



- (51) Classification internationale des brevets :
G06F 3/0346 (2013.01) *G06F 3/038* (2013.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/059140
- (22) Date de dépôt international :
5 mai 2014 (05.05.2014)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1354 157 7 mai 2013 (07.05.2013) FR
- (71) Déposant : COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; Bâtiment le Ponant D, 25 rue Leblanc, F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs : HAUTSON, Tristan; 34 avenue Aristide Briand, F-38600 Fontaine (FR). JOBERT, Timothée; 12 rue Servan, F-38000 Grenoble (FR).
- (74) Mandataire : COLOMBO, Michel; GIE Innovation Compétence Group, Groupement de mandataires n°552, 310 avenue Berthelot, F-69008 Lyon (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR CONTROLLING A GRAPHICAL INTERFACE FOR DISPLAYING IMAGES OF A THREE-DIMENSIONAL OBJECT

(54) Titre : PROCEDE DE COMMANDE D'UNE INTERFACE GRAPHIQUE POUR AFFICHER DES IMAGES D'UN OBJET TRIDIMENSIONNEL

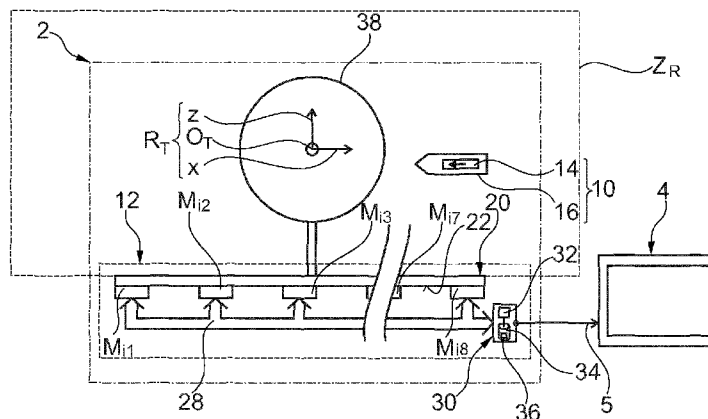


Fig. 1

(57) Abstract : This method for controlling a graphical interface comprises: - calculating (68) the coordinates of a permanent magnet and the direction of the magnetic moment of the permanent magnet from magnetometer measurements, - matching (70) the dimensions of a three-dimensional object with the previously calculated coordinates by multiplying each dimension of the three-dimensional object by a coefficient C_v in order to obtain a three-dimensional object brought to scale and by multiplying the calculated coordinates by the inverse of a coefficient CR in order to obtain scaled coordinates, - constructing (72) a two-dimensional image corresponding to the image of the object brought to scale observed from a viewpoint and along an optical axis deduced from the scaled coordinates and from the direction of the magnetic moment of the permanent magnet, and - controlling (74) the graphical interface to display the constructed image on this graphical interface.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]





TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, **Publiée :**
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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

Ce procédé de commande d'une interface graphique comporte : - le calcul (68) des coordonnées d'un aimant permanent et de la direction du moment magnétique de l'aimant permanent à partir de mesures de magnétomètres, - la mise en correspondance (70) des dimensions d'un objet tridimensionnel avec les coordonnées précédemment calculées en multipliant chaque dimension de l'objet tridimensionnel par un coefficient C_v pour obtenir un objet tridimensionnel mis à l'échelle et en multipliant les coordonnées calculées par l'inverse d'un coefficient C_R pour obtenir des coordonnées à l'échelle, - la construction (72) d'une image en deux dimensions correspondant à l'image de l'objet mis à l'échelle observé depuis un point de vue et le long d'un axe optique déduits des coordonnées à l'échelle et de la direction du moment magnétique de l'aimant permanent, et - la commande (74) de l'interface graphique pour afficher l'image construite sur cette interface graphique.

**PROCEDE DE COMMANDE D'UNE INTERFACE GRAPHIQUE POUR AFFICHER
DES IMAGES D'UN OBJET TRIDIMENSIONNEL**

[001] L'invention concerne un procédé et un appareil de commande d'une interface
5 graphique pour afficher des images d'un objet tridimensionnel. Elle a également pour
objet un support d'enregistrement d'informations pour la mise en œuvre de ce
procédé.

[002] Il existe aujourd'hui de plus en plus de fichiers numériques codant des objets
tridimensionnels et de plus en plus d'applications utilisant de tels fichiers. Par
10 exemple, les logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) permettent de
générer de tel fichiers. Le service « Google Earth »[®] permettant d'observer depuis le
ciel le globe terrestre est un exemple d'une application utilisant un tel fichier. On peut
également citer l'application « Google Street View »[®] qui permet d'afficher ce qu'un
piéton pourrait voir en se promenant dans les rues d'une ville.

[003] Un objet tridimensionnel est un objet dont la position de chaque point dans un
15 espace à trois dimensions est fonction de trois coordonnées dans cet espace. Un
objet tridimensionnel n'est pas nécessairement en « relief ». Il peut aussi s'agir d'une
image plane dont la position de chaque point de l'image dans l'espace à trois
dimensions est fonction des trois coordonnées de ce point dans l'espace à trois
20 dimensions.

[004] Un fichier numérique est considéré comme codant un objet tridimensionnel si
ce fichier contient suffisamment d'informations pour déterminer, à partir de ces seules
informations, la position de chacun des points de l'objet dans un repère
tridimensionnel. Dans ce repère tridimensionnel, la position de chacun des points de
25 l'objet est donnée par trois coordonnées. Ici, le repère utilisé pour coder la position
des points de l'objet tridimensionnel dans le fichier est appelé par la suite repère
« virtuel ».

[005] Un repère tridimensionnel est un repère dont les axes forment typiquement
un trièdre.

[006] Un fichier numérique peut prendre la forme d'une base de données. Il peut
30 aussi être fractionné en de multiples parties enregistrées à différents endroits.

[007] En pratique, pour construire à partir d'un tel fichier une image en deux
dimensions destinée à être affichée sur un écran, il faut connaître :

- la position du point de vue,
- 35 - la direction de l'axe optique, et
- le champ de prise de vue.

[008] Le champ de prise de vue définit les limites extérieures de l'image en deux
dimensions construite. Le champ de prise de vue est typiquement défini par un ou
deux angles de prise de vue ou angle de champ. L'angle A de prise de vue est
40 souvent défini par la relation suivante : $\tan(A/2) = l/2f$, où

- 1 est une dimension de l'image en deux dimensions, et
- f est la distance focale de l'objectif utilisé.

[009] L'axe optique correspond à la ligne de visée d'un appareil photo ou d'une caméra. Il est donc confondu avec les bissectrices des angles de prise de vue.

5 [001 0] Aujourd'hui, de tels algorithmes permettant de construire une image en deux dimensions à partir d'un objet tridimensionnel codé dans un fichier sont bien connus et fonctionnent rapidement. En fait, la difficulté qu'il reste à résoudre est surtout de trouver un moyen simple et intuitif permettant à un utilisateur de spécifier les trois paramètres que sont :

- 10
- la position du point de vue,
 - la direction de l'axe optique, et
 - les angles de prise de vue.

[001 1] A ce jour, pour simplifier les interactions avec les utilisateurs, les angles de prise de vue sont généralement pris égaux à des constantes. De même, souvent, l'un
15 ou l'autre de la position du point de vue et de la direction de l'axe optique sont pris égal à une constante. Toutefois, malgré ces simplifications, l'affichage d'une image en deux dimensions construite à partir d'un objet tridimensionnel codé dans un fichier reste une tâche difficile pour un utilisateur. En effet, il n'est pas facile pour cet utilisateur d'indiquer précisément et simplement la position du point de vue ou la
20 direction de l'axe optique.

[001 2] De l'état de la technique est connu de : US5687307A, US2006/061 354A1 , FR2586302A1 , WO201 1/1 7471 4A1 .

