

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
19 novembre 2009 (19.11.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2009/138441 A1

(51) Classification internationale des brevets :  
G01R 33/02 (2006.01) G01C 17/38 (2006.01)  
G01R 33/025 (2006.01)

CATTIN, Viviane [FR/FR]; 71, rue des Moutonnées,  
F-38120 Saint Egreve (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2009/055803

(74) Mandataire : NGUYEN VAN YEN, Christian;  
Immeuble "Visium", 22, avenue Aristide Briand, F-94117  
Arcueil Cedex (FR).

(22) Date de dépôt international :  
14 mai 2009 (14.05.2009)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
08 02605 14 mai 2008 (14.05.2008) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :  
MOVEA [FR/FR]; 5, Place Robert Schuman, WTC BP 1015, F-38000 Grenoble (FR). COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 25, rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

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

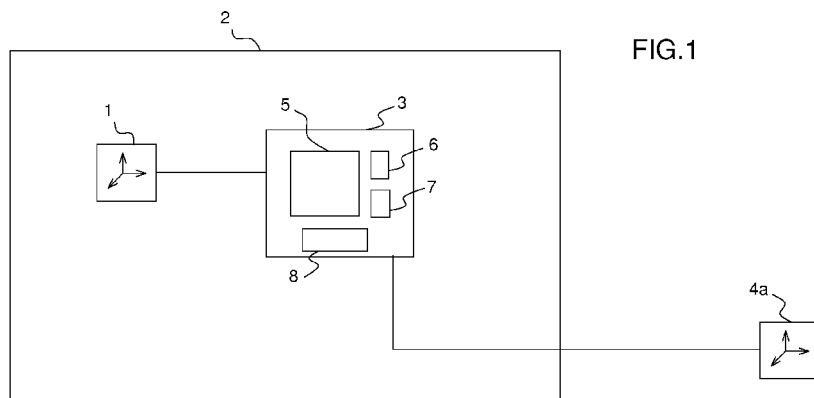
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : GRENET, Pierre [FR/FR]; 3, Place des Gordes, F-38000 Grenoble (FR). EL-MARFOUQ, Ismael [FR/FR]; Rue des Universités, F-38046 Saint Martin D'heres (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SYSTEM FOR MEASURING A MAGNETIC FIELD COMPRISING A THREE-AXIS SENSOR FOR MEASURING A MAGNETIC FIELD THAT IS ABLE TO MOVE TOGETHER WITH A CARRIER THAT DISRUPTS THE MEASUREMENTS, AND ASSOCIATED METHOD

(54) Titre : SYSTEME DE MESURE DE CHAMP MAGNETIQUE COMPRENANT UN CAPTEUR TRIAXIAL DE MESURE DE CHAMP MAGNETIQUE MOBILE CONJOINTEMENT AVEC UN ELEMENT PORTEUR PERTURBANT LES MESURES ET PROCEDE ASSOCIE



(57) Abstract : The system for measuring a magnetic field comprises a main three-axis sensor (1) for measuring the magnetic field that is able to move together with a carrier (2) capable of generating at least one additional magnetic field that disrupts the measurements of the said main three-axis sensor (1), the said three-axis sensor (1) being designed to provide orthonormal measurements for a reference magnetic field in the absence of magnetic disturbances due to the said carrier (2). The system comprises means (5, 6, 7, 9, 4a, 4b) of adjusting the said main three-axis sensor (1) comprising a removable additional sensor for measuring a magnetic field, that is able to move together with the said carrier (2) and positioned on the outside of the said carrier (2) away from the additional magnetic field or fields.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/138441 A1

**Publiée :**

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

---

Le système de mesure de champ magnétique comprend un capteur principal triaxial (1) de mesure de champ magnétique mobile conjointement avec un élément porteur (2) capable de générer au moins un champ magnétique additionnel perturbant les mesures dudit capteur principal triaxial (1), ledit capteur triaxial (1) étant adapté pour fournir des mesures orthonormées pour un champ magnétique de référence en l'absence de perturbations magnétiques dues audit élément porteur (2). Le système comprend des moyens de réglage (5, 6, 7, 9 4a, 4b) dudit capteur principal triaxial (1) comprenant un capteur additionnel amovible de mesure de champ magnétique, mobile conjointement avec ledit élément porteur(2), et disposé à l'extérieur dudit élément porteur (2) en dehors du ou des champs magnétiques additionnels.

**SYSTEME DE MESURE DE CHAMP MAGNETIQUE COMPRENANT UN  
CAPTEUR TRIAXIAL DE MESURE DE CHAMP MAGNETIQUE MOBILE  
CONJOINTEMENT AVEC UN ELEMENT PORTEUR PERTURBANT LES  
MESURES ET PROCEDE ASSOCIE**

5

L'invention porte sur un système de mesure de champ magnétique comprenant un capteur principal triaxial de mesure de champ magnétique mobile conjointement avec un élément porteur capable de générer au moins un champ magnétique additionnel perturbant les mesures  
10 dudit capteur, et un procédé associé.

Un capteur de mesure de champ magnétique peut être associé à un élément porteur pouvant provoquer des perturbations magnétiques, par exemple une voiture ou un téléphone portable.

Il est connu de tenter de placer le capteur de sorte que les  
15 perturbations magnétiques engendrées par l'élément porteur soient minimales. Il est également connu de disposer des aimants ou autres objets ferromagnétiques de manière à tenter de compenser les perturbations magnétiques.

Ces méthodes sont peu fiables, peu précises, et ne tiennent pas  
20 compte de modifications des perturbations ferromagnétiques engendrées par l'élément porteur.

Dans le cas d'un capteur scalaire, i.e. délivrant uniquement une norme de champ magnétique, des procédés de compensation des perturbations ont été décrites par exemple à l'adresse URL  
25 <http://www.rmsinst.com/aero%20compensation.htm>, à laquelle sont décrits des systèmes d'enregistrement de données de la société RMS Instruments. De tels systèmes utilisent de manière continue un capteur additionnel scalaire de référence pour les mesures.

Cet enseignement ne peut s'appliquer à un capteur triaxial de  
30 mesure de champ magnétique.

La présente invention vise à résoudre les problèmes mentionnés précédemment.

Selon un aspect de l'invention, il est proposé un système de mesure de champ magnétique comprenant un capteur principal triaxial de mesure de champ magnétique mobile conjointement avec un élément porteur capable de générer au moins un champ magnétique additionnel perturbant les mesures dudit capteur. Ledit capteur principal triaxial est adapté pour fournir des mesures orthonormées pour un champ magnétique de référence en l'absence de perturbations magnétiques dues audit élément porteur. Le système comprend des moyens de réglage dudit capteur principal triaxial comprenant des moyens de détermination du champ magnétique de référence..

L'invention permet de régler ou calibrer le capteur triaxial de mesure du champ magnétique, de manière à ce qu'en utilisation courante, il tienne compte des perturbations magnétiques engendrées par l'élément porteur.

Selon un mode de réalisation, lesdits moyens de réglage dudit capteur principal triaxial comprennent des moyens de détermination du ou des champs magnétiques additionnels générés par ledit élément porteur à partir de paramètres comprenant des coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur, des mesures effectuées par ledit capteur principal triaxial, et des variations temporelles de ces dites mesures.

On peut ainsi déterminer simplement, avec précision et à faible coût, le ou les champs magnétiques additionnels générés par ledit élément porteur.

