

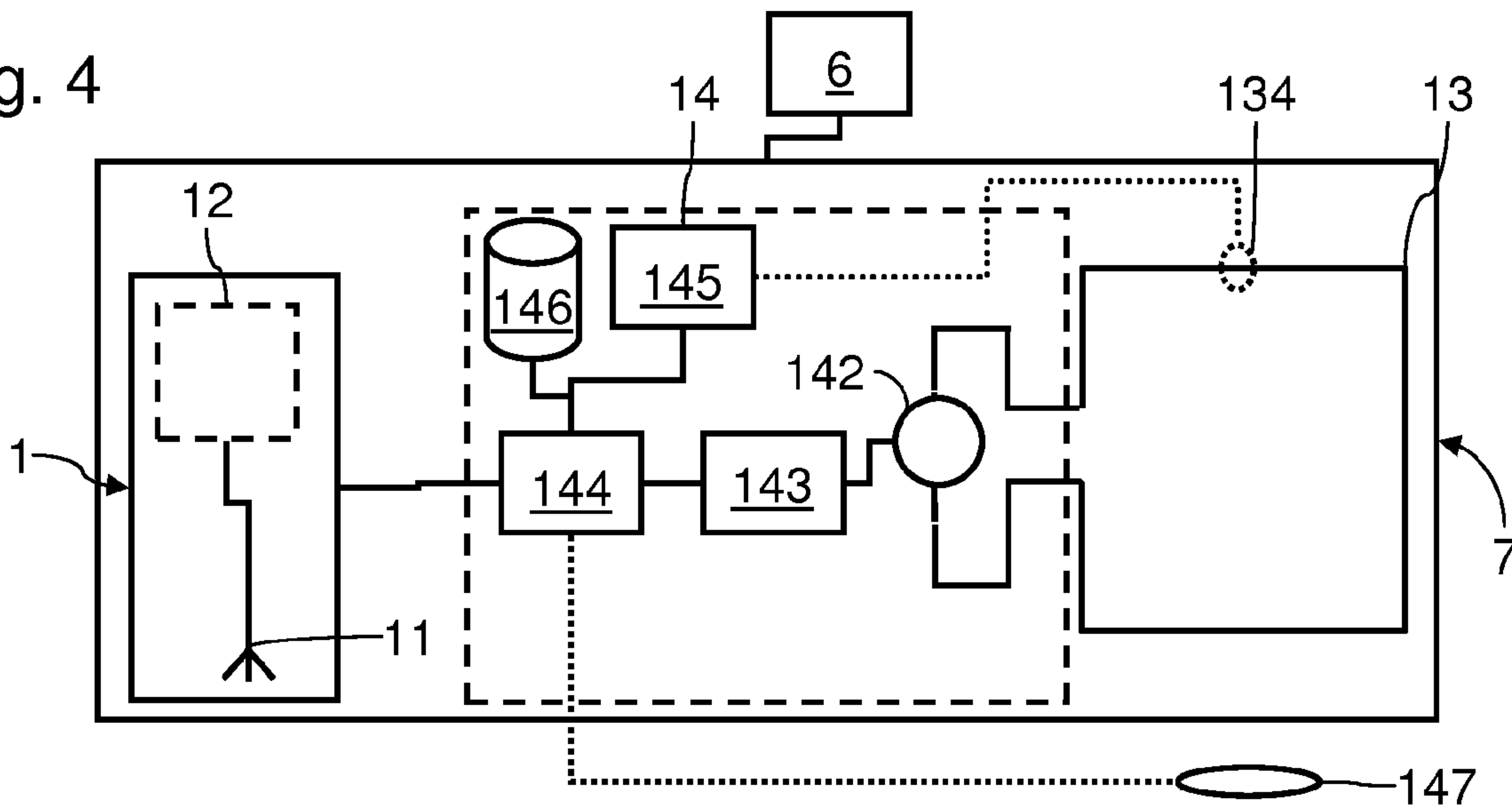


(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2013/03/06
 (87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2013/09/12
 (85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2014/09/04
 (86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** EP 2013/054534
 (87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2013/131975
 (30) **Priorité/Priority:** 2012/03/07 (FR1252081)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. G01V 15/00** (2006.01)
 (71) **Demandeur/Applicant:**
 COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX
 ENERGIES ALTERNATIVES, FR
 (72) **Inventeurs/Inventors:**
 THOMAS, THIERRY, FR;
 FRASSATI, FRANCOIS, FR
 (74) **Agent:** ROBIC

(54) **Titre : DISPOSITIF DE LOCALISATION POUR L'EVALUATION DE LA DISTANCE ENTRE UNE ETIQUETTE RFID ET UNE INTERFACE**
 (54) **Title: LOCATING DEVICE FOR EVALUATING THE DISTANCE BETWEEN AN RFID LABEL AND AN INTERFACE**

Fig. 4



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un dispositif (7) d'évaluation d'une distance d'une étiquette RFID par rapport à une interface entre deux milieux comprenant : - une antenne (13); - un dispositif de mesure (147) de la distance entre l'antenne (13) du dispositif (7) et l'interface; - un circuit d'alimentation (142, 143) configuré pour alimenter l'antenne (13) de sorte que l'antenne génère un champ électromagnétique avec différentes valeurs d'amplitude successives; - un dispositif (1) de détection d'une réponse de l'étiquette; - un circuit de traitement (144) configuré pour: - déterminer plusieurs couples incluant chacun : - une distance mesurée entre l'antenne (13) et l'interface; et - une valeur de champ électromagnétique minimale générée au niveau de l'antenne pour laquelle l'étiquette est détectée à cette distance; - évaluer la distance entre l'étiquette et l'interface en fonction des couples déterminés.

(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
12 septembre 2013 (12.09.2013)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/131975 A3(51) Classification internationale des brevets :
G01V 15/00 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2013/054534(22) Date de dépôt international :
6 mars 2013 (06.03.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1252081 7 mars 2012 (07.03.2012) FR(71) Déposant : COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES
[FR/FR]; Bâtiment le Ponant D, 25 rue Leblanc, F-75015
Paris (FR).(72) Inventeurs : THOMAS, Thierry; 7 impasse de la Treille,
Route du Pavillon, F-38760 Varcès Allières et Risset (FR).
FRASSATI, François; 98 rue du Port, F-38340 Voreppe
(FR).(74) Mandataires : GUERIN, Jean-Philippe et al.; Opilex,
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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, 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), eurasiatique (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,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)