[001 3] L'invention vise à remédier à cet inconvénient. A cet effet, elle a pour objet un procédé de commande d'une interface graphique conforme à la revendication 1.

25 [0014] Le procédé ci-dessus permet à un utilisateur d'indiquer très simplement et de façon très intuitive la position du point de vue et/ou la direction de l'axe optique pour obtenir une image en deux dimensions de l'objet tridimensionnel codé dans le fichier.

[001 5] L'utilisation d'un aimant permanent simplifie la réalisation du pointeur manipulé par l'utilisateur car il n'est pas nécessaire d'alimenter ce pointeur pour
30 générer un champ magnétique. De plus, puisque le moment magnétique d'un aimant permanent est orienté, il est facile d'identifier la direction dans laquelle l'utilisateur souhaite observer l'objet tridimensionnel.

[001 6] Enfin, le choix du coefficient C_e strictement inférieur à $\frac{dz}{d_{max}}$ garantit que, lors de la mise en correspondance des dimensions de l'objet tridimensionnel avec celles
35 de la zone de mesure, l'objet tridimensionnel est entièrement situé à l'intérieur de cette zone de mesure. Dès lors, cela permet à l'utilisateur, sans difficulté, de se déplacer tout autour de l'objet tridimensionnel codé dans le fichier.

[001 7] Les modes de réalisation de ce procédé peuvent comporter une ou plusieurs des caractéristiques des revendications dépendantes.

[001 8] Ces modes de réalisation du procédé de commande présentent en outre les avantages suivants :

- la détermination automatique du coefficient d'échelle permet d'éviter une intervention manuelle de l'utilisateur lorsqu'un fichier numérique est remplacé par un
5 autre fichier numérique contenant, par exemple, le même objet tridimensionnel, mais à une échelle différente ;
- placer le centre géométrique de l'objet tridimensionnel sur le centre géométrique de la zone de mesure permet d'utiliser un coefficient C_e plus proches de un et donc de limiter les dégradations de la résolution de l'image en deux dimensions construite
10 causées par un coefficient d'échelle très grand ou très petit ;
- choisir systématiquement le coefficient C_R égal à un rend le procédé plus rapide car il n'est pas nécessaire de réitérer à chaque déplacement de l'aimant permanent l'étape de mise en correspondance des dimensions de l'objet tridimensionnel avec les coordonnées mesurées de l'aimant permanent ;
- 15 - le déclenchement d'une animation uniquement pour certaines coordonnées ou directions calculées augmente l'interactivité du procédé.

[001 9] L'invention a également pour objet un support d'enregistrement d'informations comportant des instructions pour l'exécution du procédé de commande ci-dessus lorsque ces instructions sont exécutées par un ordinateur électronique.

20 [0020] L'invention a également pour objet un appareil de commande d'une interface graphique conforme à la revendication 8.

[0021] Les modes de réalisation de cet appareil peuvent comporter la caractéristique de la revendication dépendante.

25 [0022] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une illustration schématique d'un appareil de commande d'une interface graphique,
- la figure 2 est une illustration schématique partielle et en vue de dessus d'une
30 matrice de magnétomètres utilisée dans l'appareil de la figure 1 ; et
- la figure 3 est un organigramme d'un procédé de commande d'une interface graphique à l'aide de l'appareil de la figure 1.

[0023] Dans ces figures, les mêmes références sont utilisées pour désigner les mêmes éléments.

35 [0024] Dans la suite de cette description, les caractéristiques et fonctions bien connues de l'homme du métier ne sont pas décrites en détails.

[0025] La figure 1 représente un appareil 2 de commande d'une interface graphique 4 pour observer un objet tridimensionnel. Ici, l'interface graphique est un écran raccordé à l'appareil 2 par une liaison filaire 5.

[0026] A titre d'illustration, l'objet tridimensionnel est le globe terrestre. L'appareil 2 est utilisé pour sélectionner la région du globe terrestre que l'on souhaite voir apparaître sur l'écran 4 ainsi que l'agrandissement souhaité. Toutefois, l'appareil 2 est adaptable à de nombreuses autres applications comme cela est décrit à la fin de
5 cette description.

[0027] L'appareil 2 comporte un pointeur 10 et un dispositif 12 de localisation de ce pointeur 10. Le pointeur 10 permet à l'utilisateur d'indiquer le point de vue et la direction dans laquelle il souhaite regarder le globe terrestre. Ici, le pointeur 10 est librement déplaçable dans un repère orthogonal R_T de travail. Ce repère R_T est fixé
10 sans aucun degré de liberté au dispositif 12. Les axes X et Y de ce repère R_T sont horizontaux et l'axe Z est vertical. L'origine du repère R_T est notée O_T .

[0028] Pour être localisé par le dispositif 12, le pointeur 10 comprend au moins un objet magnétique 14. L'objet 14 est un aimant permanent présentant un moment magnétique non nul même en absence de champ magnétique extérieur. Par
15 exemple, le champ magnétique coercitif de cet aimant est supérieur à 100 A.m^{-1} ou 500 A.m^{-1} . Typiquement, il est réalisé en matériau ferro- ou ferrimagnétique.

[0029] L'objet 14 a une forme oblongue. Sur la figure 1, la direction du moment magnétique de l'objet 14 est représentée par une flèche. La plus grande longueur de cet objet est notée L par la suite. La puissance de l'aimant permanent est
20 typiquement supérieure à $0,01 \text{ A.m}^2$ ou $0,1 \text{ A.m}^2$.

[0030] Dans ce mode de réalisation, le pointeur 10 comprend également un ustensile 16 non magnétique sur lequel ou à l'intérieur duquel l'objet 14 est fixé sans aucun degré de liberté. Par non magnétique, on entend un ustensile réalisé dans un matériau ne présentant aucune propriété magnétique mesurable. Typiquement,
25 l'ustensile 16 ne présente donc aucune propriété magnétique ou des propriétés magnétiques négligeables par rapport à l'aimant que l'on cherche à repérer.

[0031] Par exemple, l'ustensile 16 est un crayon en bois ou en plastique comportant une pointe dans la direction du moment magnétique de l'objet 14. L'ustensile 16 permet aussi de faciliter la manipulation de l'objet 14 si celui-ci est petit. Ici, le
30 pointeur 10 est librement déplaçable à l'intérieur d'une zone Z_R tridimensionnel de mesure directement par la main d'un être humain. A cet effet, le pointeur 10 pèse moins d'un kilo et, de préférence, moins de 200g. Les dimensions de ce pointeur sont suffisamment réduites pour qu'il puisse être saisi et déplacé par une seule main d'un utilisateur.

[0032] Le dispositif 12 permet de localiser l'objet 14 dans le repère R_T et donc de localiser le pointeur 10. Par localisation, on entend ici la détermination de la position x, y, z de l'objet 14 dans le repère R_T et aussi la détermination de l'orientation de l'objet 14 par rapport aux axes X, Y et Z du repère R_T . Par exemple, l'orientation de l'objet 14 est représentée par les angles θ_x , θ_y et θ_z du moment magnétique de l'objet
40 14, respectivement, par rapport aux axes X, Y et Z. Dans ce mode de réalisation,

l'origine O_T du repère R_T est située sur le centre géométrique de la zone Z_R . Le centre géométrique d'une zone ou d'un objet est le barycentre de cette zone ou de cet objet obtenu en affectant à chaque point de la zone ou de l'objet le même poids.

5 [0033] Le dispositif 12 comporte un réseau de N magnétomètres tri-axes M_{ij} . Sur la figure 1, les traits ondulés verticaux indiquent qu'une partie du dispositif 12 n'a pas été représentée.

[0034] Typiquement, N est supérieur à cinq et, de préférence, supérieur à seize ou trente-deux. Ici, N est supérieur ou égal à soixante-quatre.