Dans un mode de réalisation, lesdits moyens de détermination du ou des champs magnétiques additionnels générés par ledit élément porteur sont adaptés pour mettre en œuvre le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} B_{\text{réel}_x} = B_{\text{mesuré}_x} - (B_{\text{rémanent}_x} + A \times V_x) \\ B_{\text{réel}_y} = B_{\text{mesuré}_y} - (B_{\text{rémanent}_y} + A \times V_y) \\ B_{\text{réel}_z} = B_{\text{mesuré}_z} - (B_{\text{rémanent}_z} + A \times V_z) \end{cases} \quad 30$$

dans lequel:

5  $B_{réel_x}$ ,  $B_{réel_y}$ , et  $B_{réel_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique réel selon les trois axes du capteur principal triaxial ;

$B_{mesuré_x}$ ,  $B_{mesuré_y}$ , et  $B_{mesuré_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique mesuré par le capteur principal triaxial selon ses trois axes;

10  $B_{rémanent_x}$ ,  $B_{rémanent_y}$ , et  $B_{rémanent_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique rémanent selon les trois axes du capteur principal triaxial ;

$$A = \left[ B_{mesuré_x}; B_{mesuré_y}; B_{mesuré_z}; \frac{\partial B_{mesuré_x}}{\partial t}; \frac{\partial B_{mesuré_y}}{\partial t}; \frac{\partial B_{mesuré_z}}{\partial t} \right]; \text{ et}$$

15 les vecteurs  $V_x$ ,  $V_y$  et  $V_z$  ont pour composantes les coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur :

20

$$V_x = \begin{bmatrix} a_{xx}^i \\ a_{yx}^i \\ a_{zx}^i \\ a_{xx}^f \\ a_{yx}^f \\ a_{zx}^f \end{bmatrix} \quad V_y = \begin{bmatrix} a_{xy}^i \\ a_{yy}^i \\ a_{zy}^i \\ a_{xy}^f \\ a_{yy}^f \\ a_{zy}^f \end{bmatrix} \quad V_z = \begin{bmatrix} a_{xz}^i \\ a_{yz}^i \\ a_{zz}^i \\ a_{xz}^f \\ a_{yz}^f \\ a_{zz}^f \end{bmatrix}$$

dont les composantes ou coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur  $a_{jk}^i$  représentent respectivement le coefficient de proportionnalité entre la valeur de la perturbation sur l'axe j due à l'axe k et la valeur du champ sur l'axe k, pour le champ magnétique induit,

25 et les composantes ou coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur  $a_{jk}^f$  représentent respectivement le coefficient de proportionnalité entre la valeur de la perturbation sur l'axe j due à l'axe k et la

valeur de la dérivée temporelle du champ sur l'axe k, pour le champ magnétique du aux courants de Foucault.

On détermine ainsi avec précision et peu de calculs le champ magnétique réel, sans tenir compte des perturbations magnétiques engendrées par l'élément porteur et mesurées par le capteur principal triaxial.

Selon un mode de réalisation, lesdits moyens de détermination du champ magnétique de référence comprennent un générateur de champ magnétique prédéterminé.

10 Il est ainsi possible de connaître aisément le champ magnétique de référence auquel est soumis le système.

Dans un mode de réalisation, lesdits moyens de détermination du champ magnétique de référence comprennent un capteur additionnel amovible de mesure de champ magnétique, mobile conjointement avec ledit élément porteur, et disposé à l'extérieur dudit élément porteur en dehors du ou des champs magnétiques additionnels.

Il est ainsi possible de connaître aisément et à coût réduit le champ magnétique de référence auquel est soumis le système.

Par exemple, ledit capteur additionnel amovible de mesure de champ magnétique est un capteur additionnel triaxial, dont les axes sont respectivement parallèles aux axes du capteur principal triaxial.

L'utilisation d'un tel capteur permet d'obtenir une précision améliorée.

Par exemple, ledit capteur additionnel amovible de mesure de champ magnétique est un capteur scalaire.

Ce mode de réalisation est moins coûteux et plus simple à réaliser.

Dans le cas d'un capteur additionnel triaxial, lesdits moyens de réglage dudit capteur principal triaxial peuvent comprendre des premiers moyens de calcul adaptés pour calculer les composantes respectives du

champ magnétique rémanent par différences entre des moyennes de mesures effectuées simultanément par les deux capteurs triaxiaux.

Un tel calcul est simple à réaliser.

Par exemple, lesdits moyens de réglage dudit capteur principal triaxial comprennent des deuxièmes moyens de calcul des vecteurs desdits coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur par estimation des moindres carrés sur le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} A \times V_x = (B_{\text{mesuré}_x} - B_{\text{rémanent}_x}) \\ A \times V_y = (B_{\text{mesuré}_y} - B_{\text{rémanent}_y}) \\ A \times V_z = (B_{\text{mesuré}_z} - B_{\text{rémanent}_z}) \end{cases}$$

L'invention fournit un résultat de précision améliorée.

En variante, avec un capteur additionnel amovible scalaire, lesdits moyens de réglage dudit capteur principal triaxial comprennent des moyens d'optimisation adaptés pour optimiser l'égalité suivante pour une série de mesures effectuées simultanément avec ledit capteur principal triaxial et ledit capteur scalaire :

$$\|Mes\_scalaire\| = \|B_{\text{mesuré}} - B_{\text{perturbateur}}\|$$

dans laquelle  $\|Mes\_scalaire\|$  représente une norme d'une mesure du capteur scalaire, et  $B_{\text{perturbateur}}$  représente le champ magnétique additionnel perturbant généré par ledit élément porteur tel que décrit précédemment pour les moyens de détermination du ou des champs magnétiques additionnels générés par ledit élément porteur.

Les calculs sont simplifiés. Si en outre, un réglage préalable a été fait tel que décrit précédemment avec un capteur additionnel triaxial, on peut en déduire des composantes négligeables permettant de simplifier encore les calculs à effectuer.

Dans un mode de réalisation, le système comprend, en outre, des moyens de correction des mesures dudit capteur principal triaxial adaptés pour délivrer le champ magnétique réel à partir du champ magnétique

mesuré par le capteur principal triaxial et des données fournies par lesdits moyens de réglage en utilisant le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} B_{réel_x} = B_{mesuré_x} - (B_{rémanent_x} + A \times V_x) \\ B_{réel_y} = B_{mesuré_y} - (B_{rémanent_y} + A \times V_y) \\ B_{réel_z} = B_{mesuré_z} - (B_{rémanent_z} + A \times V_z) \end{cases}$$

Selon un mode de réalisation, le système comprend, en outre, des moyens de correction prédictive par prise en compte des perturbations d'un modèle prédictif, par descente de gradient du ou des champs magnétiques additionnels adaptés pour utiliser la relation suivante :

$$B_{mesuré} = (I + [V_x(1 \rightarrow 3) \quad V_y(1 \rightarrow 3) \quad V_z(1 \rightarrow 3)]) * Rot * B_0 + [V_x(1 \rightarrow 3) \quad V_y(1 \rightarrow 3) \quad V_z(1 \rightarrow 3)] * \frac{\partial}{\partial t} (Rot * B_0)$$

dans laquelle:

I représente la matrice identité  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  ;

$B_0$  représente le champ magnétique de référence ;

$V_j(1 \rightarrow 3)$  représente le sous vecteur de  $V_j$  comprenant les trois premières composantes de  $V_j$ , ( $j \in \{x; y; z\}$ ); et

Rot représente la matrice de rotation de l'élément porteur.

Ainsi après réglage, les mesures du système tiennent compte des perturbations magnétiques engendrées par l'élément porteur.

Selon un autre aspect de l'invention, il est également proposé un procédé de mesure de champ magnétique par un capteur principal triaxial de mesure de champ magnétique mobile conjointement avec un élément porteur capable de générer au moins un champ magnétique additionnel perturbant les mesures dudit capteur principal triaxial. Ledit capteur triaxial est adapté pour fournir des mesures orthonormées pour un champ magnétique de référence en l'absence de perturbations magnétiques dues

audit élément porteur. On règle ledit capteur triaxial principal à partir d'une détermination du champ magnétique de référence.

Dans un mode de mise en œuvre, on détermine le ou les champs magnétiques additionnels générés par ledit élément porteur à partir de paramètres comprenant des coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur, des mesures effectuées par ledit capteur principal triaxial, et des variations temporelles de ces dites mesures.