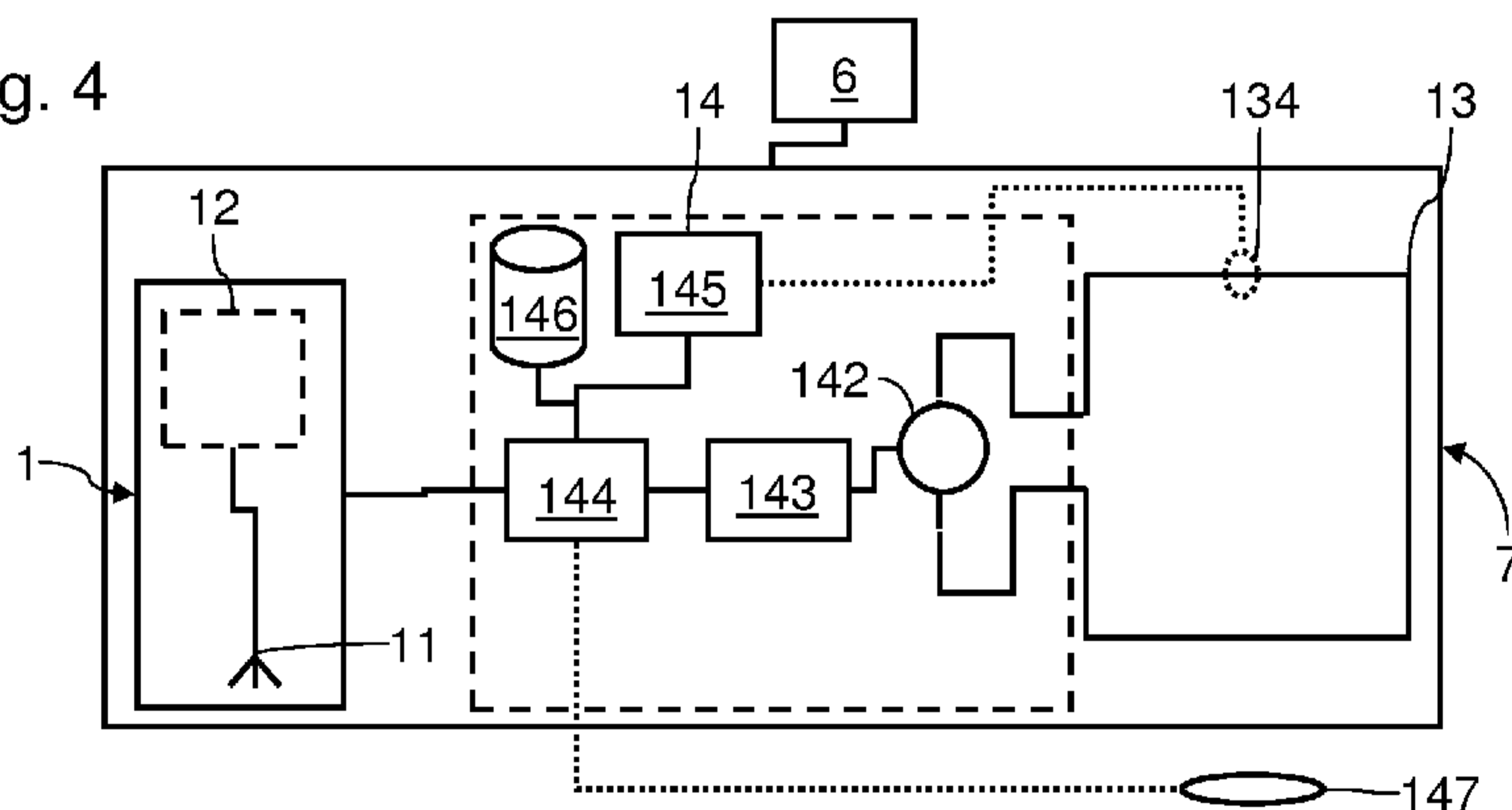
(88) Date de publication du rapport de recherche internatio-
nale :

31 octobre 2013

(54) Title : LOCATING DEVICE FOR EVALUATING THE DISTANCE BETWEEN AN RFID LABEL AND AN INTERFACE

(54) Titre : DISPOSITIF DE LOCALISATION POUR L'EVALUATION DE LA DISTANCE ENTRE UNE ÉTIQUETTE RFID ET UNE INTERFACE

Fig. 4



(57) Abstract : The invention relates to a device (7) for evaluating the distance of an RFID label from an interface between two environments, including: an antenna (13); a device (147) for measuring the distance between the antenna (13) of the device (7) and the interface; a power supply circuit (142, 143) configured to supply power to the antenna (13) such that the antenna generates an electromagnetic field having different sequential amplitude values; a device (1) for detecting a response of the label; a processing circuit (144) configured to: determine several pairs that each include: a distance measured between the antenna (13) and the interface; and a minimum electromagnetic field value generated at the antenna for which the label is detected at this distance; and evaluating the distance between the label and the interface depending on the determined pairs.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2013/131975 A3 

L'invention concerne un dispositif (7) d'évaluation d'une distance d'une étiquette RFID par rapport à une interface entre deux milieux comprenant : - une antenne (13); - un dispositif de mesure (147) de la distance entre l'antenne (13) du dispositif (7) et l'interface; - un circuit d'alimentation (142, 143) configuré pour alimenter l'antenne (13) de sorte que l'antenne génère un champ électromagnétique avec différentes valeurs d'amplitude successives; - un dispositif (1) de détection d'une réponse de l'étiquette; - un circuit de traitement (144) configuré pour: - déterminer plusieurs couples incluant chacun : - une distance mesurée entre l'antenne (13) et l'interface; et - une valeur de champ électromagnétique minimale générée au niveau de l'antenne pour laquelle l'étiquette est détectée à cette distance; - évaluer la distance entre l'étiquette et l'interface en fonction des couples déterminés.

DISPOSITIF DE LOCALISATION POUR L'ÉVALUATION DE LA DISTANCE ENTRE UNE ÉTIQUETTE RFID ET UNE INTERFACE

L'invention concerne la localisation d'objets enfouis, immergés ou non
5 accessibles, et en particulier la localisation d'objets en activant des étiquettes de type RFID attachées à ces objets. L'invention s'avère plus particulièrement avantageuse pour la localisation de canalisations en plastique.

La localisation d'objets enterrés ou immergés est souvent délicate pour des personnes se trouvant en surface. Une telle localisation s'avère notamment
10 nécessaire en vue de réaliser des travaux, soit pour accéder à des canalisations d'eau ou de gaz, soit pour éviter de les détériorer, soit pour tenir à jour des plans de réseau. Une localisation en se basant uniquement sur des plans réalisés au moment du positionnement des canalisations s'avère le plus souvent inutilisable du fait d'un manque de fiabilité des plans, du fait d'une perte de ces
15 plans, ou du fait d'un déplacement incontrôlé des canalisations (par exemple à la suite de mouvements de terrain ou de travaux de terrassement).

Du fait de l'absence d'accès direct à de telles canalisations, un certain nombre de méthodes ont été mises au point pour faciliter leur localisation effective depuis la surface. Une méthode de localisation connue consiste
20 notamment à fixer au préalable des étiquettes RFID à des canalisations en des emplacements stratégiques, puis à localiser ultérieurement ces étiquettes depuis la surface en utilisant un lecteur associé à ces étiquettes.

En déterminant la position horizontale et la profondeur des différentes étiquettes, on peut notamment reconstruire en trois dimensions un réseau
25 souterrain de canalisations. La présence d'étiquettes en des points singuliers du réseau (par exemple au niveau des branchements ou des virages des canalisations) facilite la reconstruction de son plan.

Plusieurs modes de communication sont connus entre un lecteur et une
30 étiquette RFID. Dans de tels systèmes, on établit un lien par champ magnétique radiofréquence entre le lecteur et une ou plusieurs étiquettes.

Les antennes de type antennes rayonnantes hautes fréquences et ultra hautes fréquences, dont la taille est de l'ordre de la demie longueur d'onde de la fréquence de communication, sont sensibles à la fois à la composante de
35 champ magnétique et à la composante de champ électrique. La communication entre le lecteur est très dépendante de la structure des antennes de l'étiquette et du lecteur. De plus, compte tenu des distances mises en jeu supérieures à la longueur d'onde du champ électromagnétique et des caractéristiques électromagnétiques du milieu dans lequel l'étiquette est enfouie, les ultra hautes
40 fréquences conduisent à des diagrammes de champ électromagnétique plus complexes et plus susceptibles d'être perturbés. L'humidité du milieu induit en

outre une absorption accrue des ondes. La fiabilité de la localisation est ainsi sérieusement affectée.

Du fait de ces limitations, l'utilisation d'antennes de type inductives est favorisée pour de telles applications. La communication entre un lecteur et des
5 étiquettes RFID est par exemple définie dans les normes ISO15693 et ISO18000-3 pour la fréquence de 13,56 MHz.

Dans le cas d'antennes inductives, les interactions entre l'antenne du lecteur et l'antenne de l'étiquette peuvent être décrites par des équations de couplage inductif (avec une approche quasi-statique et l'utilisation du calcul de
10 mutuelles inductances). Le couplage inductif induit le transfert d'énergie entre le lecteur et l'étiquette par inductance mutuelle.