10 [0035] Dans ce mode de réalisation, les magnétomètres M_{ij} sont alignés en lignes et en colonnes pour former une matrice. Ici, cette matrice comporte huit lignes et huit colonnes. Les indices i et j identifient, respectivement, la ligne et la colonne de cette matrice à l'intersection de laquelle se trouve le magnétomètre M_{ij} . Sur la figure 1, seuls les magnétomètres $M_{11}, M_{12}, M_{13}, M_{14}$ et M_{18} d'une ligne i sont visibles. La position des magnétomètres M_{ij} les uns par rapport aux autres est décrite plus en détail en
15 référence à la figure 2.

[0036] Chaque magnétomètre M_{ij} est fixé sans aucun degré de liberté aux autres magnétomètres. A cet effet, les magnétomètres M_{ij} sont fixés sans aucun degré de liberté sur une face arrière 22 d'une plaque rigide 20. Cette plaque rigide présente une face avant tournée vers l'objet 14. La plaque 20 est réalisée dans un matériau
20 non magnétique rigide. Par exemple, la plaque 20 est en verre.

[0037] Chaque magnétomètre M_{ij} mesure la direction et l'intensité du champ magnétique généré par l'objet 14. Pour cela, chaque magnétomètre M_{ij} mesure la norme de la projection orthogonale du champ magnétique généré par l'objet 14 au niveau de ce magnétomètre M_{ij} sur trois axes de mesure de ce magnétomètre. Ainsi,
25 chaque magnétomètre M_{ij} mesure un vecteur b_{ij} dont chaque coordonnée représente la valeur du champ magnétique projeté sur un axe de mesure respectif. Ici, ces trois axes de mesure sont orthogonaux entre eux. Par exemple, les axes de mesure de chacun des magnétomètres M_{ij} sont, respectivement, parallèles aux axes X, Y et Z du repère R_T .

30 [0038] La sensibilité des magnétomètres M_{ij} est fixée. Ici, la sensibilité du magnétomètre M_{ij} est de $4 \cdot 10^{-7} T$. Ainsi, si l'objet 14 est trop éloigné de ces magnétomètres, le signal mesuré ne peut plus être distingué du bruit. Les dimensions de la zone Z_R de mesure sont définies de manière à ce que, quelle que soit la position de l'objet 14 à l'intérieur de cette zone Z_R , l'objet 14 est localisé par le dispositif 12
35 avec une précision inférieure à un seuil S_p prédéterminé. Comme illustré sur la figure 1, cette zone Z_R peut alors s'étendre au-delà des dimensions latérales de la matrice de magnétomètres. Par exemple, si la matrice de magnétomètres forme un carré dont la longueur du côté est B , la zone Z_R peut contenir une bande de largeur $B/2$ tout autour de cette matrice. Les dimensions de la zone Z_R sont déterminées
40 expérimentalement ou par calcul à partir de la sensibilité des magnétomètres M_{ij} .

[0039] Chaque magnétomètre M_j est raccordé par l'intermédiaire d'un bus 28 de transmission d'informations à une unité de traitement 30.

[0040] L'unité de traitement 30 est notamment capable de traiter les mesures des magnétomètres $M_{,,}$ et de commander l'écran 4 en fonction de ces mesures.

5 [0041] A cet effet, l'unité 30 comporte un calculateur électronique 32 programmable apte à exécuter des instructions enregistrées sur un support d'enregistrement d'informations. L'unité 30 comporte donc aussi une mémoire 34 contenant les instructions nécessaires pour l'exécution par le calculateur 32 du procédé de la figure 3. La mémoire 34 comporte aussi un fichier numérique 36 codant les dimensions et
10 les détails de l'objet tridimensionnel que l'on souhaite observer sur l'écran 4. Ces dimensions et détails sont repérés, dans ce fichier, par rapport à un repère tridimensionnel virtuel R_V dont l'origine est notée O_V . Ce repère R_V est ici un repère orthogonal. De plus, sa position et son orientation par rapport au repère R_T sont connues. Ici, par défaut, l'origine O_V et les axes X, Y et Z du repère R_V sont
15 confondues, respectivement, avec l'origine O_T et les axes X, Y et Z du repère R_T . Par exemple, cette relation entre les repères R_T et R_V est enregistrée dans la mémoire 34. La mémoire 34 contient également les dimensions de la zone Z_R de mesure du dispositif 12.

[0042] L'unité de traitement 30 est, en particulier, apte à déterminer la position et
20 l'orientation d'un dipôle magnétique dans le repère R_T à partir des mesures des magnétomètres $M_{,,}$. A cet effet, l'unité 30 implémente un modèle mathématique M_P associant chaque mesure d'un magnétomètre $M_{,,}$ aux position, orientation et amplitude du moment magnétique d'un dipôle magnétique dans le repère R_T . Le modèle M_P se présente sous la forme d'un système d'équations dans lequel un
25 premier jeu de variables représente la position et l'orientation du dipôle magnétique ainsi que l'amplitude du moment magnétique de ce dipôle. Un second jeu de variables représente les mesures des magnétomètres $M_{,,}$. Pour obtenir, la position, l'orientation et l'amplitude du moment magnétique du dipôle magnétique, les variables du premier jeu sont les inconnues et les valeurs des variables du second jeu sont
30 connues. Ce modèle est typiquement construit à partir des équations physiques de l'électromagnétisme. Ce modèle est paramétré par les distances connues entre les magnétomètres $M_{,,}$. Pour construire ce modèle, l'objet magnétique 14 est approximé par un dipôle magnétique. Cette approximation n'introduit que très peu d'erreurs si la distance entre l'objet 14 et le magnétomètre $M_{,,}$ est supérieure à $2L$ et, de préférence, supérieure à $3L$, où L est la plus grande dimension de l'objet 14. Typiquement, L est
35 inférieur à 20cm et, de préférence, inférieur à 10 ou 5cm.

[0043] Ici, le modèle M_P est non linéaire. L'unité 30 le résout en mettant en œuvre un algorithme d'estimation de sa solution. Par exemple, l'algorithme utilisé est un filtre de Kalman d'ensemble plus connu sous le terme anglais de « Unscented Kalman
40 Filter ».

[0044] L'unité 30 est également capable de construire une image à afficher sur l'écran 4 à partir des données contenues dans le fichier 36, de la position d'un point de vue, de la direction d'un axe optique et d'un angle de prise de vue donné.

[0045] Dans ce mode de réalisation particulier, l'appareil 2 comprend une maquette 5 38 de l'objet tridimensionnel à observer. Ici la maquette 38 est un modèle réduit du globe terrestre. Cette maquette est fixée sans aucun degré de liberté au-dessus de la tablette 20 de sorte que son centre géométrique soit confondu avec l'origine O_T du repère R_T . Les dimensions de cette maquette sont telles qu'elle est entièrement contenue à l'intérieur de la zone Z_R .

10 [0046] La figure 2 représente une partie des magnétomètres M_{ij} , du dispositif 12. Ces magnétomètres M_{ij} sont alignés en lignes i parallèles à la direction X . Ces magnétomètres sont également alignés en colonnes j parallèles à la direction Y pour former une matrice. Les lignes i et les colonnes j sont disposées dans l'ordre des indices croissants.

15 [0047] Le centre du magnétomètre M_{ij} se trouve à l'intersection de la ligne i et de la colonne j . Le centre du magnétomètre correspond au point où le champ magnétique est mesuré par ce magnétomètre. Ici, les indices i et j appartiennent à l'intervalle $[1 ; 8]$.

[0048] Les centres de deux magnétomètres M_{ij} et $M_{i,j+1}$ immédiatement consécutifs le long d'une ligne i sont séparés par une distance connue $d_{i,j,j+1}$. De façon similaire, le centre de deux magnétomètres M_{ij} et $M_{i+1,j}$ immédiatement consécutifs le long d'une même colonne j sont séparés par une distance connue $d_{j,i,i+1}$.