Dans un mode de mise en œuvre, ladite détermination du ou des champs magnétiques additionnels générés par ledit élément porteur utilise le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} B_{\text{réel}_x} = B_{\text{mesuré}_x} - (B_{\text{rémanent}_x} + A \times V_x) \\ B_{\text{réel}_y} = B_{\text{mesuré}_y} - (B_{\text{rémanent}_y} + A \times V_y) \\ B_{\text{réel}_z} = B_{\text{mesuré}_z} - (B_{\text{rémanent}_z} + A \times V_z) \end{cases}$$

dans lequel:

$B_{\text{réel}_x}$ ,  $B_{\text{réel}_y}$ , et  $B_{\text{réel}_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique réel selon les axes du capteur principal;

$B_{\text{mesuré}_x}$ ,  $B_{\text{mesuré}_y}$ , et  $B_{\text{mesuré}_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique mesuré par le capteur principal selon ses trois axes;

$B_{\text{rémanent}_x}$ ,  $B_{\text{rémanent}_y}$ , et  $B_{\text{rémanent}_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique rémanent selon les axes du capteur principal;

$$A = \left[ B_{\text{mesuré}_x}; B_{\text{mesuré}_y}; B_{\text{mesuré}_z}; \frac{\partial B_{\text{mesuré}_x}}{\partial t}; \frac{\partial B_{\text{mesuré}_y}}{\partial t}; \frac{\partial B_{\text{mesuré}_z}}{\partial t} \right]; \text{ et}$$

les vecteurs  $V_x$ ,  $V_y$  et  $V_z$  ont pour composantes les coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur :

$$V_x = \begin{bmatrix} a_{xx}^i \\ a_{yx}^i \\ a_{zx}^i \\ a_{xx}^f \\ a_{yx}^f \\ a_{zx}^f \end{bmatrix} \quad V_y = \begin{bmatrix} a_{xy}^i \\ a_{yy}^i \\ a_{zy}^i \\ a_{xy}^f \\ a_{yy}^f \\ a_{zy}^f \end{bmatrix} \quad V_z = \begin{bmatrix} a_{xz}^i \\ a_{yz}^i \\ a_{zz}^i \\ a_{xz}^f \\ a_{yz}^f \\ a_{zz}^f \end{bmatrix}$$

dont les composantes ou coefficients représentatifs de la sensibilité  
5 magnétique dudit élément porteur  $a_{jk}^i$  représentent respectivement le  
coefficient de proportionnalité entre la valeur de la perturbation sur l'axe j due  
à l'axe k et la valeur du champ sur l'axe k, pour le champ magnétique induit,  
et les composantes ou coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique  
dudit élément porteur  $a_{jk}^f$  représentent respectivement le coefficient de  
10 proportionnalité entre la valeur de la perturbation sur l'axe j due à l'axe k et la  
valeur de la dérivée temporelle du champ sur l'axe k, pour le champ  
magnétique du aux courants de Foucault.

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

- la figure 1 illustre schématiquement un système selon un aspect de  
l'invention avec un capteur additionnel amovible triaxial;
- la figure 2 illustre schématiquement un système selon un aspect de  
l'invention avec un capteur additionnel amovible;
- 20 - la figure 3 illustre le réglage ou calibrage d'un système de la figure 1 ;
- la figure 4 illustre le réglage ou calibrage d'un système de la figure 2 ;
- la figure 5 illustre le fonctionnement en régime établi d'un mode de  
réalisation d'un système de la figure 1 ou 2; et
- la figure 6 illustre le fonctionnement en régime établi d'un mode de  
25 réalisation d'un système de la figure 1 ou 2.

Tel qu'illustré sur la figure1, un système de mesure de champ  
magnétique selon un aspect de l'invention comprend un capteur principal  
triaxial 1 de mesure de champ magnétique, mobile conjointement avec un  
élément porteur 2 capable de générer au moins un champ magnétique  
30 additionnel perturbant les mesures du capteur 1. L'élément porteur 2 peut,

par exemple, être un boîtier de téléphone portable, de télécommande, d'ordinateur portable, ou tout autre élément pouvant comprendre une fonctionnalité de mesure de champ magnétique. Le capteur principal triaxial 1 fournit des mesures orthonormées pour un champ magnétique de référence en l'absence de perturbations magnétiques de l'élément porteur 2. le champ magnétique de référence pour lequel, en l'absence de perturbations magnétiques de l'élément porteur, les mesures fournies par le capteur triaxial principal 1 sont orthonormées, peut, par exemple être le champ magnétique à la surface de la Terre.

Le réglage du capteur principal triaxial 1 est effectué par une unité de commande électronique 3 et un capteur additionnel amovible triaxial 4a, mobile conjointement avec l'élément porteur 2. En d'autres termes, la liaison entre le capteur additionnel amovible 4a et le reste du système est une liaison rigide.

Un module de détermination 5 détermine le ou les champs magnétiques additionnels générés par l'élément porteur 2 à partir de paramètres comprenant des coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique de l'élément porteur 2, des mesures effectuées par le capteur principal triaxial 1, et des variations temporelles de ces mesures.

Un premier module de calcul 6 calcule les composantes respectives  $B_{\text{rémanent}_x}$ ,  $B_{\text{rémanent}_y}$ ,  $B_{\text{rémanent}_z}$ , du champ magnétique rémanent  $B_{\text{rémanent}}$  par différences entre des moyennes de mesures effectuées simultanément par les deux capteurs triaxiaux 1 et 4a.

Un deuxième module de calcul 7 calcule des vecteurs  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$  des coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique de l'élément porteur 2 par estimation des moindres carrés sur le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} A \times V_x = (B_{\text{mesuré}_x} - B_{\text{rémanent}_x}) \\ A \times V_y = (B_{\text{mesuré}_y} - B_{\text{rémanent}_y}) \\ A \times V_z = (B_{\text{mesuré}_z} - B_{\text{rémanent}_z}) \end{cases}$$

Un module de correction 8 corrige les mesures du capteur principal triaxial 1 pour délivrer le champ magnétique réel  $B_{\text{réel}}$  à partir du champ magnétique mesuré  $B_{\text{mesuré}}$  par le capteur principal triaxial 1 et des données fournies par l'unité de commande électronique 3. Des exemples de réalisation du module de correction 8 sont décrits ultérieurement par les figures 5 et 6.

La figure 2 représente un autre mode réalisation de l'invention, dans lequel le capteur additionnel amovible de mesure du champ magnétique est un capteur scalaire 4b, ou, en d'autres termes un capteur fournissant la norme d'un champ magnétique, et non ses composantes selon trois axes comme le capteur triaxial 4a de la figure 1.

Les éléments du système ayant des références identiques à des références de la figure 1 sont des éléments identiques à ceux de la figure 1.

Le mode de réalisation représenté sur la figure 2 ne comprend pas les modules de calcul 6 et 7, mais comprend un module d'optimisation 9 pour optimiser l'égalité suivante pour une série de mesures effectuées simultanément avec le capteur principal triaxial 1 et le capteur additionnel scalaire 4b :

$$\|Mes\_scalaire\| = \|B_{\text{mesuré}} - B_{\text{perturbateur}}\|$$

dans laquelle  $\|Mes\_scalaire\|$  représente une norme d'une mesure du capteur additionnel scalaire 4b, et  $B_{\text{perturbateur}}$  représente le ou les champs magnétiques additionnels perturbants générés par ledit élément porteur 2.

Le capteur additionnel amovible, qu'il soit triaxial 4a comme dans le système de la figure 1, ou scalaire 4b comme dans le système de la figure 2, est utilisé dans une phase de réglage ou calibration du capteur triaxial principal 1. En phase de fonctionnement établi du système, lorsque le capteur principal triaxial 1 est calibré ou réglé, le capteur additionnel 4a ou 4b amovible a été retiré.

En variante des systèmes des figures 1 et 2, le système peut comprendre, à la place d'un capteur additionnel amovible 4a ou 4b servant au réglage ou calibrage du capteur principal triaxial 1, un générateur de champ magnétique prédéterminé auquel est soumis me système. Ainsi on connaît parfaitement le champ magnétique de référence.

La figure 3 illustre le calibrage du capteur triaxial principal 1 du système de la figure 1. Des mesures sont effectuées simultanément (étape 30) par le capteur triaxial principal 1 et par le capteur triaxial additionnel 4a. A partir de ces mesures (étape 30), les premier et deuxième modules de calcul 6 et 7 déterminent les vecteurs  $V_x, V_y, V_z$  des coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique de l'élément porteur 2 (étape 31) de la façon décrite précédemment, par moindres carrés. Ainsi, le capteur principal triaxial 1 est réglé ou calibré (étape 32).

La figure 4 illustre le calibrage du capteur triaxial principal 1 du système de la figure 2. Des mesures sont effectuées simultanément (étape 40) par le capteur triaxial principal 1 et par le capteur scalaire additionnel 4b. A partir de ces mesures (étape 40), le module d'optimisation 9 détermine les vecteurs  $V_x, V_y, V_z$  des coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique de l'élément porteur 2 (étape 41) de la façon décrite précédemment, par optimisation d'une égalité. Ainsi, le capteur principal triaxial 1 est réglé ou calibré (étape 42).