Un circuit conducteur bobiné de l'étiquette, prélève au travers de sa surface le flux du champ magnétique produit par l'antenne du lecteur. La variation temporelle de ce flux crée une tension induite dite f.e.m (pour force
15 électro motrice) au sein de ce circuit bobiné. Cette tension est redressée et généralement utilisée pour alimenter les fonctions de l'étiquette.

Le circuit bobiné de l'antenne présente une inductance. Cette inductance est mise à profit en l'associant à un élément capacitif ajouté pour former un résonateur parallèle. La tension disponible aux bornes de ce résonateur est
20 alors le produit de la tension induite par le coefficient de surtension (correspondant globalement au coefficient de qualité du résonateur) permettant ainsi l'alimentation d'un circuit intégré de l'étiquette. L'alimentation à distance d'un circuit intégré d'une étiquette RFID d'identification nécessite une tension (et une puissance) minimale pour fonctionner, typiquement de l'ordre de quelques
25 volts crêtes et quelques centaines de microwatts. Il existe ainsi une valeur minimale de champ magnétique appliquée à l'antenne de l'étiquette à partir de laquelle l'étiquette est fonctionnelle et peut répondre aux sollicitations du lecteur.

Pour permettre la transmission de données de l'étiquette vers le lecteur, l'étiquette modifie l'impédance qu'elle présente aux bornes du circuit d'antenne.
30 Cette variation d'impédance est détectée par le lecteur du fait du couplage inductif.

Un certain nombre de procédés de détection sont connus, dans lesquels un manipulateur utilise un lecteur RFID pour obtenir la localisation des
35 étiquettes RFID souterraines.

On entend par zone de détection le volume (ou par extension la surface au sol) dans lequel une étiquette RFID est lisible par le lecteur. La communication avec l'étiquette est possible si le centre de l'antenne du lecteur est à l'intérieur du volume et non possible si le centre de l'antenne est à
40 l'extérieur de ce volume. La géométrie de la zone de détection (forme et dimension) dépend des caractéristiques de l'étiquette (positionnement et

sensibilité) et des caractéristiques de l'antenne du lecteur, ainsi que du niveau de champ magnétique produit par cette antenne.

Dans le brevet JP2005181111, des étiquettes RFID sont fixées sur des canalisations enterrées. Le lecteur localise l'étiquette en communiquant avec celle-ci lorsqu'il se trouve dans la zone de détection. Pour cela, le lecteur récupère une information de profondeur ayant été mémorisée au préalable dans l'étiquette. Le lecteur détermine le positionnement horizontal de l'étiquette de façon approximative, en se basant sur le fait que le lecteur est disposé dans la zone de détection.

10 Un tel procédé de localisation s'avère relativement peu précis concernant le positionnement horizontal et ne permet pas de déterminer la profondeur effective de l'étiquette. Ainsi, l'information de profondeur récupérée s'avère inexacte dans le cas d'un remaniement de la surface du sol ou d'un déplacement de la canalisation sous l'effet de différents événements, une telle variation s'avérant relativement probable pour des canalisations dont la durée de vie est fréquemment comprise entre 30 et 50 ans.

Un autre procédé de localisation connu est basé sur la communication entre un lecteur et une étiquette RFID basse fréquence (entre 80 et 120 kHz) et l'utilisation d'antennes de type inductives sont favorisées pour de telles applications. Les basses fréquences correspondent à des longueurs d'onde bien supérieures aux distances de localisation. Un tel procédé est fréquemment mis en oeuvre avec des étiquettes munies de simples résonateurs et dépourvues de puces électroniques. Le résonateur de l'étiquette crée un champ magnétique secondaire proportionnel au champ magnétique primaire créé par l'antenne du lecteur.

La croissance et la décroissance de l'amplitude du champ secondaire s'effectuent suivant une constante de temps dépendant du facteur de qualité du résonateur. L'amplitude du champ secondaire mesurée par le lecteur est relativement faible par rapport à l'amplitude du champ primaire. Afin de permettre la mesure du champ secondaire, le champ primaire n'est émis que brièvement et la mesure du champ secondaire est effectuée durant les périodes d'extinction du champ primaire. Pour que l'amplitude du champ secondaire soit encore significative suffisamment longtemps durant les périodes d'extinction du champ primaire, le résonateur de l'étiquette présente un facteur de qualité suffisamment élevé (typiquement compris entre 50 et 100).

La position horizontale ou l'aplomb de l'étiquette est déterminée en balayant la surface du sol avec le lecteur. La position horizontale de l'étiquette est identifiée lorsque l'amplitude du champ secondaire atteint un maximum.

Des étiquettes munies d'un résonateur simple n'étant pas aptes à renseigner le lecteur sur leur configuration, le lecteur doit en outre résoudre un problème à deux inconnues : l'intensité d'émission du champ magnétique

secondaire et la profondeur de l'étiquette. Pour déterminer ces deux inconnues, le manipulateur place le lecteur à l'aplomb de l'étiquette, et effectue deux mesures à deux hauteurs prédéfinies au-dessus du sol.

Afin de garantir la précision de mesure du champ secondaire, celui-ci est mesuré de façon répétée et une moyenne est calculée sur les différentes valeurs mesurées. Cependant, du fait des faibles valeurs de fréquence de communication utilisées, la durée nécessaire pour réaliser les mesures de champ secondaire s'avère en pratique relativement longue pour l'opérateur, typiquement de plusieurs secondes. Une fois à l'aplomb de l'étiquette, cette durée de mesure est dédoublée pour mesurer le champ secondaire aux deux hauteurs prédéfinies. Pour ne pas rendre la localisation excessivement longue, la détermination de l'aplomb de l'étiquette doit également être réalisée en se contentant d'une localisation approximative du lieu pour lequel le champ secondaire fournit une amplitude maximale. De plus, la précision d'un tel procédé s'avère relativement dépendante des perturbations magnétiques externes dans des fréquences approchantes (par exemple dues à l'excitation d'autres sources secondaires), l'amplitude du champ secondaire mesurée sur le lecteur restant très réduite.

L'invention vise à résoudre un ou plusieurs de ces inconvénients. L'invention porte ainsi sur un dispositif de localisation évaluant une distance d'une étiquette RFID par rapport à une interface entre deux milieux, l'étiquette étant disposée du côté opposé au dispositif de localisation par rapport à l'interface. Le dispositif est défini dans les revendications annexées.

L'invention porte également sur un procédé de localisation d'une étiquette RFID par rapport à une interface entre deux milieux, l'étiquette étant disposée du côté opposé à un dispositif de localisation par rapport à l'interface, défini dans les revendications annexées.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

-la figure 1 est une représentation schématique d'une canalisation souterraine munie d'étiquettes RFID devant être localisée ;

-la figure 2 est une représentation schématique d'une phase de localisation d'une étiquette RFID et de différents paramètres mis en jeu ;

-la figure 3 est une représentation électrique équivalente de l'association d'un lecteur et d'une étiquette RFID de types inductifs mis en œuvre dans un mode de réalisation d'un dispositif de localisation selon l'invention ;

-la figure 4 est un schéma bloc d'un dispositif de localisation selon un mode de réalisation de l'invention ;

-la figure 5 est un diagramme d'un niveau de champ électromagnétique généré par une antenne pour différentes distances limites de détection ;

-la figure 6 est un diagramme illustrant différentes courbes de champ électromagnétique au niveau de l'étiquette en fonction de la distance de
5 l'étiquette à une interface.

La localisation d'une étiquette selon l'invention est basée sur la détermination de différentes valeurs de champ électromagnétique minimales de détection de l'étiquette, en fonction de différentes positions d'un dispositif de
10 localisation générant ce champ électromagnétique.

L'invention fournit une solution de localisation d'étiquettes RFID présentant une grande précision avec une manipulation aisée. Cette localisation peut être indépendante de l'évolution des performances de l'étiquette, par exemple liée à son vieillissement.