[0049] Dans le cas particulier décrit ici, quelle que soit la ligne i , la distance $d_{i,j,j+1}$ est la même. Cette distance est donc notée d_j . De façon similaire, quelle que soit la 25 colonne j , la distance $d_{j,i,i+1}$ entre deux magnétomètres est la même. Cette distance est donc notée d_i .

[0050] Ici, les distances d_i et d_j sont toutes les deux égales à d .

[0051] Typiquement, la distance d est comprise entre 1 et 4 cm lorsque :

- la puissance de l'aimant permanent est de $0,5 \text{ A} \cdot \text{m}^2$,
- 30 - la sensibilité des magnétomètres est de $4 \cdot 10^{-7} \text{ T}$, et
- le nombre de magnétomètres M_{ij} est de soixante-quatre.

[0052] Le fonctionnement de l'appareil 2 va maintenant être décrit en référence au procédé de la figure 3.

[0053] Le procédé débute par une phase 50 d'initialisation. Au début de cette phase, 35 l'appareil 2 permettant de commander l'écran 4 est fourni puis raccordé à cet écran.

[0054] Ensuite, lors d'une étape 52, les dimensions de la zone de mesure Z_R , les dimensions de la maquette 38 et le fichier 36 sont enregistrés dans la mémoire 34. Par exemple, la zone Z_R est une demi-sphère de diamètre $2B$ située au-dessus de la table 20 et dont la partie plane, et située dans le plan contenant les magnétomètres 40 M_{ij} . Cette demi-sphère est centrée sur la matrice de magnétomètres.

[0055] La maquette 38 est ici une sphère de diamètre D_M dont le centre est confondu avec l'origine O_T . Enfin, on suppose également ici que les dimensions de l'objet tridimensionnel codé dans le fichier 36 sont à l'échelle un. Étant donné que l'objet tridimensionnel est le globe terrestre, ses dimensions sont exprimées en kilomètres

5 ou en mètres dans le fichier 36.

[0056] Ensuite, lors d'une étape 54, si le centre géométrique de l'objet tridimensionnel codé dans le fichier 36 n'est pas confondu avec l'origine O_V du repère R_V , alors l'unité 30 translate l'objet tridimensionnel dans le repère R_V de manière à ce que son centre géométrique soit confondu avec l'origine O_V de ce repère. Le nouveau

10 fichier numérique contenant l'objet tridimensionnel translaté est ensuite enregistré à la place du précédent fichier numérique 36.

[0057] Lors d'une étape 56, l'unité 30 détermine automatiquement un coefficient d'échelle C_e à partir des dimensions de l'objet tridimensionnel codées dans le fichier numérique 36 et des dimensions connues de la zone Z_R . Ce coefficient C_e est ensuite

15 utilisé pour multiplier les dimensions de l'objet tridimensionnel par ce coefficient C_e de manière à obtenir un objet tridimensionnel mis à l'échelle. Ici, ce coefficient C_e est choisi de manière à ce que l'objet tridimensionnel mis à l'échelle soit entièrement situé à l'intérieur de la zone Z_R . Pour cela, ce coefficient C_e est choisi inférieur au ratio d_z/d_{max} , où :

20 - d_{max} est la distance entre l'origine O_T et le point de l'objet tridimensionnel le plus éloigné de cette origine O_T le long d'un axe de mesure, et

- d_z est la distance entre l'origine O_T et le point de la zone de mesure le plus éloigné de cette origine le long du même axe de mesure, et

- l'axe de mesure retenu est un axe passant par l'origine O_T et qui maximise l'écart

25 $|d_{max} - d_z|$, où $|...|$ est la fonction valeur absolue.

[0058] Ainsi, par exemple, l'unité 30 calcule d'abord le rapport d_z/d_{max} à partir des informations enregistrées dans la mémoire 34 lors de l'étape 52. Dans le cas particulier décrit ici, l'axe de mesure qui maximise l'écart $|d_{max} - d_z|$ est l'axe Z. La distance d_{max} est égale au rayon du globe terrestre enregistré dans le fichier

30 numérique 36.

[0059] Ensuite, la valeur du coefficient C_e est choisie égale à $a^*(d_z/d_{max})$, où « a » est une constante préenregistrée inférieure ou égale à un. De préférence, la constante « a » est supérieure à 0,1 ou à 0,5.

[0060] Dans ce mode de réalisation particulier, le coefficient C_e est en plus

35 déterminé pour que l'objet tridimensionnel mis à l'échelle soit confondu avec la maquette 38 dans le repère R_T . A cette fin, la constante « a » est choisie égale à $(D_{M,dmax})/(D_V d_z)$, où D_V est le diamètre du globe terrestre codé dans le fichier numérique 36. Dans le cas particulier, où les dimensions de la maquette sont connues, il est aussi possible de calculer directement la valeur du coefficient C_e sans

passer par le calcul du rapport dz/d_{max} . Par exemple, ici, la valeur du coefficient C_e est égale à D_M/D_V .

[0061] Lors d'une opération 58, l'unité 30 détermine les dimensions du champ de prise de vue. Ici, le champ de prise de vue est défini par deux angles Θ_H et θ_V de prise
5 de vue. Les angles Θ_H et θ_V sont les angles de prise de vue dans les plans, respectivement, horizontal et vertical. Pour simplifier la description, ces angles sont tous les deux pris égaux à des constantes préenregistrées.

[0062] Enfin, l'orientation du champ de prise de vue est choisie constante. Ici, on suppose que la verticale de l'image est toujours confondue avec la direction Z du
10 repère R_T .

[0063] Une fois la phase d'initialisation 50 terminée, l'unité 30 procède à une phase 60 d'utilisation de l'appareil 2 pour commander l'affichage d'images du globe terrestre sur l'écran 4.

[0064] A cet effet, lors d'une étape 62, un utilisateur saisit le pointeur 10 et le
15 manipule à l'intérieur de la zone Z_R comme s'il s'agissait d'une caméra lui permettant de filmer la surface de la maquette 38. Pour cela, il place le pointeur 10 à l'emplacement du point de vue qu'il souhaite utiliser et dirige la pointe de l'ustensile 16 le long de l'axe optique qu'il souhaite utiliser.

[0065] En parallèle de l'étape 62, lors d'une étape 64, les magnétomètres M_j
20 mesurent le champ magnétique généré par l'objet 14.

[0066] Puis, lors d'une étape 66, ces mesures sont acquises par l'unité 30 de traitement.

[0067] Lors d'une étape 68, l'unité 30 calcule alors les coordonnées de l'objet 14 dans le repère R_T à partir des mesures acquises lors de l'étape 66. L'unité 30 calcule
25 également à partir de ces mesures, la direction et l'amplitude du moment magnétique de l'objet 14 dans le repère R_T .

[0068] Lors d'une étape 70, l'unité 30 met en correspondance les dimensions de l'objet tridimensionnel par rapport aux coordonnées calculées lors de l'étape 68. Ici, si cela n'a pas déjà été fait, cela consiste à multiplier toutes les dimensions de l'objet
30 tridimensionnel codé dans le fichier numérique 36 par le coefficient C_e de manière à obtenir un objet tridimensionnel mis à l'échelle. Les dimensions de cet objet tridimensionnel mis à l'échelle sont exprimées dans le repère R_T . Elles sont mémorisées dans la mémoire 34 afin de ne pas avoir à refaire ces multiplications lors de la prochaine itération de l'étape 70.