Les figures 5 et 6 illustrent le fonctionnement d'un système selon la figure 1 ou 2 ayant été réglé ou calibré (respectivement étapes 50 et 60) comme illustré par les figures 3 ou 4.

Dans le cas de la figure 5, le module de correction 8 corrige (étape 51) les mesures du capteur triaxial principal 1 pour délivrer le champ magnétique réel à partir de ces mesures et de données fournies par les modules de calcul 6 et 7 ou par le module d'optimisation 9, selon le mode de réalisation du système, en utilisant le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} B_{réel_x} = B_{mesuré_x} - (B_{rémanent_x} + A \times V_x) \\ B_{réel_y} = B_{mesuré_y} - (B_{rémanent_y} + A \times V_y) \\ B_{réel_z} = B_{mesuré_z} - (B_{rémanent_z} + A \times V_z) \end{cases} \quad 30$$

Dans le cas de la figure 6, le module de correction 8 corrige (étape 5 61) les mesures du capteur triaxial principal 1 pour délivrer le champ magnétique réel par correction prédictive par descente de gradient utilisant la relation suivante :

$$B_{\text{mesuré}} = (I + [V_x(1 \rightarrow 3) \quad V_y(1 \rightarrow 3) \quad V_z(1 \rightarrow 3)]) * \text{Rot} * B_0 + [V_x(1 \rightarrow 3) \quad V_y(1 \rightarrow 3) \quad V_z(1 \rightarrow 3)] * \frac{\partial}{\partial t} (\text{Rot} * B_0)$$

dans laquelle:

10 I représente la matrice identité  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  ;

$B_0$  représente le champ magnétique de référence ;

$V_j(1 \rightarrow 3)$  représente le sous vecteur de  $V_j$  comprenant les trois premières composantes de  $V_j$ , ( $j \in \{x; y; z\}$ ); et

Rot représente la matrice de rotation de l'élément porteur.

15

La présente invention permet de mesurer, de manière précise et à coût réduit, un champ magnétique au moyen d'un capteur triaxial lié à élément porteur capable de générer au moins un champ magnétique additionnel perturbant les mesures, en annihilant l'effet du ou des champs magnétiques additionnels sur les mesures. L'invention permet d'éliminer 20 l'influence sur les mesures du ou des champs magnétiques perturbateurs.

25

## REVENDEICATIONS

1. Système de mesure de champ magnétique triaxial comprenant un capteur principal triaxial (1) de mesure de champ magnétique mobile conjointement avec un élément porteur (2) capable de générer au moins un champ magnétique additionnel perturbant les mesures dudit capteur principal triaxial (1), ledit capteur principal triaxial (1) étant adapté pour fournir des mesures orthonormées pour un champ magnétique de référence en l'absence de perturbations magnétiques dues audit élément porteur (2), caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de réglage (5, 6, 7, 9 4a, 4b) dudit capteur principal triaxial (1) comprenant des moyens de détermination du champ magnétique de référence, lesdits moyens de détermination du champ magnétique de référence comprenant un générateur de champ magnétique prédéterminé ou un capteur additionnel (4a, 4b) amovible de mesure de champ magnétique, mobile conjointement avec ledit élément porteur (2), et disposé à l'extérieur dudit élément porteur (2) en dehors du ou des champs magnétiques additionnels.

2. Système selon la revendication 1, dans lequel lesdits moyens de réglage dudit capteur principal triaxial (1) comprennent des moyens de détermination (5) du ou des champs magnétiques additionnels générés par ledit élément porteur (2) à partir de paramètres comprenant des coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur (2), des mesures effectuées par ledit capteur principal triaxial (1), et des variations temporelles de ces dites mesures.

3. Système selon la revendication 2, dans lequel lesdits moyens de détermination (5) du ou des champs magnétiques additionnels générés par ledit élément porteur (2) sont adaptés pour mettre en œuvre le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} B_{\text{réel}_x} = B_{\text{mesuré}_x} - (B_{\text{rémanent}_x} + A \times V_x) \\ B_{\text{réel}_y} = B_{\text{mesuré}_y} - (B_{\text{rémanent}_y} + A \times V_y) \\ B_{\text{réel}_z} = B_{\text{mesuré}_z} - (B_{\text{rémanent}_z} + A \times V_z) \end{cases}$$

dans lequel:

5  $B_{réel_x}$ ,  $B_{réel_y}$ , et  $B_{réel_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique réel selon les trois axes du capteur principal triaxial (1) ;

$B_{mesuré_x}$ ,  $B_{mesuré_y}$ , et  $B_{mesuré_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique mesuré par le capteur principal triaxial (1) selon ses trois axes;

10  $B_{rémanent_x}$ ,  $B_{rémanent_y}$ , et  $B_{rémanent_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique rémanent selon les trois axes du capteur principal triaxial (1);

$$A = \left[ B_{mesuré_x} ; B_{mesuré_y} ; B_{mesuré_z} ; \frac{\partial B_{mesuré_x}}{\partial t} ; \frac{\partial B_{mesuré_y}}{\partial t} ; \frac{\partial B_{mesuré_z}}{\partial t} \right]; \text{ et}$$

15 les vecteurs  $V_x$ ,  $V_y$  et  $V_z$  ont pour composantes les coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur (2) :

$$20 \quad V_x = \begin{bmatrix} a_{xx}^i \\ a_{yx}^i \\ a_{zx}^i \\ a_{xx}^f \\ a_{yx}^f \\ a_{zx}^f \end{bmatrix} \quad V_y = \begin{bmatrix} a_{xy}^i \\ a_{yy}^i \\ a_{zy}^i \\ a_{xy}^f \\ a_{yy}^f \\ a_{zy}^f \end{bmatrix} \quad V_z = \begin{bmatrix} a_{xz}^i \\ a_{yz}^i \\ a_{zz}^i \\ a_{xz}^f \\ a_{yz}^f \\ a_{zz}^f \end{bmatrix}$$

dont les composantes ou coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur  $a_{jk}^i$  représentent respectivement le coefficient de proportionnalité entre la valeur de la perturbation sur l'axe j due à l'axe k et la valeur du champ sur l'axe k, pour le champ magnétique induit, et les composantes ou coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique

dudit élément porteur  $a_{jk}^f$  représentent respectivement le coefficient de proportionnalité entre la valeur de la perturbation sur l'axe j due à l'axe k et la valeur de la dérivée temporelle du champ sur l'axe k, pour le champ magnétique du aux courants de Foucault.

5

4. Système selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel, lesdits moyens de détermination du champ magnétique de référence comprenant un capteur additionnel amovible de mesure de champ magnétique, ledit capteur additionnel amovible est un capteur additionnel triaxial (4a), dont les axes  
10 sont respectivement parallèles aux axes du capteur triaxial principal (1).

5. Système selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel, lesdits moyens de détermination du champ magnétique de référence comprenant un capteur additionnel amovible de mesure de champ magnétique, ledit capteur  
15 additionnel amovible de mesure de champ magnétique est un capteur scalaire (4b).

6. Système selon la revendication 4, dans lequel lesdits moyens de réglage dudit capteur principal triaxial (1) comprennent des premiers moyens  
20 de calcul (6) adaptés pour calculer les composantes respectives du champ magnétique rémanent par différences entre des moyennes de mesures effectuées simultanément par les deux capteurs triaxiaux (1, 4a).

7. Système selon la revendication 6, dans lequel lesdits moyens de  
25 réglage dudit capteur principal triaxial (1) comprennent des deuxièmes moyens de calcul (7) des vecteurs ( $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ ) desdits coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur (2) par estimation des moindres carrés sur le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} A \times V_x = (B_{\text{mesuré}_x} - B_{\text{rémanent}_x}) \\ A \times V_y = (B_{\text{mesuré}_y} - B_{\text{rémanent}_y}) \\ A \times V_z = (B_{\text{mesuré}_z} - B_{\text{rémanent}_z}) \end{cases}$$

8. Système selon la revendication 5, dans lequel lesdits moyens de réglage dudit capteur principal triaxial (1) comprennent des moyens d'optimisation (9) adaptés pour optimiser l'égalité suivante pour une série de mesures effectuées simultanément avec ledit capteur principal triaxial (1) et ledit capteur scalaire (4b) :

$$\| \text{Mes\_scalaire} \| = \| B_{\text{mesuré}} - B_{\text{perturbateur}} \|$$

dans laquelle  $\| \text{Mes\_scalaire} \|$  représente une norme d'une mesure du capteur scalaire (4b), et  $B_{\text{perturbateur}}$  représente le ou les champs magnétiques additionnels perturbants générés par ledit élément porteur (2).