15 Cette solution de localisation est suffisamment discriminante par rapport à d'autres sources de champ secondaire ou d'autres étiquettes RFID éventuelles. En outre, cette solution est particulièrement aisée à mettre en oeuvre pour des manipulateurs dans des conditions réelles. Par ailleurs, l'invention permet de réaliser une localisation même en présence d'obstacles au
20 sol, induisant un espace relativement réduit pour réaliser des mesures.

La description va par la suite décrire une localisation horizontale d'une étiquette suivie de la localisation de sa profondeur par rapport à une surface horizontale. Cependant, l'invention s'applique également à l'évaluation de la
25 distance entre une étiquette et une interface non horizontale. L'interface assure une séparation entre deux milieux, l'étiquette et un dispositif étant disposés de part et d'autre de l'interface. Le dispositif de localisation décrit par la suite présente ainsi :

-une fonction de détermination de la position par rapport à une interface
30 sensiblement plane, en projection sur cette interface selon sa normale ;
-une fonction d'évaluation de la distance entre l'étiquette et l'interface.

L'invention peut typiquement être appliquée à la localisation de canalisations souterraines. La figure 1 illustre de façon schématique une
35 canalisation souterraine 3 enterrée dans un milieu souterrain 4, tel que de la terre. La surface supérieure de la terre 4 forme une interface 5 entre deux milieux, en l'occurrence de natures différentes, à savoir la terre 4 et l'air. Des transpondeurs ou étiquettes RFID 2 sont fixés en des endroits appropriés sur la canalisation 3, par exemple à intervalles réguliers, au niveau d'embranchements
40 ou de coudes réalisés dans la canalisation 3. Pour une telle application, on

utilisera des étiquettes 2 aptes à fonctionner sous terre ou dans un milieu humide.

La figure 2 représente le positionnement d'une antenne 13 d'un dispositif pour la localisation de l'étiquette 2 enterrée dans le sol 4. L'antenne 13 est ici localisée à l'aplomb de l'étiquette 2. Z_e correspond à la distance entre l'antenne 13 et le sol 5, tandis que z_p correspond à la distance entre le sol 5 et l'étiquette 2. Le dispositif de localisation décrit par la suite vise notamment à évaluer cette distance z_p et/ou la position d'aplomb de l'étiquette 2.

10

La localisation d'une étiquette selon l'invention est basée sur la détermination de différentes valeurs de champ électromagnétique minimales de détection de l'étiquette, en fonction de différentes positions de l'antenne du dispositif de localisation générant ce champ électromagnétique.

15 Le dispositif de localisation selon un mode de réalisation de l'invention inclut un dispositif de détection d'une réponse de l'étiquette 2. Dans ce mode de réalisation, le dispositif de détection est mis en oeuvre sous la forme d'un lecteur RFID 1.

20 La figure 3 fournit un exemple schématique de la représentation électrique conventionnelle du lecteur 1 et de l'étiquette RFID 2 sans contact à couplage inductif que l'on souhaite localiser.

Côté lecteur RFID 1, le circuit d'antenne 11 peut être modélisé par une inductance équivalente d'antenne 111, en série avec une résistance 113 et une capacité 112. Le circuit d'antenne 11 est connecté à un circuit électronique 12 du lecteur 1. L'impédance de sortie du lecteur RFID 1 peut être modélisée par une résistance 121, connectée en série avec le circuit d'antenne 11 et une alimentation 122.

Côté étiquette 2, le circuit d'antenne 21 peut être modélisé par une inductance équivalente 211. Le circuit d'antenne 21 est connecté à un circuit électronique 22. Le circuit électronique 22 contient une capacité 222. La consommation électrique de ce circuit électronique peut être modélisée par une résistance 221 connectée en parallèle à l'inductance équivalente 211.

Le couplage inductif induit le transfert d'énergie entre le lecteur et l'étiquette par inductance mutuelle. Une tension alternative ou force électromotrice est ainsi induite dans l'étiquette 2. Cette tension est redressée et utilisée pour alimenter les fonctions de l'étiquette 2. La tension disponible aux bornes de ce résonateur est alors le produit de la tension induite par le coefficient de surtension (correspondant globalement au coefficient de qualité du résonateur) permettant ainsi l'alimentation d'un circuit intégré de l'étiquette 2. L'alimentation à distance du circuit intégré de l'étiquette 2 nécessite une tension

35
40

minimale pour fonctionner, typiquement de l'ordre de quelques volts crêtes. Il existe ainsi une valeur minimale de champ magnétique appliquée à l'antenne de l'étiquette 2 à partir de laquelle l'étiquette est fonctionnelle et peut répondre aux sollicitations du lecteur.

5 Des préconisations de conception de systèmes RFID de type inductif sont notamment définies dans les normes ISO 15693, ISO 18000-3 et ISO 14443. Ces normes fixent notamment la fréquence de la porteuse du signal à 13,56 MHz. Pour permettre la transmission de données de l'étiquette 2 vers le lecteur RFID 1, l'étiquette modifie de façon connue en soi l'impédance qu'il présente
10 aux bornes du circuit d'antenne. Cette variation d'impédance est détectée par le lecteur du fait du couplage inductif. Le lecteur 1 est ainsi configuré pour détecter une réponse ou une absence de réponse de l'étiquette 2.

Durant la localisation de l'étiquette 2, le lecteur 1 cherche de façon périodique à détecter une réponse de l'étiquette 2. A intervalles réguliers, le
15 champ radiofréquence du lecteur 1 est activé en excitant son antenne avec une tension sinusoïdale à sa fréquence de résonance pour une durée prédéterminée. Pendant la durée de l'activation, le lecteur émet plusieurs requêtes de manière récurrente selon un protocole standardisé. Suite à ces requêtes, le lecteur 1 maintient son champ activé pour détecter une éventuelle
20 réponse de l'étiquette 2.

La figure 4 est un schéma bloc d'un dispositif 7 de localisation d'une étiquette RFID, selon un mode de réalisation de l'invention. Le dispositif 7 inclut un lecteur 1 tel qu'illustré à la figure 1, l'antenne 13 et un circuit de supervision
25 14.

L'antenne 13 est du type à couplage inductif. L'antenne 13 est avantageusement optimisée pour un fonctionnement à la surface du sol (avec un faible effet de sol). L'antenne 13 peut être de tout type approprié, par exemple tel que décrit dans le document FR2961354. L'antenne présente
30 sensiblement une forme de boucle, rectangulaire ou circulaire. L'antenne 13 est avantageusement munie d'une sonde de courant 134.

Le circuit de supervision 14 comporte une alimentation 142 connectée aux bornes de l'antenne 13. Un circuit de commande 143 définit la puissance électrique appliquée par l'alimentation 142 sur le circuit d'antenne 13, et par
35 conséquent l'amplitude du champ électromagnétique généré par ce circuit d'antenne. Le circuit de supervision 14 comporte également un circuit de traitement 144 et un circuit de mesure 145. Le circuit de mesure 145 récupère les mesures de la sonde de courant 134. Bien que les fonctions des circuits 143, 144 et 145 soit illustrées indépendamment, plusieurs de ces fonctions peuvent
40 bien entendu être mises en oeuvre par un unique circuit intégré. Le dispositif 7 comprend en outre une mémoire 146.

Le dispositif 7 comprend un capteur 147 de la distance entre l'antenne 13 et l'interface 5 entre les deux milieux, en l'occurrence un capteur indiquant la distance z_e entre l'antenne 13 et le sol 5. Un tel capteur 147 est connu en soi et peut-être un capteur optique (par exemple basé sur un faisceau laser),
5 acoustique (par exemple de type sonar) ou radio (de type radar). Le dispositif 7 peut également être muni d'un niveau permettant au manipulateur de vérifier l'horizontalité de l'antenne 13 durant la localisation. Le capteur 147 est connecté au circuit de traitement 144. Le dispositif 7 inclut ou est connecté à un afficheur 6 fournissant notamment la valeur de la distance z_p au manipulateur, et le cas
10 échéant des instructions à exécuter par le manipulateur.

