

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 30.08.91.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 05.03.93 Bulletin 93/09.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : *Société dite: SOCIETE D'ETUDES
ET DE REALISATIONS ELECTRONIQUES — FR.*

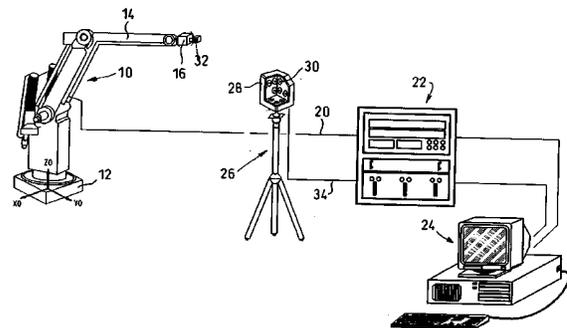
72 Inventeur(s) : Michelin Jean-Luc.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : Cabinet Bamay.

54 Procédé de détermination de la situation de l'organe terminal d'un robot et agencement pour la mise en œuvre du procédé.

57 L'invention propose un procédé de détermination de la situation de l'organe terminal d'un mécanisme articulé (10) qui décrit une trajectoire par rapport à un trièdre de référence (RF), tel que notamment l'organe terminal d'un robot, caractérisé en ce qu'il consiste à équiper le mécanisme articulé d'un système (16) de capteurs inertiels agencés à proximité ou à la place de l'organe terminal et qui fournissent les accélérations linéaires et les vitesses angulaires de l'organe terminal dans un trièdre inertielle (Re) lié à l'organe terminal et à déterminer par calcul à partir de ces paramètres inertiels (RI), les paramètres de situation de l'organe terminal par rapport au trièdre de référence et/ou les dérivées première et seconde de ces paramètres de situation, la détermination des paramètres de situation étant effectuée par intégration numérique non linéaire à partir des paramètres inertiels fournis par le cœur d'une centrale inertielle liée.



La présente invention concerne un procédé et un agencement pour la détermination de la situation de l'organe terminal d'un mécanisme articulé qui décrit une trajectoire par rapport à un trièdre de référence.

5 L'invention concerne plus particulièrement la situation de l'organe terminal d'un robot industriel mais trouve à s'appliquer à tout mécanisme articulé, quel que soit le nombre d'axes et de degrés de liberté du mécanisme.

Un robot industriel a pour fonction principale de
10 déplacer dans l'espace un organe terminal selon une trajectoire déterminée et/ou de positionner cet organe terminal avec précision dans l'espace de travail dans lequel évolue le robot.

Dans les conceptions les plus couramment mises en
15 oeuvre, l'organe terminal d'un robot à n axes est fixé au robot par une interface mécanique au niveau de laquelle sont évaluées les performances de positionnement du robot.

Les performances s'analysent en fonction de plusieurs critères :

20 a/ linéaires/angulaires.

Si l'on considère un trièdre de repérage Re lié à l'organe terminal du robot et un trièdre de référence RF par rapport auquel on évalue les performances, on appelle
situation de l'organe terminal du robot l'ensemble constitué
25 par la position X, Y et Z de l'origine de Re dans RF et par l'orientation α, β, γ du trièdre Re par rapport au trièdre RF .

b) statiques/dynamiques.

Les performances statiques caractérisent la
30 précision de pose linéaire et angulaire du robot. Elles dépendent pour une grande part de la précision des paramètres du modèle géométrique du robot et ne font pas intervenir les performances dynamiques (vitesses, accélérations, bande passante, inerties...).

35 Les performances dynamiques caractérisent la précision dynamique du robot lors d'un suivi de trajectoire (linéaire et/ou angulaire). Elles dépendent de la dynamique de consigne fixée par le générateur de trajectoire (vitesse, accélération), des performances des asservissements

(stabilité, rapidité, robustesse...), et d'une manière plus générale de la bonne connaissance des modèles du robot, en particulier de la précision des paramètres dynamiques.

5 c) absolues/aléatoires

Les précisions de situation absolues ou exactitudes sont en fait relatives au trièdre de référence RF du robot ou de l'espace de travail.

10 L'exactitude de situation correspond à l'erreur moyenne entre le positionnement commandé (linéaire ou angulaire) et le positionnement réalisé.

Le résidu d'erreur de situation autour de l'erreur d'exactitude est aléatoire, dépend de la trajectoire, de la dynamique, plus généralement de l'historique des mouvements du robot, et comprend les erreurs de répétabilité de situation, les bruits et les fluctuations temporelles.

Les systèmes et agencements connus pour la mesure de la situation de l'organe terminal d'un robot présentent des limitations dans leur utilisation et leurs performances.

20 La plupart des systèmes ne permettent pas d'effectuer les mesures dans l'ensemble de l'espace d'évolution du robot.

Ils ne fournissent généralement pas les paramètres de mesure dynamique sur une trajectoire (vitesses, accélérations).

La précision absolue des mesures de situation (position et orientation) est insuffisante.