[0069] Lors d'une étape 72, l'unité 30 construit une image en deux dimensions de l'objet tridimensionnel mis à l'échelle qui correspond à l'image qui serait obtenue si cet objet tridimensionnel était filmé depuis :

- un point de vue égal à la position calculée de l'objet 14 lors de l'étape 68,
- selon un axe optique confondu avec la direction du moment magnétique calculée

40 lors de l'étape 68,

- dans la direction du moment magnétique calculée lors de l'étape 68,
- avec les angles de prise de vue θ_H et θ_V fixés pendant la phase 50 d'initialisation, et
- avec la direction verticale de l'image construite confondue avec l'axe Z du repère R_T .

[0070] Par exemple, l'image en deux dimensions est construite par l'unité 30 à l'aide
5 d'une projection orthogonale de l'objet tridimensionnel mis à l'échelle sur un plan perpendiculaire à l'axe optique et en conservant uniquement les points de cet objet tridimensionnel mis à l'échelle compris dans le champ de la caméra défini par les angles θ_V et θ_H .

[0071] La construction d'une telle image en deux dimensions à partir d'un objet
10 tridimensionnel est bien connue. On pourra par exemple se référer à ce sujet aux algorithmes utilisés dans les logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO).

[0072] Ensuite, lors d'une étape 74, l'unité 30 commande l'affichage de l'image construite lors de l'étape 72 sur l'écran 4.

[0073] Les étapes 64 à 74 sont répétées à chaque fois que le pointeur 10 est
15 déplacé.

[0074] Ainsi, avec l'appareil 2, en manipulant le pointeur 10 comme une caméra, l'utilisateur peut facilement et très intuitivement indiquer à la fois la position du point de vue et la direction de l'axe optique à utiliser pour construire une image en deux dimensions de l'objet tridimensionnel codé dans le fichier numérique 36. En
20 particulier, l'utilisateur retrouve le comportement ordinaire d'une caméra comme, par exemple :

- l'agrandissement de la région filmée par la caméra lorsque le pointeur 10 se rapproche de la surface de la maquette 38,
- le déplacement de l'image construite en deux dimensions vers la droite quand le
25 pointeur 10 est tourné vers la droite et inversement, et
- le déplacement de la position du point de vue quand la position du pointeur 10 est déplacée.

[0075] De nombreux autres modes de réalisation sont possibles. Par exemple, il est possible de fixer la direction de l'axe optique de sorte que cette direction est
30 indépendante des déplacements du pointeur 10. Dès lors, le déplacement du pointeur 10 est uniquement utilisé pour indiquer quelle est la position du point de vue. A l'inverse, il est également possible de fixer la position du point de vue de sorte que cette position est indépendante de la position du pointeur 10. Dans ce dernier mode de réalisation, le pointeur 10 est alors uniquement utilisé pour indiquer quelle est
35 la direction de l'axe optique à utiliser.

[0076] Dans d'autres modes de réalisation, le déplacement de l'objet 14 à l'intérieur de la zone Z_R de mesure n'est pas entièrement libre mais guidé de manière à limiter le nombre de degré de liberté du pointeur 10. Par exemple, le pointeur 10 est monté à coulissement sur un rail de sorte qu'il ne peut se déplacer à l'intérieur de la zone Z_R
40 qu'en suivant ce rail.

[0077] Dans le mode de réalisation précédent, l'appareil 2 a été décrit dans le cas particulier où la relation entre la position mesurée du pointeur 10 et la position du point de vue dans le repère R_T est une relation d'identité. Toutefois, en variante, cette relation peut être remplacée par n'importe quelle relation bijective. Par exemple, la relation entre la position du pointeur 10 et la position du point de vue est une relation non linéaire, telle qu'une relation exponentielle. Dès lors, un déplacement du pointeur 10 à proximité de la surface de la maquette 38 et le même déplacement mais loin de cette surface, ne modifie pas de la même façon la position du point de vue. Il est aussi possible de relier l'orientation de l'axe optique à la direction du moment magnétique de l'objet 14 par une autre fonction bijective que l'identité.

[0078] La mise en correspondance des dimensions de l'objet tridimensionnel et des coordonnées mesurées du pointeur 10 peut aussi être réalisée en laissant les dimensions de l'objet tridimensionnel inchangées et en multipliant les coordonnées mesurées du pointeur 10 par l'inverse du coefficient C_e . Cette multiplication doit alors être réalisée à chaque itération de l'étape 70. De façon plus générale, il est possible de multiplier les dimensions de l'objet tridimensionnel par un coefficient C_V et, en même temps, de diviser les coordonnées du pointeur 10 par un coefficient C_R . Dans ce cas, ces coefficients C_V et C_R sont choisis tels que la relation suivante soit vérifiée : $C_V/C_R = C_e$.

[0079] Dans un mode de réalisation simplifié, le coefficient C_e n'est pas déterminé automatiquement mais fixé par l'utilisateur, par exemple, lors de la phase d'initialisation.

[0080] En variante, le pointeur 10 comporte deux aimants permanents dont les directions des moments magnétiques font un angle compris entre 10° et 170° dans le plan contenant ces deux directions. L'appareil 12 est alors adapté pour localiser ces aimants permanents. Pour cela, le modèle M_P est établi en modélisant les interactions magnétiques entre les magnétomètres M_j et deux dipôles magnétiques simultanément présents dans la zone de mesure. Le fait que les directions des moments magnétiques des deux aimants permanents ne soient pas colinéaires, permet à l'appareil 12 de déterminer l'angle de roulis du pointeur 10 autour de sa direction longitudinale. Cet angle de roulis est ensuite utilisé, par exemple, pour commander une rotation de l'image construite autour de l'axe optique. Dans ce mode de réalisation, la direction verticale de l'image construite n'est pas fixée à l'avance mais déterminée à partir de la position des aimants permanents.

[0081] L'objet tridimensionnel peut être n'importe quel type d'objet. Par exemple, il peut s'agir d'une ville ou d'un quartier, comportant des rues et des immeubles en trois dimensions. Le procédé décrit précédemment permet alors à l'utilisateur d'obtenir de façon très intuitive le point de vue et l'axe optique à partir duquel la ville ou le quartier est observé. Il peut aussi s'agir de l'intérieur d'un édifice tel qu'un musée ou un appartement. L'objet tridimensionnel ne correspond pas nécessairement à un objet

existant dans le monde réel. Par exemple, il peut s'agir d'un monde imaginaire créé pour un jeu vidéo.

[0082] De plus, l'objet tridimensionnel peut comporter des parties animées. Par exemple, dans le cas où l'objet tridimensionnel est une maquette d'une ville, le fichier numérique peut en plus coder le déplacement de piétons ou de véhicules dans les rues de cette ville.

[0083] En variante, l'unité de traitement 30 est programmée pour déclencher l'exécution d'une animation directement perceptible par un être humain en fonction de la position et de l'orientation mesurées du pointeur 10. Typiquement, l'animation est une animation graphique visible sur un écran ou une animation audio directement audible par un être humain lorsqu'elle est jouée par un haut-parleur. L'animation graphique est, de préférence, incorporée à l'image construite de façon à être affichée sur le même écran que celui où est affichée l'image construite. Cela permet de rendre l'appareil 2 plus interactif. Par exemple, lorsque le pointeur 10 est dirigé vers une région particulière de l'objet tridimensionnel, cela déclenche le jeu d'une bande sonore directement audible par l'utilisateur. Par exemple, la bande sonore jouée comporte un commentaire spécifique à cette région particulière. On peut aussi programmer l'unité de traitement 30 pour déclencher, en réponse à une plage de positions et/ou d'orientations du pointeur 10, une animation graphique directement visible sur l'écran 4. Dans ce dernier cas, cela permet de limiter la puissance de calcul nécessaire car les animations graphiques qui ne sont pas visibles, ne sont pas exécutées. On a ainsi la possibilité de réaliser un jeu de cette manière

[0084] Les dimensions de l'objet tridimensionnel codées dans le fichier numérique ne sont pas nécessairement supérieures aux dimensions de la zone Z_R . A l'inverse, le fichier numérique peut coder des dimensions d'un objet tridimensionnel beaucoup plus petit que les dimensions de la zone Z_R . Par exemple, l'objet tridimensionnel peut être un atome ou une molécule. Dans ce cas, le coefficient C_e est beaucoup plus grand que un.