En alternative, le dispositif 7 peut être dépourvu de capteur de mesure de la distance z_e entre l'antenne 13 et le sol 5. Le dispositif 7 peut alors déterminer cette distance z_e par d'autres moyens. Le dispositif 7 peut par exemple requérir du manipulateur qu'il place le dispositif 7 à une distance donnée du sol
15 par l'intermédiaire de l'afficheur 6. Le manipulateur peut alors placer le dispositif 7 à la distance requise, en interposant par exemple des cales d'épaisseur calibrées entre le dispositif 7 et le sol 5, ou en utilisant un trépied à hauteur réglable sur lequel le dispositif 7 peut être fixé et comportant des graduations indiquant la distance entre le dispositif 7 et le sol 5 pour un réglage donné.
20 L'utilisateur pourra confirmer que le dispositif 7 est à la bonne distance en appuyant sur un bouton approprié, de sorte que le dispositif 7 puisse déterminer qu'il est positionné à la distance requise du sol 5.

Le dispositif 7 comprend avantageusement un capteur du niveau de
25 champ sur l'antenne 13. Un tel capteur permet de relever le niveau effectif du champ électromagnétique produit par l'antenne 13 pour pouvoir tenir compte d'éventuelles fluctuations de l'impédance de cette antenne 13 et du niveau de puissance fourni par l'alimentation 142 sur cette antenne 13. Comme dans l'exemple illustré, ce capteur peut être mis en oeuvre sous la forme d'une sonde
30 de courant 134 mesurant le courant traversant l'antenne 13.

Le principe de la localisation de l'étiquette 2 par le dispositif 7 selon l'invention repose sur la propriété que l'étiquette 2 devient fonctionnelle et émet une réponse à partir d'un seuil de champ électromagnétique (pour une pulsation
35 ω) appliqué sur son antenne (H_s). Ce seuil est une valeur moyenne, appliquée perpendiculairement à la surface de l'antenne de l'étiquette 2, qui génère une tension induite (f.e.m) dans ce circuit d'antenne suffisante pour qu'un circuit 22 de l'étiquette soit alimenté par une tension minimale V_{ps} le rendant fonctionnel, compte tenu de la fonction de transfert du résonateur équivalent (caractérisé par
40 un facteur de qualité Q et une pulsation d'accord ω_0).

$$V_{ps} \approx \frac{-Q \cdot \frac{\omega_o}{\omega}}{\left(1 + j \cdot Q \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega}\right)\right)} \cdot f.e.m = \frac{-Q \cdot \frac{\omega_o}{\omega}}{\left(1 + j \cdot Q \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega}\right)\right)} \cdot (\mu_o \cdot \omega \cdot S \cdot H_s)$$

5

S est la section du circuit d'antenne de l'étiquette 2 traversée par le flux électromagnétique.

A titre d'exemple, cette tension Vps est typiquement de l'ordre de quelques volts efficaces. La valeur Hs est typiquement de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de mA/m efficaces, en fonction des caractéristiques de l'antenne de l'étiquette.

Par la suite, on supposera que cette valeur Hs du champ électromagnétique est constante durant toute la procédure de localisation de l'étiquette 2, sans pour autant nécessiter qu'elle soit connue par avance.

15

Lors d'une première phase, on détermine l'aplomb de l'étiquette 2 à la surface 5. Lorsqu'une étiquette 2 est correctement orientée, (plan de son antenne à l'horizontale) et que celle-ci n'est pas perturbée par un objet conducteur de grande dimension dans le sol 4, la zone de détection de l'étiquette 2 est généralement une ellipse.

Pour mettre en oeuvre cette phase, le circuit de commande 143 peut commander l'application initiale d'une puissance élevée ou maximale par l'alimentation 142. Dès que le circuit de traitement 144 détecte une réponse de l'étiquette 2, il détermine que l'antenne 13 se trouve dans la zone de détection de l'étiquette 2 pour cette puissance. Cette information peut être restituée au manipulateur par l'intermédiaire de l'afficheur 6. Le circuit de commande 143 commande ensuite l'application d'un niveau de puissance inférieur et indique au manipulateur qu'une recherche plus précise de l'aplomb est en cours. Le manipulateur est amené à déplacer horizontalement le dispositif 7 jusqu'à le placer dans une zone de détection plus réduite de l'étiquette 2. Dès que le circuit de traitement 144 détecte une réponse de l'étiquette 2 pour la puissance inférieure, il détermine que l'antenne 13 se trouve dans la zone de détection de l'étiquette 2 et fournit cette information au manipulateur. En répétant ces phases de diminution de puissance, le dispositif 7 peut réduire la zone de détection de l'étiquette 2 à une surface au sol relativement réduite (typiquement de 50 x 50 mm). Le circuit de traitement 144 mémorise la valeur minimale P0 pour laquelle il détecte encore une réponse de l'étiquette 2. L'aplomb de l'étiquette 2 peut ainsi être déterminé avec une grande précision, en outre sans nécessiter de calculs.

40

Lors d'une deuxième phase, on détermine la distance z_p de l'étiquette 2 au sol 5 à cet aplomb, en déterminant la puissance minimale d'émission de l'antenne 13 pour laquelle l'étiquette 2 est détectée, pour différentes distances z_e du dispositif 7 au dessus de l'aplomb de l'étiquette 2.

5

Selon une première variante, le manipulateur est supposé poser l'antenne 13 contre le sol 5 (une consigne peut lui être fournie à cet effet par l'intermédiaire de l'afficheur 6) à l'aplomb déterminé pour l'étiquette 2 pour une première série de mesures. Puis le manipulateur est invité à relever l'antenne 13 à différentes distances z_e au-dessus du sol pour de nouvelles séries de mesures. Le circuit de traitement 144 peut par exemple inviter le manipulateur à relever l'antenne 13 par incréments de 50mm, par exemple par l'intermédiaire de l'afficheur 6. Le circuit de traitement 144 peut inviter le manipulateur à relever l'antenne et lui indiquer de maintenir cette antenne 13 à cette distance z_e pendant la durée de la mesure, le circuit de traitement 144 déterminant cette distance de l'antenne 13 par l'intermédiaire du capteur 147 ou par validation de cette distance par l'utilisateur par l'intermédiaire d'une interface appropriée.

Pour différentes distances z_e , le circuit de commande 143 commande ainsi l'application de différentes puissances par l'alimentation 142 sur l'antenne 13, ces différentes puissances étant supérieures à la valeur P_0 mémorisée. Les différentes valeurs de puissance peuvent être appliquées sous forme de séquences répétitives de requêtes/réponses définies dans un protocole de communication RFID. Pour chaque distance z_e , le circuit de traitement 144 détermine quelle est la puissance minimale de l'alimentation 142 pour laquelle une réponse de l'étiquette 2 est obtenue, en constatant qu'à partir d'une certaine puissance, aucune réponse de l'étiquette 2 n'est obtenue.

Pour chacune des distances z_e mesurée, le circuit de traitement 144 mémorise une valeur de champ électromagnétique mesurée sur l'antenne 13 pour cette puissance minimale. Pour chacune des distances z_e mesurées, le circuit de traitement 144 mémorise ainsi une mesure dans la mémoire 146, sous la forme de couple $E_k=(z_{ek}; H_k)$, k étant l'indice d'une mesure, z_{ek} étant la valeur de la distance z_e correspondante, et H_k étant l'amplitude du champ sur l'antenne 13 mesuré à cette distance z_{ek} pour la puissance minimale de détection.