Le coût et l'encombrement des installations sont trop importants.

30 Les systèmes connus peuvent être classés en fonction des critères suivants :

a) Le domaine de mesure.

On distingue ici deux principes ou méthodes de mesure.

35 Les méthodes locales qui effectuent des mesures de distances faibles (quelques mm au maximum) entre l'organe terminal du robot et un objet de référence (cube, règle...) et sont caractérisées par la relative simplicité du dispositif de mesure, et la bonne précision obtenue; elles sont

utilisées pour les mesures de répétabilité et d'exactitude de pose.

Les méthodes globales qui mesurent dans tout l'espace de travail du robot. Ces méthodes sont beaucoup plus coûteuses et lourdes d'emploi, et moins précises que les méthodes locales. Elles sont pour la plupart basées sur des moyens optiques et une triangulation. Par ailleurs, elles ne fournissent en général pas d'information sur l'orientation; l'emploi complexe de théodolites permettant cependant d'obtenir une grande précision.

b) Les caractéristiques mesurées.

Les systèmes de mesure actuels permettent d'obtenir, avec une précision parfois insuffisante, les caractéristiques de pose et les caractéristiques de trajectoire (position seulement).

Ils ne fournissent pas directement les caractéristiques de situation complètes (position/orientation, avec leurs dérivées). Il en résulte des difficultés de reconstitution des erreurs dynamiques du robot (dépassement, oscillation résiduelle,...), des fluctuations temporelles,...

La présente invention a pour but de proposer un système et un agencement de mesure qui permettent :

- une mesure de la situation de l'organe terminal du robot $(X, Y, Z, \alpha, \beta, \gamma)$;
- une mesure statique (pose linéaire/angulaire du robot) et dynamique (sur trajectoire);
- un échantillonnage des mesures suffisant pour une bonne représentation du mouvement (supérieure à 200 Hz);
- une obtention des paramètres dans l'ensemble du volume de travail, et pour la totalité des conditions dynamiques;
- des mesures sans contact afin de ne pas appliquer d'efforts sur le robot.

Dans le cas de la mise en place d'un moyen de mesure sur le robot, l'invention vise à en réduire le volume et la masse pour les rendre compatibles avec ceux d'un outillage terminal et à assurer la compatibilité avec

l'interface mécanique.

L'invention vise également à permettre une utilisation dans un contexte opérationnel en effectuant notamment un recalibrage périodique et en facilitant les
5 opérations de maintenance.

L'invention propose un procédé de détermination de la situation de l'organe terminal d'un mécanisme articulé qui décrit une trajectoire par rapport à un trièdre de référence RF tel que notamment l'organe terminal d'un
10 robot, caractérisé en ce qu'il consiste à équiper le mécanisme articulé d'un système de capteurs inertiels agencés à proximité ou à la place de l'organe terminal et qui fournissent les accélérations linéaires et les vitesses angulaires de l'organe terminal dans un trièdre inertiel
15 Re lié à l'organe terminal et à déterminer par calcul à partir de ces paramètres inertiels RI les paramètres de situation de l'organe terminal par rapport au trièdre de référence et/ou les dérivées première et seconde de ces paramètres de situation.

20 Le procédé selon l'invention est également caractérisé :

- en ce que la détermination des paramètres de situation est effectuée par intégration numérique non linéaire à partir des paramètres inertiels;

25 - en ce que le système de capteurs inertiels comporte trois accéléromètres A1, A2, A3 et deux gyroscopes à deux axes G1, G2 qui constituent le bloc capteur d'une centrale inertielle liée, ou bien encore de trois accéléromètres et trois gyromètres un axe.

- en ce qu'il consiste également à procéder
30 périodiquement à un recalage des paramètres de situation pour compenser la dérive de situation de la centrale inertielle;

- en ce que le recalage consiste à amener l'organe terminal dans une situation de recalage par rapport à un terminal de recalage dont la position par rapport au
35 trièdre de référence RF est connue, à déterminer, par calcul à partir des paramètres inertiels, les paramètres de situation de l'organe terminal lorsqu'il est dans ladite situation de recalage, et à déterminer les erreurs de situation par calcul de la différence entre les paramètres

de situation et les paramètres fournis par le terminal de recalage;

5 - en ce que, pour procéder au recalage, on amène un cube de recalage, agencé à proximité ou à la place de l'organe terminal, dans une situation de recalage par rapport à un terminal de recalage comportant des capteurs proximétriques;

10 - en ce qu'il consiste à mémoriser les paramètres inertiels et de situation entre deux recalages consécutifs et à mettre en oeuvre un filtrage pour réinitialiser le calcul de situation fourni par la centrale inertielle liée et pour corriger les paramètres fournis par la centrale inertielle sur la trajectoire parcourue depuis le recalage précédent;

15 - en ce qu'il consiste à faire accomplir aux composants du mécanisme articulé des déplacements déterminés pour amener l'organe terminal en situation de calibrage par rapport au terminal de recalage, pour effectuer une étape initiale de calibrage résiduel de la centrale inertielle.