[0085] L'étape 70 de mise en correspondance peut aussi être réalisée lors de la phase d'initialisation lorsque seules les dimensions de l'objet tridimensionnel sont multipliées par le coefficient C_e .

[0086] Dans le mode de réalisation précédent, l'interface graphique a été décrite dans le cas particulier où celle-ci est un écran 4. Toutefois, l'interface graphique peut être tout type d'interface permettant d'afficher une image, tel que par exemple l'écran d'un téléviseur ou d'un ordinateur ou encore un projecteur ou un rétroprojecteur.

[0087] Dans un mode de réalisation simplifié, la maquette 38 est omise. Dans ce cas, l'utilisateur s'oriente dans la zone de mesure en utilisant pour cela les images en deux dimensions affichées sur l'écran 4.

[0088] De nombreuses méthodes différentes sont utilisables pour déterminer la position et l'orientation de l'aimant permanent. Par exemple, la méthode décrite dans

US6269324 est utilisable. Ces méthodes n'utilisent pas nécessairement un filtre de Kalman. Par exemple, les méthodes décrites dans US2002/1 71427A1 ou US6263230B1 sont possibles.

5 [0089] Les magnétomètres du réseau de magnétomètres ne sont pas nécessairement rangés en colonnes et en lignes. Ils peuvent être agencés aussi selon d'autres motifs. Par exemple, les magnétomètres sont disposés sur chaque sommet de chaque maille triangulaire ou hexagonale d'un maillage d'un plan.

10 [0090] La disposition des magnétomètres les uns par rapport aux autres peut aussi être aléatoire ou non régulière. Ainsi, la distance entre deux magnétomètres immédiatement consécutifs dans le réseau n'est pas nécessairement la même pour toutes les paires de deux magnétomètres immédiatement consécutifs. Par exemple, la densité de magnétomètres dans une zone donnée du réseau peut être plus importante qu'ailleurs. Augmenter la densité dans une zone donnée peut permettre d'augmenter la précision de la mesure dans cette zone.

15 [0091] Le réseau de magnétomètres peut aussi s'étendre dans trois directions non colinéaires de l'espace. Dans ces conditions, les magnétomètres sont répartis à l'intérieur d'un volume à trois dimensions.

[0092] Le nombre N de magnétomètres peut également être supérieur ou égal à soixante-quatre ou quatre-vingt dix.

20 [0093] Tous les magnétomètres du réseau de magnétomètres ne sont pas nécessairement identiques les uns aux autres. En variante, les magnétomètres n'ont pas tous la même sensibilité. Dans ce cas, les magnétomètres moins précis sont par exemple disposés à proximité du centre du réseau tandis que les magnétomètres les plus précis sont disposés sur la périphérie de ce réseau. Un tel mode de réalisation
25 présente l'avantage de placer les magnétomètres les plus difficilement saturables et donc les moins sensibles, aux emplacements susceptibles d'être le plus proche de l'objet magnétique. Cela permet aussi d'étendre la zone d'interaction.

REVENDICATIONS

1. Procédé de commande d'une interface graphique pour afficher des images d'un objet tridimensionnel, caractérisé en ce que ce procédé comporte :
- 5 - la fourniture d'un réseau de magnétomètres comportant N magnétomètres triaxes (Mij) reliés mécaniquement les uns aux autres sans aucun degré de liberté pour conserver une distance connue entre chacun de ces magnétomètres, où N est un nombre entier supérieur ou égal à cinq, ce réseau de magnétomètres étant associé :
- 10 • à un repère tridimensionnel de travail dont la position est connue par rapport au réseau de magnétomètres, et
- à une zone de mesure tridimensionnelle prédéterminée,
- l'enregistrement (52) d'un fichier numérique codant les dimensions de l'objet tridimensionnel dans un repère tridimensionnel dit « virtuel », la position de ce repère virtuel par rapport au repère de travail étant connue de sorte que les coordonnées de
- 15 chaque point du repère virtuel peuvent être exprimées dans le repère de travail par un changement de repère,
- la fourniture d'un pointeur comportant un aimant permanent déplaçable manuellement par un utilisateur à l'intérieur de la zone de mesure,
- lorsque l'aimant permanent est placé à l'intérieur de la zone de mesure, la mesure
- 20 (64), par les magnétomètres du réseau, du champ magnétique généré par l'aimant permanent,
- le calcul (68) des coordonnées de l'aimant permanent et de la direction du moment magnétique de l'aimant permanent dans le repère de travail à partir des mesures des magnétomètres,
- 25 - la mise en correspondance (70) des dimensions de l'objet tridimensionnel avec les coordonnées précédemment calculées en multipliant chaque dimension de l'objet tridimensionnel par un coefficient C_v pour obtenir un objet tridimensionnel mis à l'échelle et en multipliant les coordonnées calculées par l'inverse d'un coefficient C_R pour obtenir des coordonnées à l'échelle, où les coefficients C_v et C_R sont choisis tels
- 30 que le rapport C_v/C_R est égal à un coefficient C_e d'échelle, ce coefficient C_e étant strictement inférieur à dz/d_{max} , où :
- d_{max} est la distance entre l'origine du repère de travail et le point de l'objet tridimensionnel le plus éloigné de cette origine le long d'un axe de mesure, et
- d_z est la distance entre l'origine du repère de travail et le point de la zone de
- 35 mesure le plus éloigné de cette origine le long du même axe de mesure,
- l'axe de mesure retenu étant l'axe passant par l'origine du repère de travail et pour lequel l'écart $|d_{max} - d_z|$ est maximum,

- la construction (72) d'une image en deux dimensions correspondant à l'image de l'objet mis à l'échelle observé depuis un point de vue et le long d'un axe optique prédéterminé,

- la position du point de vue étant déduite des coordonnées à l'échelle, et

5 « la direction de l'axe optique étant déduite de la direction mesurée du moment magnétique de l'aimant permanent, et

- la commande (74) de l'interface graphique pour afficher l'image construite sur cette interface graphique.

10 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le procédé comprend la détermination (56) automatique du coefficient C_e d'échelle en calculant automatiquement le rapport dz/d_{max} à partir des dimensions de l'objet tridimensionnel codées dans le fichier numérique et des dimensions connues de la zone de mesure, puis en prenant la valeur du coefficient C_e égale à $a \cdot (dz/d_{max})$, où « a » est une
15 constante préenregistrée.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le procédé comprend la détermination (56) automatique du coefficient C_e d'échelle à partir d'un rapport entre une dimension de l'objet tridimensionnel codée dans le fichier numérique et d'une
20 dimension connue d'une maquette de cet objet contenue à l'intérieur de la zone de mesure.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel, avant la détermination automatique du coefficient C_e d'échelle, le procédé comprend la translation (54) des
25 coordonnées de chaque point de l'objet tridimensionnel dans le repère virtuel pour que le centre géométrique de l'objet tridimensionnel translaté soit confondu avec le centre géométrique de la zone de mesure et la détermination du coefficient C_e est réalisée à partir des dimensions de l'objet tridimensionnel ainsi translaté.

30 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le coefficient C_R est systématiquement pris égal à un de sorte que seules les dimensions de l'objet tridimensionnel sont mises à l'échelle.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, en
35 fonction des coordonnées calculées ou de la direction calculée de l'aimant permanent, une animation directement perceptible par un être humain est exécutée en même temps que l'interface graphique est commandée pour afficher l'image construite correspondant à ces coordonnées calculées ou à cette direction calculée.