9. Système selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant, en outre, des moyens de correction (8) des mesures dudit capteur principal triaxial (1) adaptés pour délivrer le champ magnétique réel à partir du champ magnétique mesuré par ledit capteur principal triaxial (1) et des données fournies par lesdits moyens de réglage en utilisant le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} B_{\text{réel}_x} = B_{\text{mesuré}_x} - (B_{\text{rémanent}_x} + A \times V_x) \\ B_{\text{réel}_y} = B_{\text{mesuré}_y} - (B_{\text{rémanent}_y} + A \times V_y) \\ B_{\text{réel}_z} = B_{\text{mesuré}_z} - (B_{\text{rémanent}_z} + A \times V_z) \end{cases}$$

10. Système selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant, en outre, des moyens de correction (8) prédictive par prise en compte des perturbations d'un modèle prédictif, par descente de gradient du ou des champs magnétiques additionnels, adaptés pour utiliser la relation suivante :

$$B_{\text{mesuré}} = (I + [V_x(1 \rightarrow 3) \quad V_y(1 \rightarrow 3) \quad V_z(1 \rightarrow 3)]) * \text{Rot} * B_0 \\ + [V_x(1 \rightarrow 3) \quad V_y(1 \rightarrow 3) \quad V_z(1 \rightarrow 3)] * \frac{\partial}{\partial t} (\text{Rot} * B_0)$$

dans laquelle:

$$I \text{ représente la matrice identité } \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$B_0$  représente le champ magnétique de référence ;

- 5  $V_j(1 \rightarrow 3)$  représente le sous vecteur de  $V_j$  comprenant les trois premières composantes de  $V_j$ , ( $j \in \{x; y; z\}$ ); et

Rot représente la matrice de rotation de l'élément porteur.

11. Procédé de mesure de champ magnétique triaxial par un capteur  
 10 principal triaxial (1) de mesure de champ magnétique mobile conjointement avec un élément porteur (2) capable de générer au moins un champ magnétique additionnel perturbant les mesures dudit capteur principal triaxial (1), ledit capteur triaxial (1) étant adapté pour fournir des mesures orthonormées pour un champ magnétique de référence en l'absence de  
 15 perturbations magnétiques dues audit élément porteur (2), caractérisé en ce que l'on règle ledit capteur triaxial principal (1) à partir d'une détermination du champ magnétique de référence, ladite détermination du champ magnétique de référence utilisant un générateur de champ magnétique prédéterminé ou  
 20 un capteur additionnel (4a, 4b) amovible de mesure de champ magnétique, mobile conjointement avec ledit élément porteur (2), et disposé à l'extérieur dudit élément porteur (2) en dehors du ou des champs magnétiques additionnels.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel on détermine le ou  
 25 les champs magnétiques additionnels générés par ledit élément porteur (2) à partir de paramètres comprenant des coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur (2), des mesures effectuées par

ledit capteur principal triaxial (1), et des variations temporelles de ces dites mesures.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel ladite  
 5 détermination du ou des champs magnétiques additionnels générés par ledit élément porteur (2) utilise le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} B_{réel_x} = B_{mesuré_x} - (B_{rémanent_x} + A \times V_x) \\ B_{réel_y} = B_{mesuré_y} - (B_{rémanent_y} + A \times V_y) \\ B_{réel_z} = B_{mesuré_z} - (B_{rémanent_z} + A \times V_z) \end{cases}$$

dans lequel:

$B_{réel_x}$ ,  $B_{réel_y}$ , et  $B_{réel_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique réel selon les trois axes du capteur principal triaxial (1) ;

15  $B_{mesuré_x}$ ,  $B_{mesuré_y}$ , et  $B_{mesuré_z}$  représentent les composantes respectives du champ magnétique mesuré par le capteur principal triaxial (1) selon ses trois axes;

$B_{rémanent_x}$ ,  $B_{rémanent_y}$ , et  $B_{rémanent_z}$  représentent les composantes respectives du  
 20 champ magnétique rémanent selon les trois axes du capteur principal triaxial (1) ;

$$A = \left[ B_{mesuré_x} ; B_{mesuré_y} ; B_{mesuré_z} ; \frac{\partial B_{mesuré_x}}{\partial t} ; \frac{\partial B_{mesuré_y}}{\partial t} ; \frac{\partial B_{mesuré_z}}{\partial t} \right] ; \text{ et}$$

les vecteurs  $V_x$ ,  $V_y$  et  $V_z$  ont pour composantes les coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur  
 (2) :

25

$$V_x = \begin{bmatrix} a_{xx}^i \\ a_{yx}^i \\ a_{zx}^i \\ a_{xx}^f \\ a_{yx}^f \\ a_{zx}^f \end{bmatrix} \quad V_y = \begin{bmatrix} a_{xy}^i \\ a_{yy}^i \\ a_{zy}^i \\ a_{xy}^f \\ a_{yy}^f \\ a_{zy}^f \end{bmatrix} \quad V_z = \begin{bmatrix} a_{xz}^i \\ a_{yz}^i \\ a_{zz}^i \\ a_{xz}^f \\ a_{yz}^f \\ a_{zz}^f \end{bmatrix}$$

dont les composantes ou coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur  $a_{jk}^i$  représentent respectivement le coefficient de proportionnalité entre la valeur de la perturbation sur l'axe j due à l'axe k et la valeur du champ sur l'axe k, pour le champ magnétique induit, et les composantes ou coefficients représentatifs de la sensibilité magnétique dudit élément porteur  $a_{jk}^f$  représentent respectivement le coefficient de proportionnalité entre la valeur de la perturbation sur l'axe j due à l'axe k et la valeur de la dérivée temporelle du champ sur l'axe k, pour le champ magnétique du aux courants de Foucault.