20 L'invention propose également un agencement pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention caractérisé en ce qu'il comporte un bloc capteur constitué desdits capteurs inertiels, des moyens électroniques de traitement des signaux fournis par les capteurs pour en déduire lesdits paramètres inertiels, et des moyens de calcul.

25 L'agencement selon l'invention est également caractérisé :

- en ce que lesdits moyens électroniques et de calcul sont fixes et sont reliés audit bloc capteur;

30 - en ce que lesdits moyens électroniques comportent des circuits d'asservissement de certains capteurs, des circuits de codage des signaux d'accélération, des circuits de conversion analogique numérique des signaux, et des circuits numériques d'acquisition et d'échanges avec les moyens de calcul.

35 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une illustration schématique d'un agencement selon l'invention utilisé pour la mise en oeuvre du procédé de mesure de la situation de l'organe terminal du robot;

5 - la figure 2 est une vue schématique à plus grande échelle du bloc capteur de la centrale inertielle;

- la figure 3 est un diagramme illustrant le principe de mise en oeuvre séquentielle du procédé; et

10 - la figure 4 est un synoptique général de calcul mis en oeuvre dans le cadre de l'invention.

On a illustré à la figure 1 un robot industriel 10 sur la base 12 duquel on a fait figurer un trièdre de référence RF d'axes cartésiens X0, Y0 et Z0.

15 L'extrémité libre du dernier élément articulé 14 du robot est, conformément à l'invention, équipée d'un bloc capteur 16 d'une centrale inertielle liée également appelée centrale inertielle strap-down.

20 Le bloc capteur 16 comporte un boîtier 18 dans lequel sont agencés trois accéléromètres A1, A2 et A3 dont les axes sont respectivement parallèles aux trois axes Xe, Ye et Ze d'un trièdre Re de la centrale inertielle.

25 Le bloc capteur 16 comporte également deux gyroscopes G1 et G2 qui, avec les accéléromètres, constituent le système de capteurs inertielle de la centrale inertielle. Il comporte également des circuits électroniques associés aux capteurs pour assurer le conditionnement des signaux émis par les capteurs.

30 Le bloc capteur est relié par un câblage 20 à des moyens électroniques de mise en oeuvre 22 et à des moyens de calcul 24.

35 Les moyens 20 sont illustrés sous la forme d'une armoire à tiroir ou "racks" dont les modules comportent par exemple des circuits de mise en oeuvre des capteurs, de codage des signaux des gyroscopes et des accéléromètres, de conversion analogique/numérique et d'échanges avec le bloc 16 et les moyens de calcul 24.

Les moyens de calcul 24, illustrés ici sous la forme d'un ordinateur dit "personnel", comportent également un coprocesseur d'acquisition de données analogiques et

numériques et par exemple un disque dur de stockage de données.

Les moyens de calcul comprennent également des programmes de gestion et de calcul pour la mise en oeuvre du procédé et le fonctionnement de la centrale inertielle.

L'ensemble formé du bloc capteur 16 associé aux moyens de mise en oeuvre 22 constitue une "référence inertielle liée" qui fournit au calculateur 24 les trois accélérations linéaires, et les trois vitesses angulaires (paramètres inertiels) de l'organe terminal du robot dans le trièdre mobile Re lié à l'organe terminal du robot.

Le calculateur reconstitue par intégration numérique non linéaire les informations ou paramètres de situation (position et orientation) de l'organe terminal du robot par rapport au trièdre de référence. On constitue ainsi le coeur d'une centrale inertielle liée (ou strap-down).

Le système de mesure fournit, à tout utilisateur les paramètres complets de situation de l'organe terminal du robot, sans perte d'informations, sous forme d'une suite de fichiers de données "trajectoire" (la pose étant une "trajectoire" particulière) :

- X, Y, Z : position cartésienne de l'organe terminal du robot;
- $\dot{X}, \dot{Y}, \dot{Z}$: vitesses cartésiennes;
- $\ddot{X}, \ddot{Y}, \ddot{Z}$: accélérations cartésiennes;
- α, β, γ : orientation de l'organe terminal du robot;
- $\dot{\alpha}, \dot{\beta}, \dot{\gamma}$: vitesses angulaires; et
- $\ddot{\alpha}, \ddot{\beta}, \ddot{\gamma}$: accélérations angulaires.

Le système fournit par ailleurs une évaluation de la précision de la mesure, sous forme d'un écart-type pour les dix-huit paramètres.

Il est nécessaire de corriger la dérive de la centrale inertielle, c'est-à-dire de tenir compte de la divergence des erreurs de situation, et de leurs dérivées, en fonction du temps.

Il est donc nécessaire de pouvoir procéder

périodiquement à un recalage des paramètres reconstitués par calcul.