35

Selon une deuxième variante, le manipulateur est supposé poser l'antenne 13 contre le sol 5 (une consigne peut lui être fournie à cet effet par l'intermédiaire de l'afficheur 6) à l'aplomb déterminé pour l'étiquette 2. Le circuit de traitement 144 lance alors une séquence répétitive de requêtes/réponses afin de déterminer la distance z_e limite de détection à différents niveaux de puissance. Le manipulateur est invité à effectuer un geste lent de levage de

40

l'antenne jusqu'à une distance d , avec $d_{\min} < d$, d_{\min} étant fixée par la précision d'estimation souhaitée de la distance entre l'étiquette 2 et le sol 5.

Dans cette variante, la puissance appliquée par l'alimentation 142 sur l'antenne 13 débute à une valeur au moins égale à la valeur P_0 mémorisée puis est augmentée à différents niveaux discrets. Lorsque le manipulateur relève l'antenne 13, le circuit de traitement 144 détermine jusqu'à quelle distance z_k la puissance P_k appliquée sur l'antenne permet d'obtenir une réponse de l'étiquette 2. Lorsqu'une rupture de détection de l'étiquette 2 est déterminée, la puissance de l'alimentation 142 est incrémentée à P_{k+1} pour déterminer la distance z_{k+1} .

Pour chacune des distances z_k limites déterminées, le circuit de traitement 144 mémorise ainsi une mesure dans la mémoire 146, sous la forme de couple $E_k=(z_k ; H_k)$.

Pour confirmer chaque distance z_k limite de détection, une distance limite de détection peut être invalidée : lorsqu'une distance limite est identifiée, la séquence de recherche se poursuit transitoirement avec la même puissance pour vérifier que l'étiquette 2 n'est pas détectée à une distance z_e supérieure. Une distance limite z_k sera validée si elle n'est pas suivie d'une autre distance z_e supérieure de détection pour cette puissance.

Selon une troisième variante, le manipulateur est supposé poser l'antenne 13 contre le sol 5 à l'aplomb déterminé par l'étiquette 2. Le circuit de traitement 144 lance alors une séquence répétitive de questions/réponses afin de déterminer la distance z_e limite de détection à différents niveaux de puissance. Le manipulateur est invité à effectuer un geste lent de levage de l'antenne jusqu'à une distance d , avec $d_{\min} < d$, d_{\min} étant fixée par la précision d'estimation souhaitée de la distance z_p entre l'étiquette 2 et le sol 5.

Dans cette variante, la puissance appliquée par l'alimentation 142 sur l'antenne 13 débute à une valeur au moins égale à la valeur P_0 mémorisée. Lorsque l'antenne 13 est relevée avec ce niveau de puissance et que plusieurs requêtes/réponses aboutissent à une non détection de l'étiquette 2, le circuit de commande 143 commande l'application d'une rampe de puissance ascendante.

Pour chacune des distances z_e limites déterminées lors d'une rampe de puissance ascendante, le circuit de traitement 144 mémorise ainsi une mesure dans la mémoire 146, sous la forme de couple $F_k=(z_e ; H_k)$.

Si plusieurs requêtes/réponses successives aboutissent à une détection de l'étiquette 2, le circuit de commande 143 commande l'application d'une rampe de puissance descendante. Lors de l'application d'une rampe de puissance descendante, le circuit de traitement 144 détermine une distance z_e et une puissance limites correspondant à une limite de détection de l'étiquette 2.

Lorsqu'une distance z_e et une puissance limites sont déterminées, une nouvelle rampe de puissance ascendante est à nouveau appliquée sur l'antenne 13.

Afin de confirmer que la puissance et la distance mesurées correspondent bien à une limite de détection, la rampe descendante est
5 poursuivie transitoirement pour vérifier qu'une nouvelle détection n'intervient pas pour une puissance inférieure et une distance z_e supérieure.

Pour chacune des distances z_e limites déterminées lors d'une rampe de puissance descendante, le circuit de traitement 144 mémorise ainsi une mesure dans la mémoire 146, sous la forme de couple $E_k=(z_{ek} ; H_k)$.

10 La vitesse des rampes ascendantes et descendantes sera suffisamment rapide pour que le mouvement d'élévation de l'antenne 13 ne puisse pas contrecarrer la diminution de l'amplitude du champ de l'étiquette 2 au niveau de cette antenne 13.

La distinction entre les mesures E_k et F_k permet de tenir compte de
15 seuils de détection potentiellement légèrement différents lors d'un passage d'un état détection vers non détection par rapport à un passage d'un état de non détection vers détection (phénomène d'hystérésis sur les seuils). Un premier calcul de la distance z_p pourra alors être réalisé sur la base des mesures E_k et un deuxième calcul de la distance z_p pourra être réalisé sur la base des
20 mesures F_k . La distance z_p retenue pourra être la moyenne des valeurs obtenues par ces deux calculs.

Pour ces variantes, la distance maximale d'élévation de l'antenne 13 peut être fixée soit par une valeur ergonomique (par exemple 400 ou 500 mm au-
25 dessus du sol), soit par une distance pour laquelle le champ généré par l'antenne 13 n'est plus suffisante pour détecter une réponse de l'étiquette 2.

Avantageusement, le niveau de puissance fourni par l'alimentation 142 à l'antenne 13 est asservi à une valeur de courant traversant l'antenne 13 et
30 mesurée par la sonde de courant 134. L'alimentation 142 peut être commandée par la commande 143 pour appliquer des valeurs discrètes de puissance sur l'antenne 13. Ces puissances peuvent par exemple suivre une progression quadratique (par exemple avec les valeurs suivantes en watts : [0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7.5, 9, 10.5, 12] ou les valeurs suivantes : [0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4,
35 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7.5, 8, 9, 9.5, 10.5, 11, 12] ou encore les valeurs suivantes : [0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2.25, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6.25, 6.75, 7.5, 8.25, 9, 9.75, 10.5, 11.25, 12.25]) afin de disposer d'un champ radiofréquence généré par l'antenne 13 sensiblement linéaire.

40 La localisation de l'étiquette peut comprendre une étape préliminaire d'établissement d'une communication avec une étiquette (mode inventaire). La

localisation de l'étiquette peut ensuite être mise en oeuvre à l'aide de l'identifiant de cette étiquette (mode adressé par exemple).

En se basant sur l'interrogation d'une étiquette 2 au moyen de son identification afin d'obtenir sa détection, on peut réaliser une détection de cette
5 étiquette même si la réponse mesurée par le circuit de mesure 145 est fortement dégradée. Il est ainsi possible de limiter au maximum les cas où la puissance d'émission de l'antenne 13 est suffisante pour obtenir une réponse de l'étiquette 2, sans que la réponse de cette étiquette soit détectée par le lecteur. Un tel mode de détection s'avère avantageux, particulièrement en
10 environnement bruité où la réponse de l'étiquette reçue sur l'antenne 13 peut être fortement perturbée.

En interrogeant au préalable une étiquette 2, on connaît le contenu de la trame de réponse de l'étiquette 2, celle-ci pouvant être définie dans une norme de communication connue d'avance. On peut par exemple effectuer un calcul de
15 corrélation entre la trame de réponse attendue et la réponse mesurée par le circuit de mesure 145 et identifiée par le circuit de traitement 144. Le circuit de traitement 144 peut par exemple déterminer que l'étiquette est détectée si la valeur de corrélation calculée atteint un seuil prédéfini. Par conséquent, même si la réponse mesurée pour l'étiquette 2 est entachée d'erreurs (par exemple si
20 le test de redondance cyclique est erroné), on peut malgré tout estimer que l'étiquette 2 a répondu et qu'elle est donc détectée.

Un exemple de détermination de la distance z_p va être donné dans un cas particulier pour un champ électromagnétique haute fréquence. On prend
25 comme hypothèse une fréquence de communication de 13,56 MHz, dont la longueur d'onde dans le vide est d'environ 22 m. Dans un sol humide, cette longueur d'onde sera divisée environ par 5, soit une longueur d'onde d'environ 4m. On peut donc utiliser avec une approximation raisonnable les expressions classiques des champs magnétiques statiques. En outre, on suppose que le
30 champ magnétique généré par l'antenne 13 n'est pas perturbé par la présence du sol.