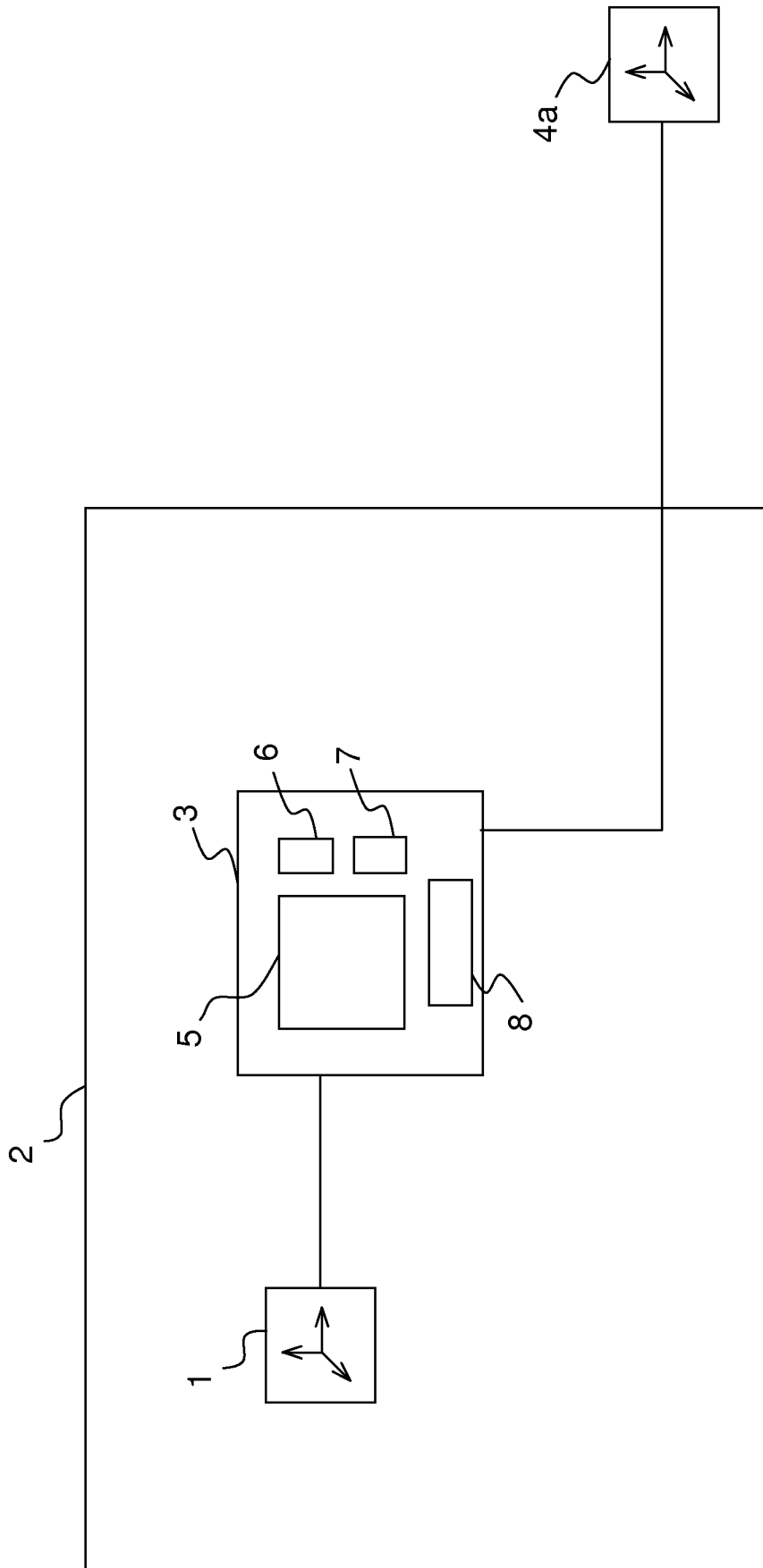


FIG.1

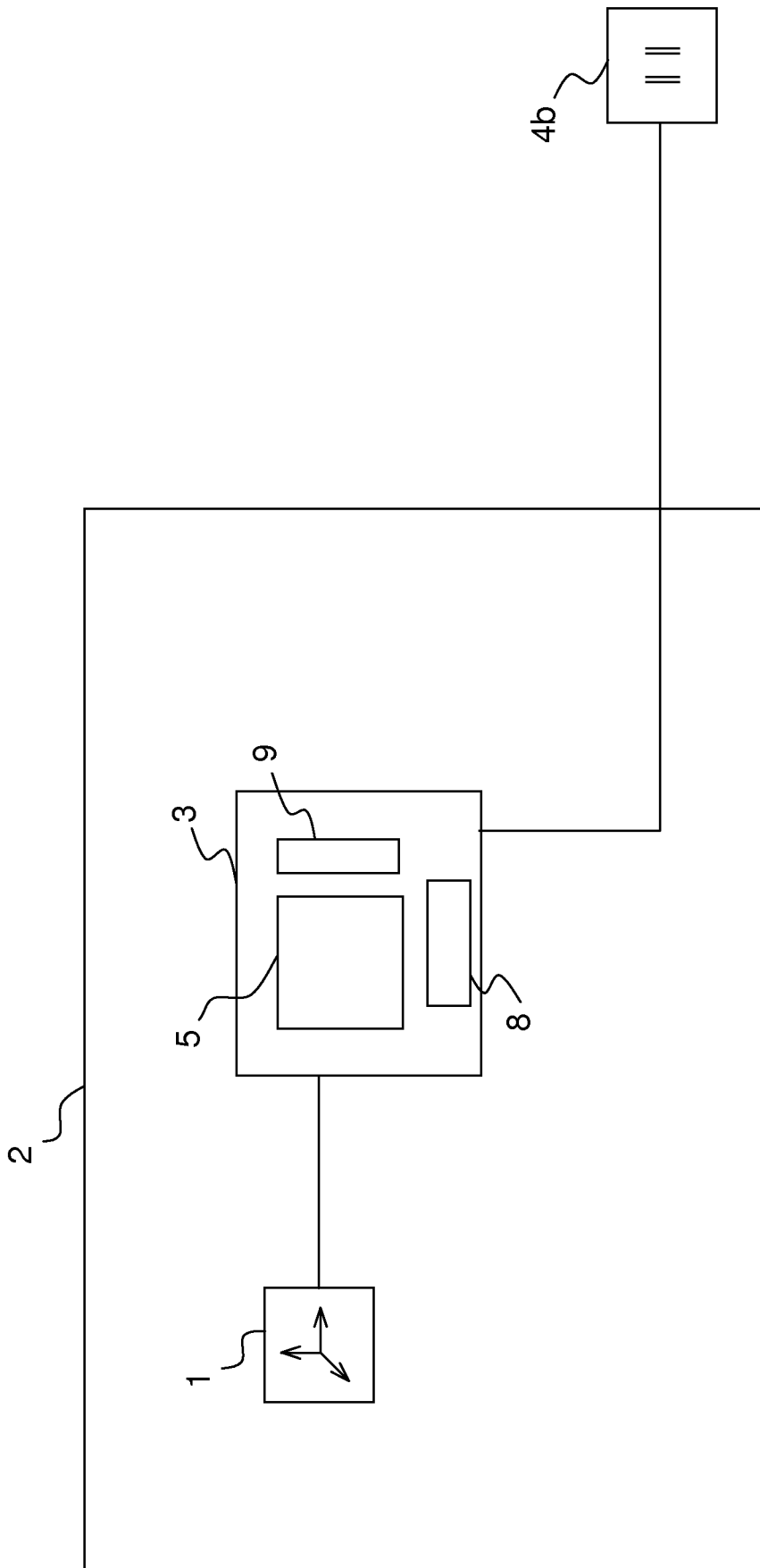


FIG.2

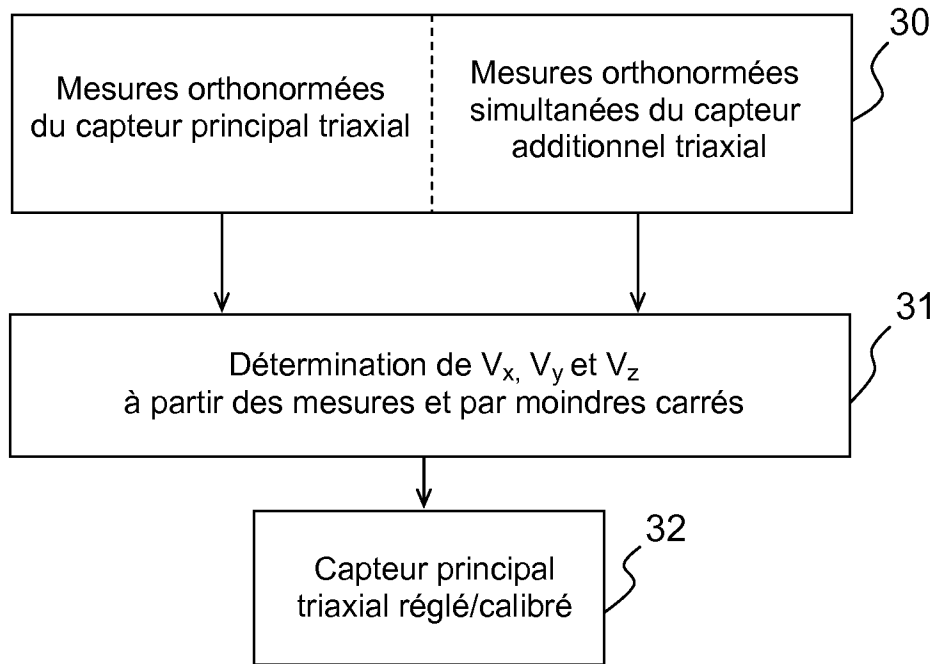


FIG.3

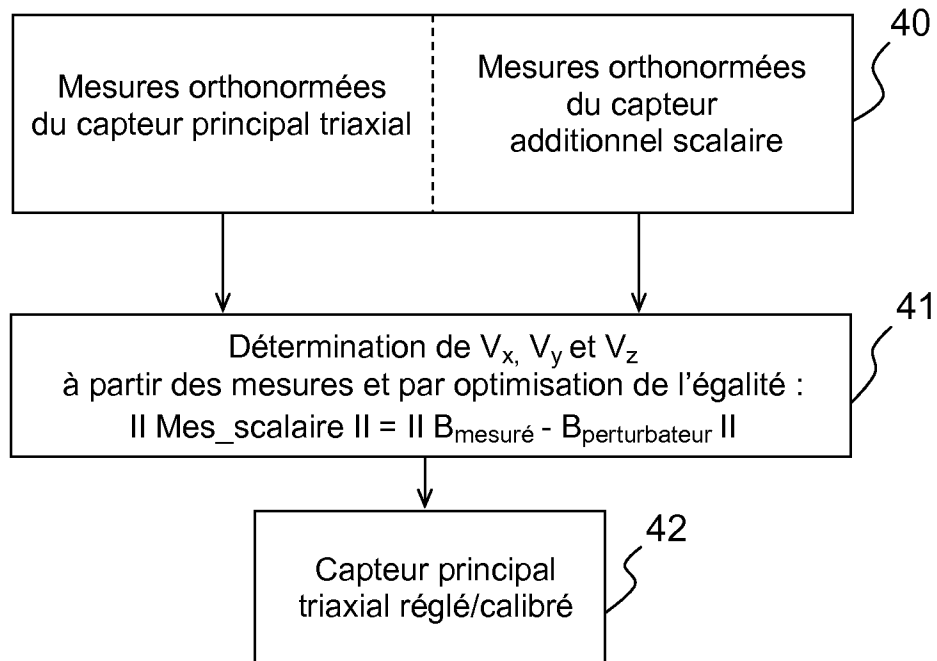


FIG.4

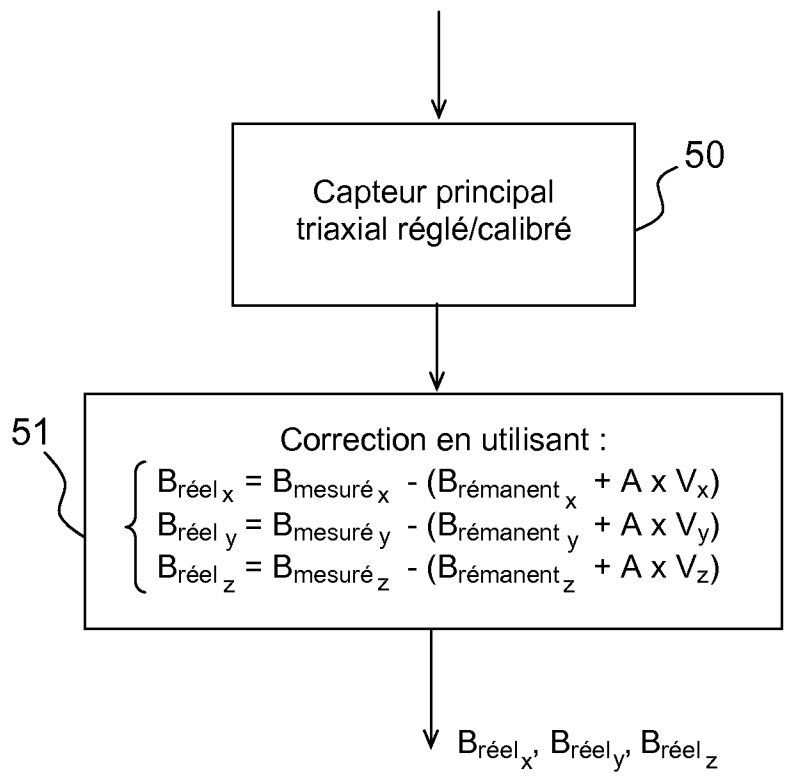


FIG.5

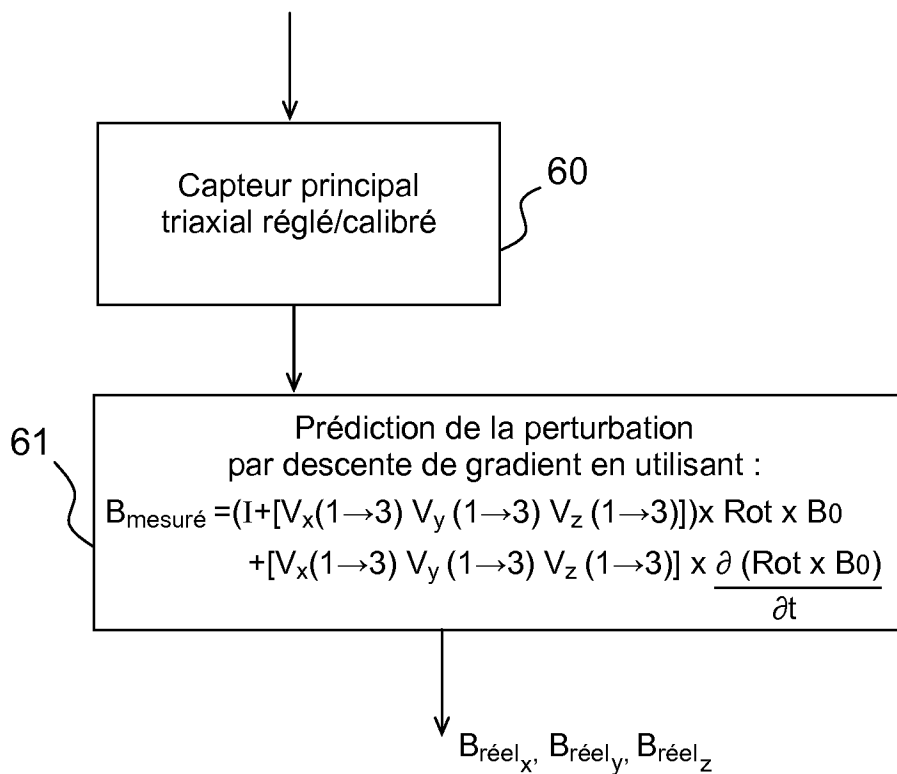


FIG.6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/055803

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01R33/02 G01R33/025 G01C17/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 718 598 A (EUROCOPTER FRANCE [FR]) 26 June 1996 (1996-06-26) abstract page 9, line 5 - line 46; figures 1,3	1-13
X	US 5 182 514 A (RICE JR JOSEPH A [US]) 26 January 1993 (1993-01-26) abstract column 9, line 28 - column 10, line 30; figure 2	1-13
X	EP 0 041 892 A (CROUZET SA [FR]) 16 December 1981 (1981-12-16) abstract page 19, line 22 - page 21, line 26; figure 5	1-13
	----- -/--	

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 juin 2009

Date of mailing of the international search report

26/06/2009

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Bergado Colina, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/055803

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 663 428 A (THOMSON CSF [FR]) 20 December 1991 (1991-12-20) abstract page 6, line 11 - page 10, line 14; figures 4,5	1-13