L'opération de recalage est effectuée au moyen d'un terminal de recalage, ou de mesure, 26 dont la "tête" de mesure 28 comporte une série de capteurs de proximité, ou capteurs proximétriques 30 qui coopèrent avec un cube de recalage, ou cube de mesure 32, qui est agencé à proximité, ou à la place, de l'organe terminal du robot. On utilise des capteurs proximétriques afin d'éviter tout contact avec le robot lui-même. Les capteurs 30 (à procédé inductif ou capacitif) sont reliés par un câblage 34 à une partie correspondante des moyens électroniques 22.

On décrira maintenant une séquence caractéristique d'utilisation de l'agencement selon l'invention en se reportant à la figure 3.

Dans l'intervalle $T_{1i} = t_i - (t_i - 1)$, la référence inertielle fournit en continue ses mesures (RI) de paramètres inertiels au calculateur qui les mémorise et qui correspondent à la trajectoire i en cours d'accomplissement par l'organe terminal du robot.

A la fin de cette trajectoire i on vient placer le cube de recalage 32 dans une situation de recalage par rapport à la tête de recalage 28 et ceci pendant une durée T_{2i} . Les paramètres proximétriques de recalage sont, durant cette période T_{2i} , enregistrés et mémorisés en même temps que les données RI de la référence inertielle.

A la fin de la durée T_{1i} , on cesse l'acquisition des données proximétriques de recalage et l'on continue l'acquisition des paramètres RI sur la trajectoire suivante $i + 1$.

On lance les calculs des paramètres de situation en effectuant d'abord un calcul de la situation brute (situation inertielle non corrigée), puis en effectuant une correction par filtrage, et en calculant la situation corrigée (situation et ses dérivées sur la trajectoire i).

Les paramètres corrigés de situation sont ainsi disponibles, pour la trajectoire i , de manière différée au bout d'une durée T_{3i} .

Le filtrage utilisé est de préférence un filtrage

du type Kalmann utilisé en lisseur avant-arrière.

Bien que la centrale inertielle puisse être du type précalibrée, il est nécessaire de pouvoir effectuer un calibrage résiduel avant son utilisation.

5 Cela est accompli selon le processus de recalage précédent en soumettant la centrale inertielle à des mouvements connus et prédéterminés du robot pour amener et présenter le cube 32 dans une situation déterminée par rapport au terminal 26, en répétant éventuellement l'opéra-
10 tion pour des orientations différentes.

Pour une connaissance détaillée d'une centrale inertielle liée strap-down, on pourra se reporter à l'ouvrage "Agard lecture series No 95" publié en mai 1978.

L'invention fournit à son utilisateur :

- 15 - une situation complète en position et en orientation avec les dérivées des premier et second ordres (vitesses et accélérations);
- un flot continu d'informations (sans perte);
- des données numériques à fréquence élevée
20 (supérieure à 200 Hz);
- des paramètres de situation valables dans tout le domaine d'évolution du robot, en pose, en trajectoire à vitesse constante, et pour tout mouvement de l'organe terminal du robot;
- 25 _ une grande précision liée aux performances intrinsèques des capteurs et à la période entre deux recalages;
- des mesures sans contact;
- un faible coût d'achat; et
30 - une rapidité de mise en oeuvre et d'obtention des mesures.

On peut envisager plusieurs applications de l'invention dans le domaine de la robotique.

35 La première application concerne l'évaluation des performances statiques et dynamiques des robots. Les avantages du capteur inertiel dans ce domaine ont été largement développés dans la description précédente.

Nous présentons ici les applications envisagées dans le domaine de l'identification.

Des résultats théoriques importants ont été obtenus dans le domaine de l'identification des paramètres géométriques et dynamiques des robots, également appelé calibrations géométrique (étalonnage) et dynamique des robots.

La mise en oeuvre pratique de ces résultats à l'aide des mesures fournies par les capteurs inertiels constitue un moyen exceptionnel de valider à la fois le capteur inertiel et les résultats théoriques.

Pour le calibrage géométrique, on propose d'utiliser les mesures de position et d'orientation pour identifier les paramètres du modèle géométrique du robot (longueurs des bras, angles entre axes successifs). Une méthode développée par W.Khalil, M.Gautier, C.Enguehard, "Minimum parameters and optimum configurations for the geometric calibration of robots" Journal Robotica, Vol.9, p.63-70, 1991, se caractérise par un calcul automatique des paramètres géométriques identifiables du modèle et par la détermination d'un ensemble de situations dites excitantes qui minimisent l'effet des perturbations (erreurs de modélisation, bruits de mesure) sur l'estimation des paramètres.

Grâce à l'invention, il est possible de rechercher un jeu de paramètres optimaux qui minimisent la moyenne quadratique de l'erreur entre la situation mesurée par les capteurs inertiels et la situation calculée par le modèle géométrique du robot. Le modèle est non linéaire par rapport aux paramètres géométriques et il s'agit donc d'un problème d'optimisation non linéaire qui peut être résolu par une méthode de Levenberg-Marquard, bien adaptée à ce type de critère. Lorsqu'on possède une bonne connaissance a priori sur les valeurs des paramètres, ce qui est souvent le cas dans le cadre d'un étalonnage, on utilise un modèle différentiel linéaire par rapport aux paramètres et une solution directe du type moindres carrés.