Avec cette modélisation simplifiée, le champ H appliqué sur l'étiquette 2 s'exprime par la relation suivante :

$$35 \quad H = \frac{I_{ant}}{2R_{ant}} \cdot \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{z}{R_{ant}}\right)^2\right)^{3/2}} = H_0 \cdot \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{z}{R_{ant}}\right)^2\right)^{3/2}}$$

40 Avec H_0 le champ magnétique produit par le dispositif 7 au centre de son d'antenne 13, R_{ant} le rayon de cette antenne dans le cas d'une forme circulaire,

et avec z la distance totale entre le centre de cette antenne et le centre de l'étiquette 2, soit $z = (z_e + z_p)$.

La distance limite z_{lim} de passage entre la détection de l'étiquette et sa non-détection lors d'une élévation de l'antenne du dispositif 7 est en relation avec le niveau haute fréquence de l'antenne 13, caractérisé par exemple par le champ H_0 produit par l'antenne 13 en son centre. Le seuil de champ électromagnétique pour activer l'étiquette s'exprime alors par la relation suivante :

$$H_s = H_0 \cdot \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{(z_p + z_{e_{lim}})^2}{R_{ant}}\right)\right)^{3/2}}$$

On peut ainsi tracer le niveau de champ H_0 en fonction de l'élévation limite z_{lim} , et ainsi à titre d'exemple placer des points de mesures $\{H_k, d_k\}$, au moyen de la relation suivante.

$$H_k = H \cdot \left(1 + \left(\frac{(z_p + z_{ek})^2}{R_{ant}}\right)\right)^{3/2}$$

Une courbe correspondante peut être tracée par une méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues par une telle méthode sur les paramètres H_s et z_p peut s'avérer insuffisamment précise mais tout de même permettre de déterminer la qualité des mesures par l'écart des points de mesure par rapport à cette courbe. La figure 5 illustre un tel diagramme avec des paliers en niveaux de champ H_0 par incréments de 0.2 mA/m c à partir de 1,1 mA/m c.

Pour chaque couple ou point de mesure de l'exemple ci-dessus (les 8 couples de valeurs $\{H_k, d_k\}$), on peut chercher à estimer le champ magnétique produit par l'antenne 13 dans le sol 4 depuis la surface 5 jusqu'à une distance suffisante (par exemple 1.5m) lorsque cette antenne 13 est placée à une distance $z_e = d_k$ et avec un courant dans son circuit d'antenne tel que le champ qu'elle produit au centre de son antenne soit $H_0 = H_k$. On obtient ainsi un réseau de courbes qui se croisent en un point qui correspond à la distance recherchée sous le sol 5, avec une valeur de champ en ce point qui correspond au seuil de champ de l'étiquette 2, comme illustré à la figure 6.

Sur cette base, le procédé de détermination de la distance z_p peut être le suivant. Un modèle du champ généré par l'antenne 13 à une certaine distance à l'aplomb de cette antenne peut être établi avec la relation suivante :

$$H = H_k \cdot \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{(z_p + z_{ek})^2}{R_{ant}}\right)\right)^{3/2}}$$

5

Sur la base des mesures mémorisées dans la mémoire 146, on rejette éventuellement initialement des mesures anormales. Pour cela, on élimine les mesures s'éloignant trop du modèle fourni par exemple par le diagramme de la figure 5. Si un trop grand nombre de mesures s'éloignent du modèle, le circuit de traitement 144 peut décider que l'estimation de la distance entre l'étiquette 2 et le sol 5 est incertaine et requérir un renouvellement de la mesure par le manipulateur.

Pour chaque mesure de limite de détection mémorisée, on calcule une estimation du champ électromagnétique généré dans le sol par le dispositif 7 lorsque son antenne est positionnée à la distance z_{ek} mémorisée dans la mémoire 146. On s'appuie pour cela sur un modèle de distribution du champ généré par l'antenne du dispositif 7. On peut également envisager de mémoriser des profils de champ électromagnétique de référence et extrapoler la distribution du champ électromagnétique recherché pour les différentes mesures par interpolation entre les profils mémorisés. Comme illustré à la figure 6, on peut déterminer les distributions du champ de l'antenne du dispositif 7 à la verticale de l'étiquette 2 pour les différentes mesures. Pour chaque mesure, on établit un diagramme du champ au niveau de l'étiquette 2 en fonction de la distance par rapport à la surface. On détermine la distance z_p en déterminant la distance indiquée par l'intersection entre plusieurs de ces diagrammes. On dispose en pratique d'un nombre d'intersections égal à $N*(N-1)/2$, avec N le nombre de diagrammes ou de mesures mémorisées. Une unique intersection pourra être déterminée par interpolation entre les multiples intersections calculées, en éliminant au besoin certaines intersections présentant une trop grande dispersion par rapport aux autres.

Un tel mode de détermination de la distance z_p est avantageusement indépendant des performances de l'étiquette 2 (facteur de qualité et fréquence d'accord de son antenne) et de leur évolution dans le temps en fonction du vieillissement ou des changements des conditions du sol ou du climat.

L'utilisation de fréquences de communication élevées (comprises entre 3 et 30 MHz) permet d'obtenir des temps de localisation particulièrement réduits, et donc particulièrement appréciables pour le manipulateur du dispositif. Une durée réduite de localisation est en outre avantageuse pour la précision des mesures, puisse que les mouvements du manipulateur pendant une durée de

40

mesure réduite seront également relativement limités. Une telle plage de fréquences surmonte un préjugé technique usuel selon lequel elle serait inappropriée pour une propagation satisfaisante dans un milieu tel que la terre ou l'eau.

- 5 Dans l'exemple illustré, on utilise une mesure du courant traversant l'antenne 13 comme paramètre représentatif du champ généré par cette antenne. Tout autre paramètre représentatif peut également être utilisé, par exemple au moyen d'un magnétomètre mesurant le champ généré au niveau de l'antenne 13.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (7) de localisation d'une distance d'une étiquette RFID par rapport à une interface entre deux milieux, l'étiquette étant disposée du côté opposé au dispositif de localisation par rapport à l'interface, caractérisé en ce qu'il comprend :
- une antenne (13) du type à couplage inductif ;
 - un dispositif de détermination (147) de la distance entre l'antenne (13) du dispositif (7) et l'interface ;
 - un circuit d'alimentation (142, 143) configuré pour alimenter l'antenne (13) de sorte que l'antenne génère un champ électromagnétique avec différentes valeurs d'amplitude successives;
 - un dispositif (1) de détection d'une réponse de l'étiquette ;
 - un circuit de traitement (144) configuré pour :
 - déterminer plusieurs couples incluant chacun :
 - une distance déterminée entre l'antenne (13) et l'interface ; et
 - une valeur de champ électromagnétique minimale générée au niveau de l'antenne pour laquelle l'étiquette est détectée à cette distance;
 - évaluer la distance entre l'étiquette et l'interface en fonction des couples déterminés.
2. Dispositif de localisation selon la revendication 1, comprenant une mémoire contenant des relations normalisées entre une distance de l'étiquette à l'interface, et le champ électromagnétique généré par l'antenne (13) à cette distance de l'interface (5), le circuit de traitement étant configuré pour évaluer la distance (z_p) entre l'étiquette (2) et l'interface à partir desdites relations mémorisées et desdites valeurs de champ électromagnétique minimales déterminées.
3. Dispositif de localisation (7) selon la revendication 1, dans lequel le circuit de traitement (144) est configuré pour :
 - déterminer, pour plusieurs desdits couples, une relation entre une distance de l'étiquette à l'interface, et le champ électromagnétique généré par l'antenne (13) à cette distance de l'interface (5);
 - évaluer la distance (z_p) entre l'étiquette (2) et l'interface comme correspondant à une intersection entre plusieurs relations déterminées.
4. Dispositif de localisation selon la revendication 3, dans lequel le circuit de traitement est configuré pour générer ladite relation pour au moins trois desdits couples et pour évaluer la distance (z_p) entre l'étiquette (2) et l'interface par interpolation entre les intersections entre lesdites relations.