X	WO 02/46693 A (HONEYWELL INT INC [US]) 13 June 2002 (2002-06-13) abstract page 13, line 10 - page 18, line 19; figures 3-5	1-13
X	US 7 216 055 B1 (HORTON MICHAEL A [US] ET AL) 8 May 2007 (2007-05-08) abstract column 3, line 33 - column 6, line 4; figure 2	1-13
X	EP 0 226 653 A (LITEF LITTON TECH HELDIGE [DE]) 1 July 1987 (1987-07-01) abstract	1-13
A	FR 2 766 935 A (MOTOROLA INC [US]) 5 February 1999 (1999-02-05) the whole document	1-13
A	US 2002/188416 A1 (ZHOU ZHAOYING [CN] ET AL) 12 December 2002 (2002-12-12) the whole document	1-13
A	US 6 130 534 A (HUANG SHIH-CHU [TW] ET AL) 10 October 2000 (2000-10-10) the whole document	1-13
A	EP 0 436 794 A (ISRAEL STATE [IL]) 17 July 1991 (1991-07-17) the whole document	1-13
A	US 5 134 369 A (LO ALLEN K [US] ET AL) 28 July 1992 (1992-07-28) the whole document	1-13
A	US 2003/149528 A1 (LIN CHING-FANG [US]) 7 August 2003 (2003-08-07) abstract	1-13
A	FR 2 704 065 A (THOMSON CSF [FR]) 21 October 1994 (1994-10-21) abstract	1-13
A	US 6 122 538 A (SLIWA JR JOHN WILLIAM [US] ET AL) 19 September 2000 (2000-09-19) abstract	1-13
	----- -/--	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/055803

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 92/16719 A (SCIENT DRILLING INT [US]) 1 October 1992 (1992-10-01) abstract	1-13
A	----- US 2005/173153 A1 (ALFT KEVIN L [US] ET AL) 11 August 2005 (2005-08-11) abstract; figures 2,4-6 -----	1-13