Dans le domaine de la calibration géométrique, l'apport essentiel des capteurs inertiels réside dans les points suivants :

- mesures des positions et des orientations;
- mesures dans tout l'espace de travail;

- rapidité des mesures;
- nombre important des mesures;
- calibrages locaux dans différentes zones de l'espace et/ou un calibrage global; et

5 - utilisation des écarts-types sur les mesures pour estimer les intervalles de confiance des estimations des paramètres.

10 Le calibrage dynamique concerne l'identification des paramètres dynamiques (inertiels) du robot (inerties, premiers moments, masses).

L'approche la plus répandue en robotique consiste à utiliser un modèle dynamique ou énergétique, linéaire par rapport aux paramètres, et un estimateur du type moindres carrés.

15 Dans ce domaine, des résultats importants ont été obtenus concernant les points suivants :

- calcul formel automatique des modèles d'identification dynamique et énergétique, linéaire par rapport aux paramètres dynamiques;

20 - calcul automatique des paramètres identifiables; et

- calcul de trajectoires existantes pour l'identification.

25 L'utilisation du modèle dynamique nécessite de mesurer ou d'estimer le vecteur \ddot{q} des accélérations articulaires (au niveau des articulations du robot). Les mesures de la situation S de l'organe terminal du robot et de ses dérivées \dot{S} et \ddot{S} fournissent un moyen élégant et original d'estimer avec précision \dot{q} et \ddot{q} à l'aide des relations directes suivantes :

30 - $\ddot{S} = J(q) \ddot{q} + J(q, \dot{q}) \dot{q}$
 - $\dot{S} = J(q) \dot{q}$

où $J(q)$ est la matrice jacobienne du modèle géométrique par rapport à q .

35 Cette application met en valeur de façon importante l'intérêt de première importance des capteurs inertiels comme instruments de calibrage universel (géométrique et dynamique) des robots.

Une autre application concerne l'utilisation conjointe des mesures des capteurs inertiels et des mesures articulaires dans un filtre reconstituant les informations nécessaires à une commande cartésienne avancée du robot, notamment dans les cas difficiles de suivi de trajectoire précis (découpe jet d'eau, découpe laser, encollage...).

D'autres applications possibles sont relatives à l'identification et la calibration de grands systèmes mécaniques articulés, comme des grues, ou à la reconstitution de trajectoire d'un mobile quelconque, se déplaçant dans un volume limité.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination de la situation de l'organe terminal d'un mécanisme articulé (10) qui décrit une trajectoire par rapport à un trièdre de référence (RF), tel que notamment l'organe terminal d'un robot, caractérisé en ce qu'il consiste à équiper le mécanisme articulé d'un système (16) de capteurs inertiels agencés à proximité ou à la place de l'organe terminal et qui fournissent les accélérations linéaires et les vitesses angulaires de l'organe terminal dans un trièdre inertiel (Re) lié à l'organe terminal et à déterminer par calcul à partir de ces paramètres inertiels (RI) les paramètres de situation de l'organe terminal par rapport au trièdre de référence et/ou les dérivées première et seconde de ces paramètres de situation.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la détermination des paramètres de situation est effectuée par intégration numérique non linéaire à partir des paramètres inertiels.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le système de capteurs inertiels comporte trois accéléromètres (A1, A2, A3) et deux gyroscopes (G1, G2) qui constituent le bloc capteur (16) d'une centrale inertielle liée.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il consiste également à procéder périodiquement à un recalage des paramètres de situation pour compenser la dérive de la centrale inertielle.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le recalage consiste à amener l'organe terminal dans une situation de recalage par rapport à un terminal de recalage (26), dont la position par rapport au trièdre de référence (RF) est connue, à déterminer, par calcul à partir des paramètres inertiels, les paramètres de situation de l'organe terminal lorsqu'il est dans ladite situation de recalage, et à déterminer les erreurs de situation par calcul de la différence entre les paramètres de situation et les paramètres fournis par le terminal de recalage.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que, pour procéder au recalage, on amène un cube de recalage (32), agencé à proximité ou à la place de l'organe terminal, dans une situation de recalage par rapport à un terminal de recalage comportant des capteurs proximétriques (30).

6. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il consiste à mémoriser les paramètres inertiels et de situation entre deux recalages consécutifs et à mettre en oeuvre un filtrage pour réinitialiser le calcul de situation fourni par la centrale inertielle liée et pour corriger les paramètres fournis par la centrale inertielle sur la trajectoire parcourue depuis le recalage précédent.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit filtrage est un filtrage du type Kalmann.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, caractérisé en ce qu'il consiste à faire accomplir aux composants du mécanisme articulé des déplacements déterminés pour amener l'organe terminal en situation de calibrage par rapport au terminal de recalage, pour effectuer une étape initiale de calibrage résiduel de la centrale inertielle.