7. Support (34) d'enregistrement d'informations, caractérisé en ce qu'il comporte des instructions pour l'exécution d'un procédé conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, lorsque ces instructions sont exécutées par un
- 5 calculateur électronique.
8. Appareil de commande d'une interface graphique pour afficher des images d'un objet tridimensionnel, cet appareil comportant :
- un réseau de magnétomètres comportant N magnétomètres tri-axes ($M_{i,j}$) reliés
- 10 mécaniquement les uns aux autres sans aucun degré de liberté pour conserver une distance connue entre chacun de ces magnétomètres, où N est un nombre entier supérieur ou égal à cinq, ce réseau de magnétomètres étant associé :
- à un repère tridimensionnel de travail dont la position est connue par rapport
- 15 « à une zone de mesure tridimensionnelle prédéterminée,
- un fichier numérique (36) codant les dimensions de l'objet tridimensionnel dans un repère tridimensionnel dit « virtuel », la position de ce repère virtuel par rapport au repère de travail étant connue de sorte que les coordonnées de chaque point du repère virtuel peuvent être exprimées dans le repère de travail par un changement de
- 20 repère et vice-versa,
- un pointeur (10) comportant un aimant permanent (14) déplaçable manuellement par un utilisateur à l'intérieur de la zone de mesure,
 - une unité (30) de traitement programmée pour :
- lorsque l'aimant permanent est placé à l'intérieur de la zone de mesure,
- 25 acquérir la mesure, réalisée par les magnétomètres du réseau, du champ magnétique généré par l'aimant permanent,
 - calculer des coordonnées de l'aimant permanent et la direction du moment magnétique de l'aimant permanent dans le repère de travail à partir des mesures des magnétomètres,

30 • mettre en correspondance des dimensions de l'objet tridimensionnel avec les coordonnées précédemment calculées en multipliant chaque dimension de l'objet tridimensionnel par un coefficient C_v pour obtenir un objet tridimensionnel mis à l'échelle et en multipliant les coordonnées calculées par l'inverse d'un coefficient C_R pour obtenir des coordonnées à l'échelle, où les

35 coefficients C_v et C_R sont choisis tels que le rapport C_v/C_R est égal à un coefficient C_e d'échelle, ce coefficient C_e étant strictement inférieur à dz/d_{max} , où :

- d_{max} est la distance entre l'origine du repère de travail et le point de l'objet tridimensionnel le plus éloigné de cette origine le long d'un axe de mesure, et
 - d_z est la distance entre l'origine du repère de travail et le point de la zone de mesure le plus éloigné de cette origine le long du même axe de mesure,
 - l'axe de mesure retenu étant l'axe passant par l'origine du repère de travail et pour lequel l'écart $|d_{max} - d_z|$ est maximum,
- 5
- construire une image en deux dimensions correspondant à l'image de l'objet mis à l'échelle observé depuis un point de vue et le long d'un axe optique prédéterminé,
- 10
- la position du point de vue étant déduite des coordonnées à l'échelle, et
 - la direction de l'axe optique étant déduite de la direction mesurée du moment magnétique de l'aimant permanent, et
- 15
- commander l'interface graphique pour afficher l'image construite de l'objet tridimensionnel sur cette interface graphique.
9. Appareil selon la revendication 8, dans lequel, l'appareil comporte une maquette (38) réelle de l'objet tridimensionnel dont les dimensions sont égales aux dimensions de l'objet tridimensionnel mis à l'échelle, cette maquette étant placée dans le repère de travail au même emplacement que l'objet tridimensionnel mis à l'échelle.
- 20