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/055803

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 0718598	A	26-06-1996	DE 69514492 D1	17-02-2000
			DE 69514492 T2	15-06-2000
			FR 2728338 A1	21-06-1996
			JP 3734868 B2	11-01-2006
			JP 8285634 A	01-11-1996
			US 5654635 A	05-08-1997
US 5182514	A	26-01-1993	NONE	
EP 0041892	A	16-12-1981	AU 553800 B2	31-07-1986
			AU 7140181 A	10-12-1981
			CA 1194119 A1	24-09-1985
			DE 3162423 D1	05-04-1984
			FR 2484079 A1	11-12-1981
			JP 1683018 C	31-07-1992
			JP 3040323 B	18-06-1991
			JP 57052813 A	29-03-1982
			US 4414753 A	15-11-1983
			FR 2663428	A
DE 69100900 T2	21-04-1994			
EP 0533765 A1	31-03-1993			
WO 9120000 A1	26-12-1991			
WO 0246693	A	13-06-2002	AU 1792102 A	18-06-2002
			CA 2431722 A1	13-06-2002
			EP 1340043 A2	03-09-2003
			JP 4093861 B2	04-06-2008
			JP 2004525347 T	19-08-2004
			US 2002100178 A1	01-08-2002
US 7216055	B1	08-05-2007	NONE	
EP 0226653	A	01-07-1987	DE 3568374 D1	30-03-1989
			ES 2002936 A6	01-10-1988
			JP 62157518 A	13-07-1987
			US 4870602 A	26-09-1989
FR 2766935	A	05-02-1999	US 6113034 A	05-09-2000
US 2002188416	A1	12-12-2002	CN 1325017 A	05-12-2001
US 6130534	A	10-10-2000	NONE	
EP 0436794	A	17-07-1991	AT 118873 T	15-03-1995
			DE 69017177 D1	30-03-1995
			DE 69017177 T2	10-08-1995
			IL 92239 A	04-04-1993
			US 5095631 A	17-03-1992
US 5134369	A	28-07-1992	CA 2061310 A1	13-09-1992
			DE 69201069 D1	16-02-1995
			EP 0503384 A1	16-09-1992
US 2003149528	A1	07-08-2003	NONE	
FR 2704065	A	21-10-1994	NONE	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/055803

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6122538	A	19-09-2000	NONE	
<hr/>				
WO 9216719	A	01-10-1992	AU 1687692	A 21-10-1992
			CA 2105564	A1 22-09-1992
			EP 0615573	A1 21-09-1994
			US 5155916	A 20-10-1992
<hr/>				
US 2005173153	A1	11-08-2005	NONE	
<hr/>				

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2009/055803

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

INV. G01R33/02 G01R33/025 G01C17/38

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

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

 Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
 G01R G01C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 718 598 A (EUROCOPTER FRANCE [FR]) 26 juin 1996 (1996-06-26) abrégé page 9, ligne 5 - ligne 46; figures 1,3	1-13
X	US 5 182 514 A (RICE JR JOSEPH A [US]) 26 janvier 1993 (1993-01-26) abrégé colonne 9, ligne 28 - colonne 10, ligne 30; figure 2	1-13
X	EP 0 041 892 A (CROUZET SA [FR]) 16 décembre 1981 (1981-12-16) abrégé page 19, ligne 22 - page 21, ligne 26; figure 5	1-13
	----- -/--	

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

 Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\*
- \*PA\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

19 juin 2009

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

26/06/2009

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

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

Fonctionnaire autorisé

Bergado Colina, J

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 663 428 A (THOMSON CSF [FR]) 20 décembre 1991 (1991-12-20) abrégé page 6, ligne 11 - page 10, ligne 14; figures 4,5	1-13
X	WO 02/46693 A (HONEYWELL INT INC [US]) 13 juin 2002 (2002-06-13) abrégé page 13, ligne 10 - page 18, ligne 19; figures 3-5	1-13
X	US 7 216 055 B1 (HORTON MICHAEL A [US] ET AL) 8 mai 2007 (2007-05-08) abrégé colonne 3, ligne 33 - colonne 6, ligne 4; figure 2	1-13
X	EP 0 226 653 A (LITEF LITTON TECH HELDIGE [DE]) 1 juillet 1987 (1987-07-01) abrégé	1-13
A	FR 2 766 935 A (MOTOROLA INC [US]) 5 février 1999 (1999-02-05) le document en entier	1-13
A	US 2002/188416 A1 (ZHOU ZHAOYING [CN] ET AL) 12 décembre 2002 (2002-12-12) le document en entier	1-13
A	US 6 130 534 A (HUANG SHIH-CHU [TW] ET AL) 10 octobre 2000 (2000-10-10) le document en entier	1-13
A	EP 0 436 794 A (ISRAEL STATE [IL]) 17 juillet 1991 (1991-07-17) le document en entier	1-13
A	US 5 134 369 A (LO ALLEN K [US] ET AL) 28 juillet 1992 (1992-07-28) le document en entier	1-13
A	US 2003/149528 A1 (LIN CHING-FANG [US]) 7 août 2003 (2003-08-07) abrégé	1-13
A	FR 2 704 065 A (THOMSON CSF [FR]) 21 octobre 1994 (1994-10-21) abrégé	1-13
A	US 6 122 538 A (SLIWA JR JOHN WILLIAM [US] ET AL) 19 septembre 2000 (2000-09-19) abrégé	1-13
	----- -/--	

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 92/16719 A (SCIENT DRILLING INT [US]) 1 octobre 1992 (1992-10-01) abrégé	1-13
A	US 2005/173153 A1 (ALFT KEVIN L [US] ET AL) 11 août 2005 (2005-08-11) abrégé; figures 2,4-6	1-13

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2009/055803

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 0718598	A	26-06-1996	DE	69514492 D1	17-02-2000
			DE	69514492 T2	15-06-2000
			FR	2728338 A1	21-06-1996
			JP	3734868 B2	11-01-2006
			JP	8285634 A	01-11-1996
			US	5654635 A	05-08-1997
US 5182514	A	26-01-1993	AUCUN		
EP 0041892	A	16-12-1981	AU	553800 B2	31-07-1986
			AU	7140181 A	10-12-1981
			CA	1194119 A1	24-09-1985
			DE	3162423 D1	05-04-1984
			FR	2484079 A1	11-12-1981
			JP	1683018 C	31-07-1992
			JP	3040323 B	18-06-1991
			JP	57052813 A	29-03-1982
			US	4414753 A	15-11-1983
FR 2663428	A	20-12-1991	DE	69100900 D1	10-02-1994
			DE	69100900 T2	21-04-1994
			EP	0533765 A1	31-03-1993
			WO	9120000 A1	26-12-1991
WO 0246693	A	13-06-2002	AU	1792102 A	18-06-2002
			CA	2431722 A1	13-06-2002
			EP	1340043 A2	03-09-2003
			JP	4093861 B2	04-06-2008
			JP	2004525347 T	19-08-2004
			US	2002100178 A1	01-08-2002
US 7216055	B1	08-05-2007	AUCUN		
EP 0226653	A	01-07-1987	DE	3568374 D1	30-03-1989
			ES	2002936 A6	01-10-1988
			JP	62157518 A	13-07-1987
			US	4870602 A	26-09-1989
FR 2766935	A	05-02-1999	US	6113034 A	05-09-2000
US 2002188416	A1	12-12-2002	CN	1325017 A	05-12-2001
US 6130534	A	10-10-2000	AUCUN		
EP 0436794	A	17-07-1991	AT	118873 T	15-03-1995
			DE	69017177 D1	30-03-1995
			DE	69017177 T2	10-08-1995
			IL	92239 A	04-04-1993
			US	5095631 A	17-03-1992
US 5134369	A	28-07-1992	CA	2061310 A1	13-09-1992
			DE	69201069 D1	16-02-1995
			EP	0503384 A1	16-09-1992
US 2003149528	A1	07-08-2003	AUCUN		
FR 2704065	A	21-10-1994	AUCUN		

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2009/055803

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6122538	A	19-09-2000	AUCUN	
WO 9216719	A	01-10-1992	AU 1687692 A	21-10-1992
			CA 2105564 A1	22-09-1992
			EP 0615573 A1	21-09-1994
			US 5155916 A	20-10-1992
US 2005173153	A1	11-08-2005	AUCUN	