9. Agencement pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un bloc capteur (16) constitué desdits capteurs inertiels, des moyens électroniques (22) de traitement des signaux fournis par les capteurs pour en déduire lesdits paramètres inertiels, et des moyens de calcul (22, 24).

10. Agencement selon la revendication 9, caractérisé en ce que lesdits moyens électroniques et de calcul (22, 24) sont fixes et sont reliés audit bloc capteur (16).

11. Agencement selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que lesdits moyens électroniques comportent des circuits d'asservissement de certains capteurs, des circuits de codage des signaux d'accélération, des circuits de conversion analogique numérique des signaux, et des circuits numériques d'acquisition et d'échanges avec les moyens de calcul.

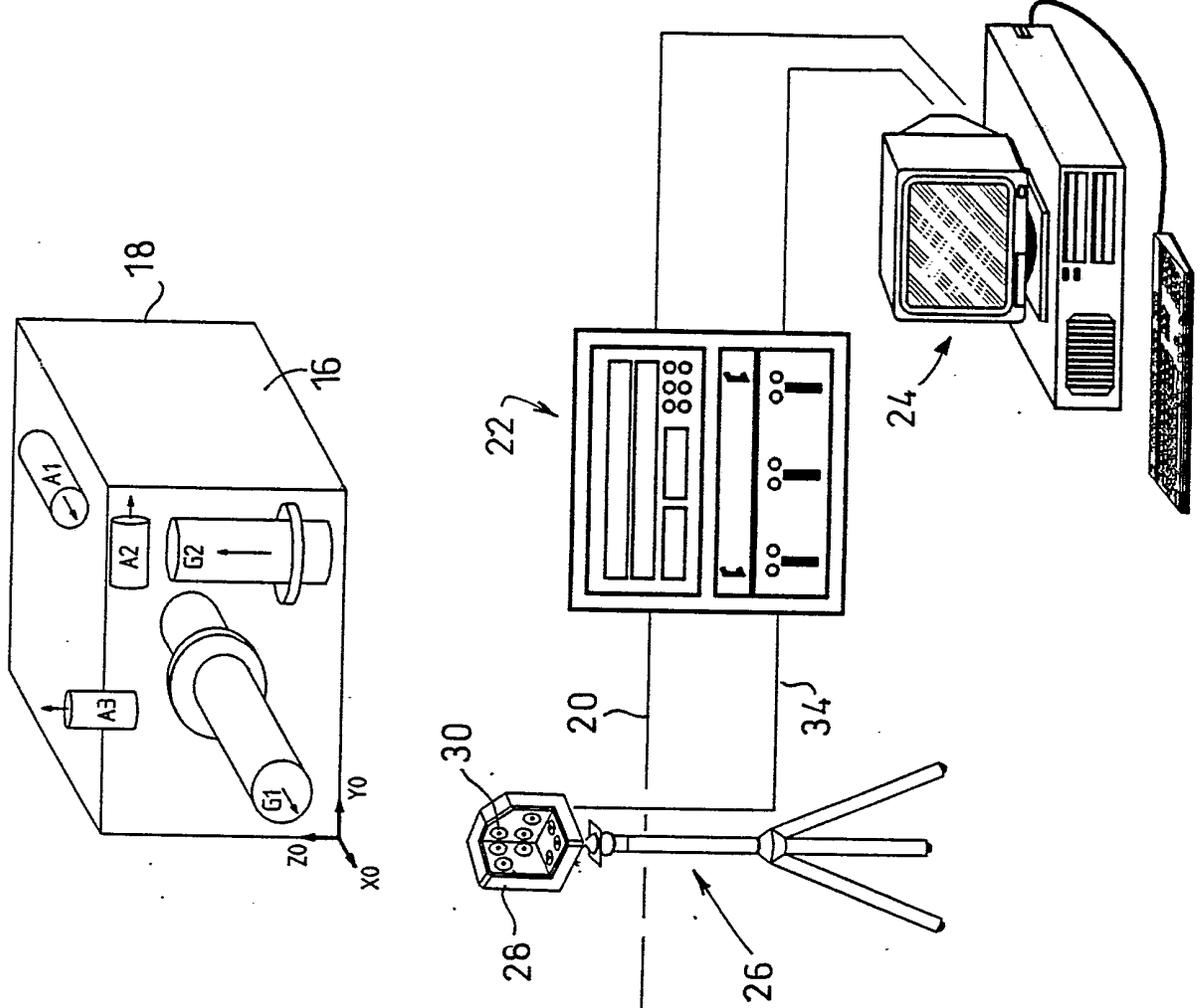


FIG.1

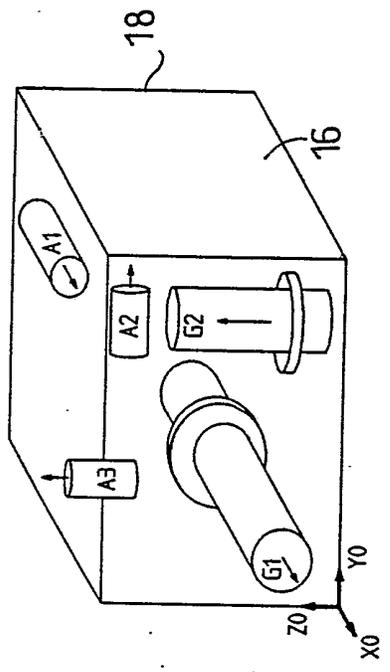


FIG.2

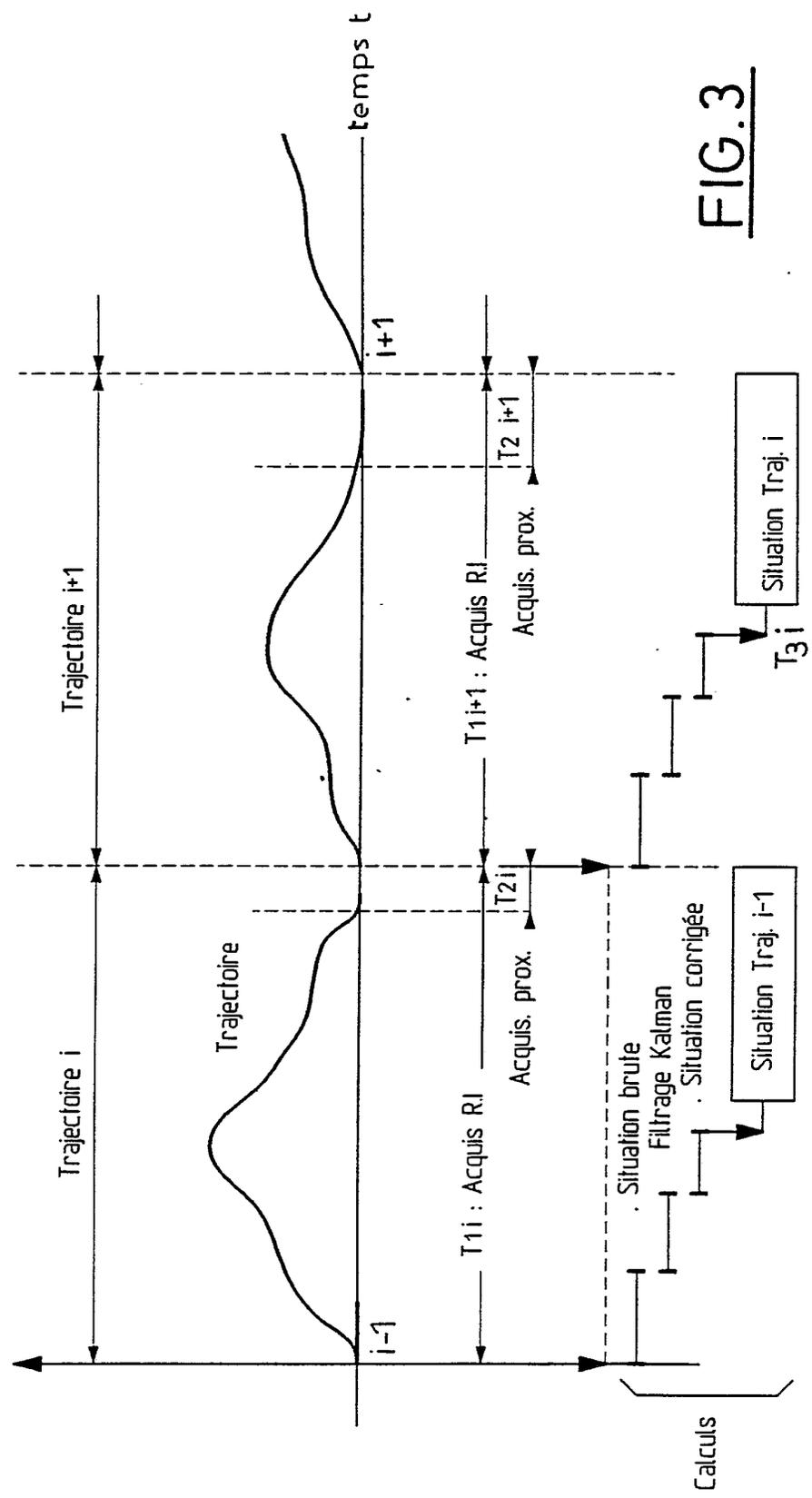
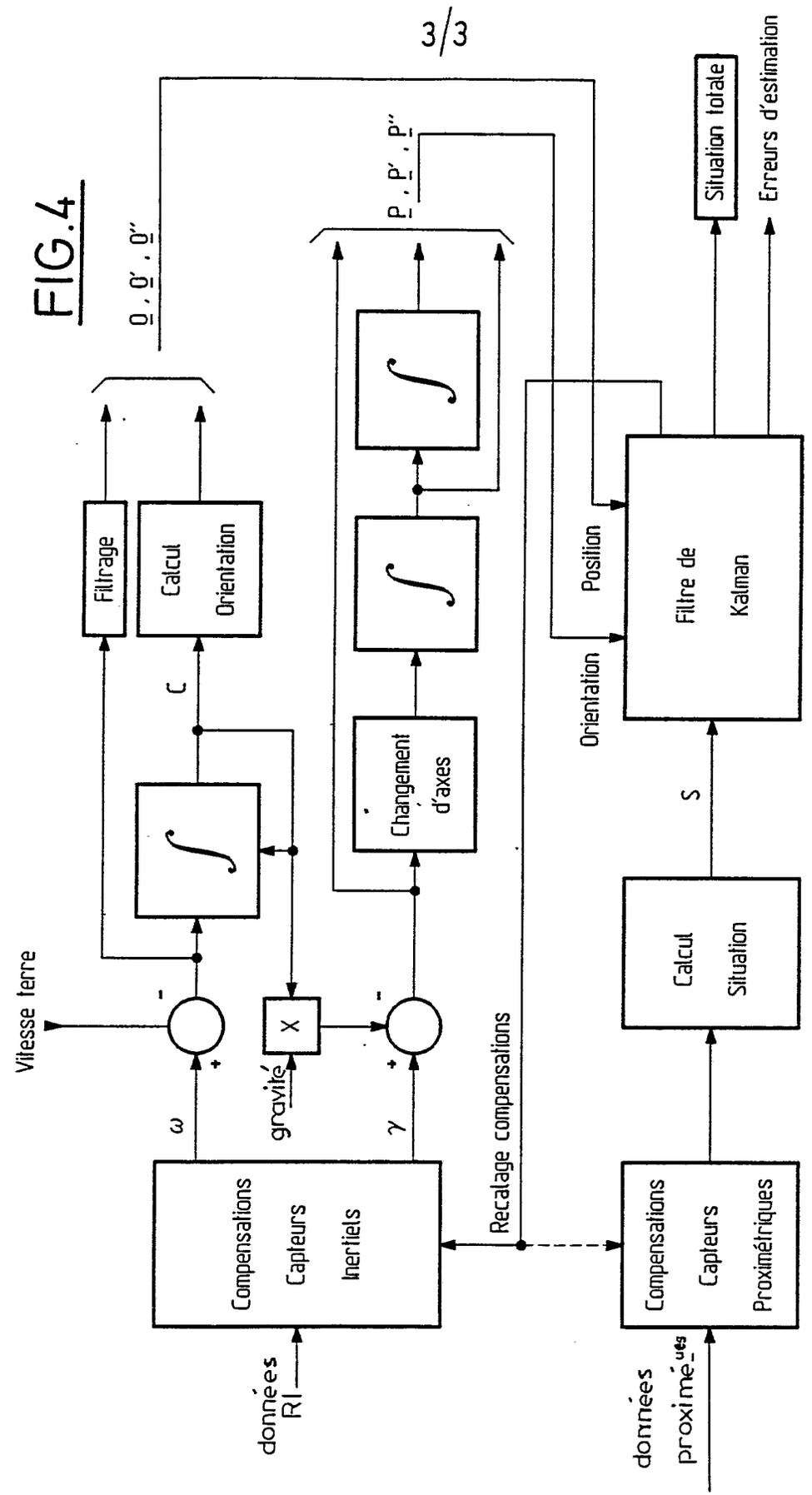