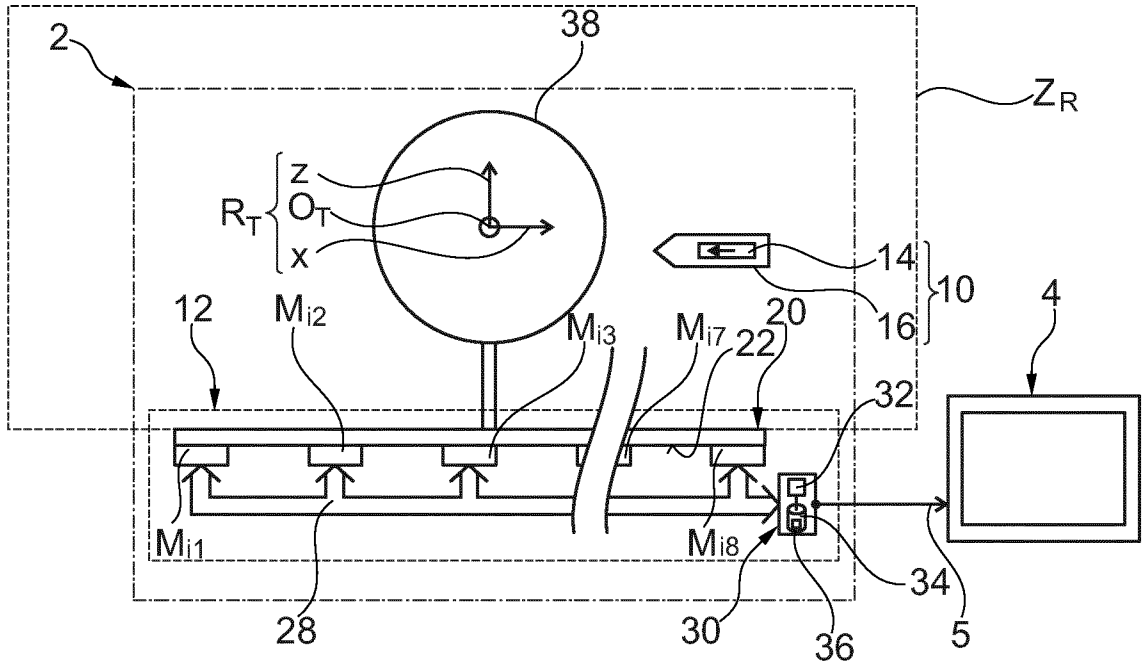


Fig. 1

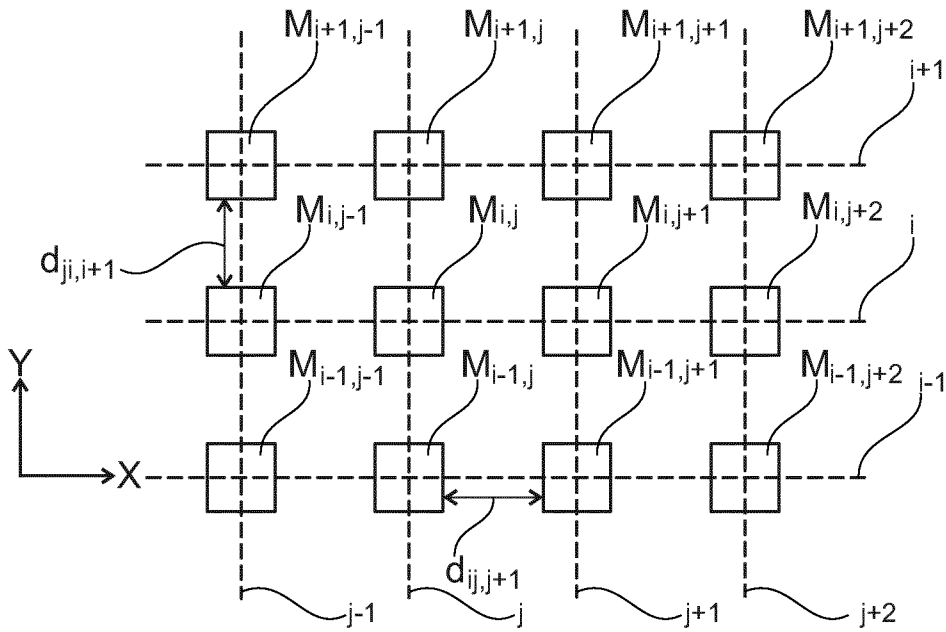


Fig. 2

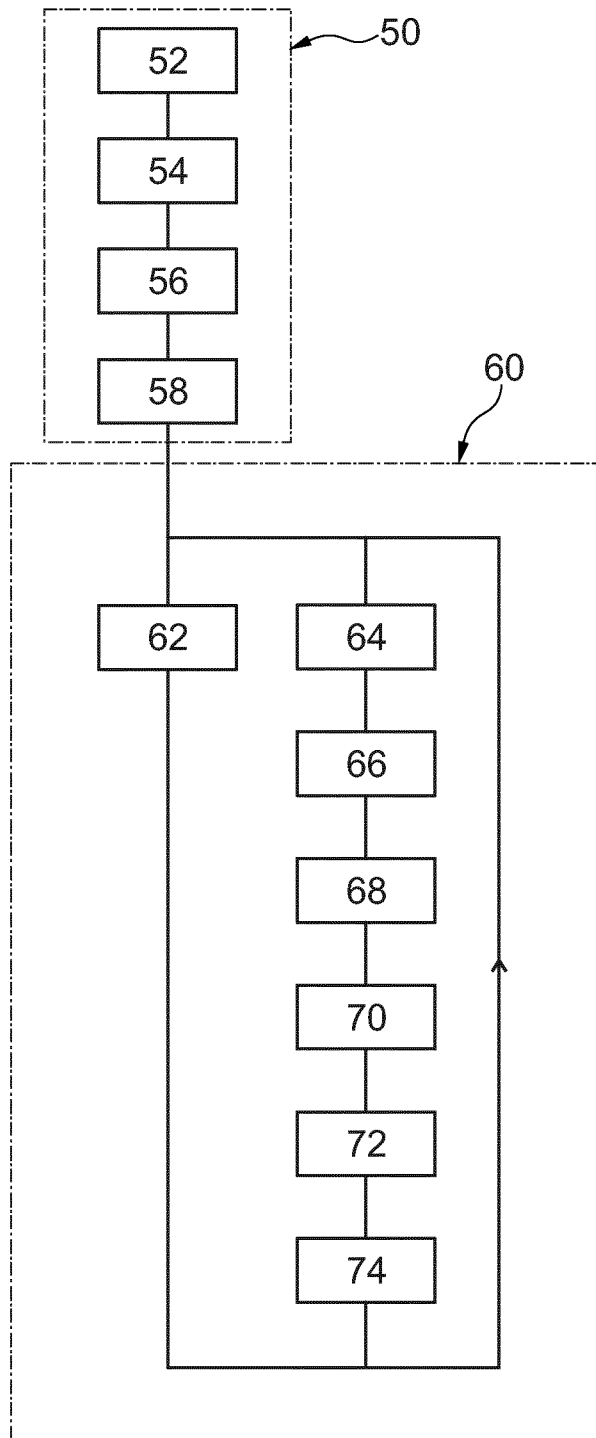


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/059140

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06F3/0346
ADD. G06F3/038

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**)
G06F G01R G01V

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 practicable, 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.
Y	US 5 687 307 A (AKISADA HI ROKAZU [JP] ET AL) 11 November 1997 (1997-11-11) column 4, line 26 - column 5, line 40 column 7, line 34 - column 8, line 15 column 19, line 10 - line 63 column 20, line 16 - line 40 column 25, line 5 - line 9 figures 1-4, 14	1-9
Y	US 2006/061354 A1 (WALLANCE DANIEL I [US] ET AL) 23 March 2006 (2006-03-23) paragraph [0007] - paragraph [0012] paragraph [0021] - paragraph [0034] paragraph [0055] paragraph [0069] - paragraph [0071] paragraph [0073] figures 1,2	1-9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Spécial catégories of cited documents :

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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 2 June 2014	Date of mailing of the international search report 12/06/2014
---	---

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 Knutsson , Frédéric
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/059140

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 586 302 AI (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 20 February 1987 (1987-02-20) page 1, line 26 - page 2, line 27 figure 1 -----	1-9
A	Wo 2011/043645 AI (PERSONAL SPACE TECHNOLOGIES [NL] ; MULDER JURRIAAN DERK [NL]) 14 April 2011 (2011-04-14) page 2, line 1 - page 12, line 13 figure 2a -----	1-9
A	US 2009/174714 AI (NAGAKURA TAKEHIKO [JP] ET AL) 9 July 2009 (2009-07-09) paragraph [0006] - paragraph [0029] figure 7 -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2014/059140
--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5687307	A	11-11-1997	NONE

US 2006061354	AI	23-03-2006	NONE

FR 2586302	AI	20-02-1987	CA 1314993 C 23-03-1993
		DE 3669586 DI	19-04-1990
		EP 0215695 AI	25-03-1987
		FR 2586302 AI	20-02-1987
		JP 2508010 B2	19-06-1996
		JP S6238301 A	19-02-1987

Wo 2011043645	AI	14-04-2011	NONE

US 2009174714	AI	09-07-2009	CN 101248460 A 20-08-2008
		JP 4694435 B2	08-06-2011
		JP 2007058851 A	08-03-2007
		US 2009174714 AI	09-07-2009
		Wo 2007013607 AI	01-02-2007

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/059140

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G06F3/0346 ADD. G06F3/038</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p> <p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G06F G01R G01V</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>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</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	<p>US 5 687 307 A (AKISADA HI ROKAZU [JP] ET AL) 11 novembre 1997 (1997-11-11) colonne 4, ligne 26 - colonne 5, ligne 40 colonne 7, ligne 34 - colonne 8, ligne 15 colonne 19, ligne 10 - ligne 63 colonne 20, ligne 16 - ligne 40 colonne 25, ligne 5 - ligne 9 figures 1-4, 14</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-9
Y	<p>US 2006/061354 AI (WALLANCE DANIEL I [US] ET AL) 23 mars 2006 (2006-03-23) alinéa [0007] - alinéa [0012] alinéa [0021] - alinéa [0034] alinéa [0055] alinéa [0069] - alinéa [0071] alinéa [0073] figures 1,2</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">-/- .</p>	1-9
<p><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</p>		
<p><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>		
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>		
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p> <p style="text-align: center;">2 juin 2014</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p style="text-align: center;">12/06/2014</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p style="text-align: center;">Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p style="text-align: center;">Knutsson , Frédéric</p>

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	FR 2 586 302 AI (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 20 février 1987 (1987-02-20) page 1, ligne 26 - page 2, ligne 27 figure 1 -----	1-9
A	Wo 2011/043645 AI (PERSONAL SPACE TECHNOLOGIES [NL] ; MULDER JURRIAN DERK [NL]) 14 avril 2011 (2011-04-14) page 2, ligne 1 - page 12, ligne 13 figure 2a -----	1-9
A	US 2009/174714 AI (NAGAKURA TAKEHIKO [JP] ET AL) 9 juillet 2009 (2009-07-09) alinéa [0006] - alinéa [0029] figure 7 -----	1-9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/059140

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5687307	A	11-11-1997	AUCUN

US 2006061354	AI	23-03 -2006	AUCUN

FR 2586302	AI	20-02 -1987	CA 1314993 C 23-03-1993
		DE 3669586	DI 19-04-1990
		EP 0215695	AI 25-03-1987
		FR 2586302	AI 20-02-1987
		JP 2508010	B2 19-06-1996
		JP S6238301	A 19-02-1987

Wo 2011043645	AI	14-04 -2011	AUCUN

US 2009174714	AI	09-07 -2009	CN 101248460 A 20-08-2008
		JP 4694435	B2 08-06-2011
		JP 2007058851	A 08-03-2007
		US 2009174714	AI 09-07-2009
		Wo 2007013607	AI 01-02-2007
