, ligne 10 - ligne 25 * * page 3, ligne 1 - ligne 35 * * page 7, ligne 9 - ligne 17 * * page 9, ligne 1 - ligne 29 * * figures 1-5 *	1,5,6,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)  G01C G05D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 avril 2011		Yosri, Samir	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1003598 FA 741038**

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 **29-04-2011**

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
DE 19830359	A1	20-01-2000	AUCUN	
-----				
WO 2007085683	A1	02-08-2007	AUCUN	
-----				