FIG. 3

FIG.4



INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

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

FR 9110777
FA 465579

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	FR-A-2 357 942 (REGIE NATIONALE DES USINES RENAULT) * page 4, ligne 26 - page 8, ligne 10; figures 1-6 *	1-3,9-11
Y	---	4-8
X	AT-B-392 605 (FAVRE-BULLE BERNARD) * page 2, ligne 51 - page 3, ligne 50; figures 1-3 *	1-3,9-11
X	EP-A-0 440 588 (FIAT AUTO S.P.A.) * colonne 2, ligne 3 - colonne 5, ligne 35; figures 1,2 *	1,9-11
X	ROBOTERSYSTEME. vol. 4, no. 4, Novembre 1988, BERLIN DE pages 245 - 250; WECK M.: 'PROZESSNAHE ROBOTERPROGRAMMIERUNG UNTER EINSATZ EINES INERTIALEN MESSSYSTEMS' * page 246, colonne de droite, paragraphe 3 ' Aufbau inertialer Messsystem ' - page 250, colonne de gauche, ligne 10 *	1-3,9-11
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 135 (P-851)5 Avril 1989 & JP-A-63 302 317 (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 9 Décembre 1988 * abrégé *	7
Y	EP-A-0 301 527 (BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY) * page 5, ligne 34 - page 8, ligne 29; figures 1-15 *	4-6,8
A	EP-A-0 329 531 (LA TELEMECANIQUE ELECTRIQUE) * page 3, ligne 14 - page 8, ligne 17; figures 1-5 *	1,4-8
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
07 AVRIL 1992		HAUSER L. E. R.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général 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 & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)