5. Dispositif de localisation (7) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un capteur de mesure du courant (134) traversant l'antenne (13), le circuit de traitement (144) étant configuré pour déterminer le champ électromagnétique généré au niveau de l'antenne (13) en fonction du courant mesuré.
6. Dispositif de localisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le circuit de traitement (144) est configuré pour déterminer chacun desdits couples en commandant la génération de plusieurs valeurs de champ magnétique pour une même distance déterminée entre l'antenne (13) et l'interface (5), et en retenant pour chaque couple la plus basse valeur de champ magnétique induisant la détection de l'étiquette pour la distance déterminée correspondante.
7. Dispositif de localisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le circuit de traitement (144) est configuré pour déterminer chacun desdits couples en commandant la génération d'une même valeur de champ magnétique pour différentes distances déterminées entre l'antenne (13) et l'interface (5), et en retenant pour chaque couple la valeur maximale de distance induisant la détection de l'étiquette pour la valeur de champ magnétique correspondante.
8. Dispositif de localisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le circuit de traitement (144) est configuré pour déterminer chacun desdits couples en commandant, durant une variation de la distance entre l'antenne (13) et l'interface (5) :
- lorsqu'une réponse de l'étiquette est détectée, en commandant la génération des valeurs de champ successives décroissantes jusqu'à détecter l'absence de réponse de l'étiquette ;
 - lorsqu'une absence de réponse de l'étiquette est détectée, en commandant la génération des valeurs de champ successives croissantes jusqu'à détecter une réponse de l'étiquette.
9. Dispositif de localisation selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, comprenant une interface de communication avec l'utilisateur (6), le circuit de traitement (124) étant configuré pour émettre des requêtes de déplacement de l'antenne (13) par l'intermédiaire de cette interface de communication.
10. Dispositif de localisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'antenne (13) et le circuit d'alimentation (142) sont

configurés pour générer un champ électromagnétique présentant une fréquence comprise entre 3 et 30 MHz.

- 5 11. Dispositif de localisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le circuit de traitement (144) comporte un mode de localisation de la position de l'étiquette (2) sur l'interface (5) selon une normale à cette interface, mode de localisation dans lequel, pour une même distance entre l'antenne (13) et l'interface, le circuit de traitement (144) est configuré pour :
- 10 -commander la génération d'une même valeur de champ magnétique en l'absence de détection de l'étiquette ;
-commander la réduction de la valeur du champ magnétique généré lors d'une détection de l'étiquette.
- 15 12. Dispositif de localisation selon les revendications 9 et 11, dans lequel le circuit de traitement (144) est configuré pour indiquer une détection de l'étiquette dans le mode de localisation par l'intermédiaire de ladite interface de communication.
- 20 13. Dispositif de localisation selon la revendication 11 ou 12, dans lequel le circuit de traitement (144) est configuré pour mémoriser la plus faible valeur de champ magnétique pour laquelle l'étiquette est détectée dans le mode de localisation.
- 25 14. Dispositif de localisation selon la revendication 13, dans lequel le circuit de traitement, lorsqu'il initie la détermination desdits couples, commande la génération d'un champ magnétique correspondant à la plus faible valeur de champ magnétique mémorisée dans le mode de localisation.
- 30 15. Dispositif de localisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit dispositif de détermination inclut un dispositif de mesure (147) de la distance entre l'antenne (13) du dispositif (7) et l'interface.
- 35 16. Procédé de localisation d'une étiquette RFID (2) par rapport à une interface (5) entre deux milieux, l'étiquette étant disposée du côté opposé à un dispositif d'évaluation (7) par rapport à l'interface, le procédé comprenant :
- 40 -la génération d'un champ électromagnétique avec différentes valeurs d'amplitude successives avec une antenne (13) du type à couplage inductif du dispositif d'évaluation (7) ;
-la détermination (147) de la distance entre l'antenne (13) et l'interface (5) durant la génération du champ;

- la détermination de la détection ou non d'une réponse de l'étiquette ;
 - la détermination de plusieurs couples incluant chacun :
 - une distance déterminée entre l'antenne (13) et l'interface (5) ; et
 - une valeur de champ électromagnétique minimale générée au niveau de l'antenne pour laquelle l'étiquette est détectée à cette distance;
 - l'évaluation de la distance entre l'étiquette et l'interface en fonction des couples déterminés.
- 5
- 10
17. Procédé de localisation d'une étiquette RFID (2) selon la revendication 16, dans lequel ladite détermination de la distance entre l'antenne et l'interface est effectuée par une mesure de la distance entre l'antenne et l'interface.

1/2

Fig. 1

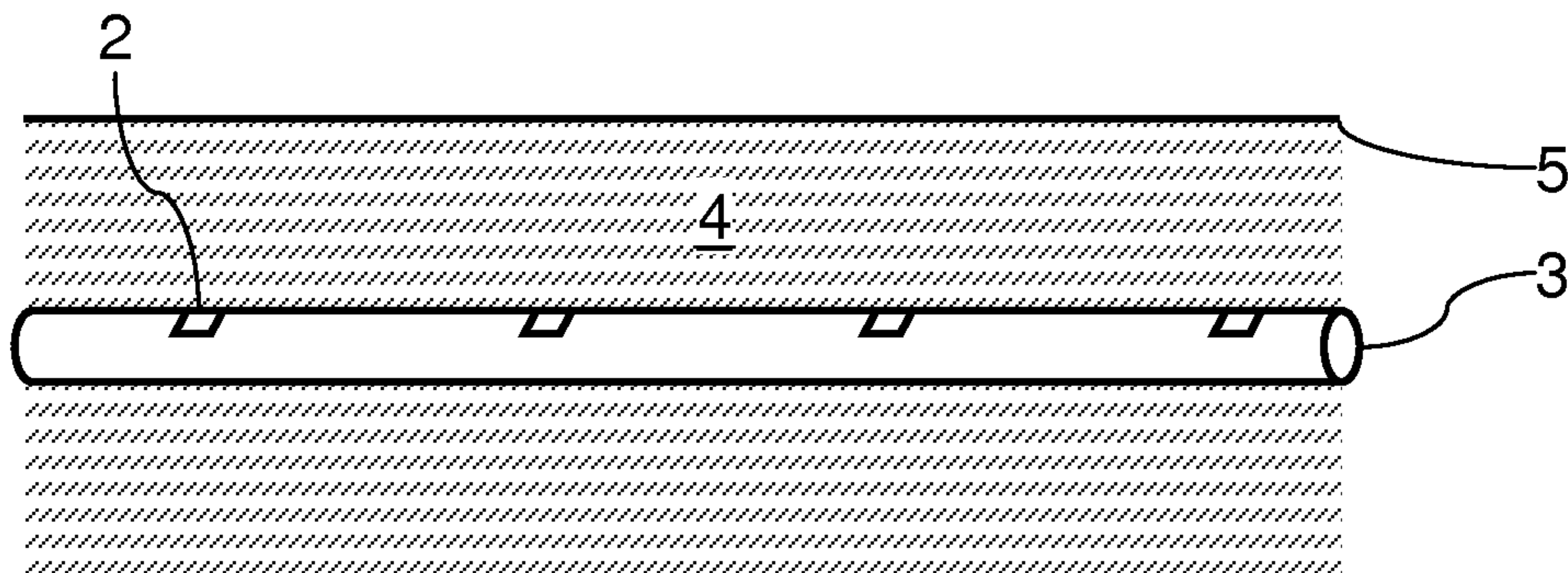


Fig. 2

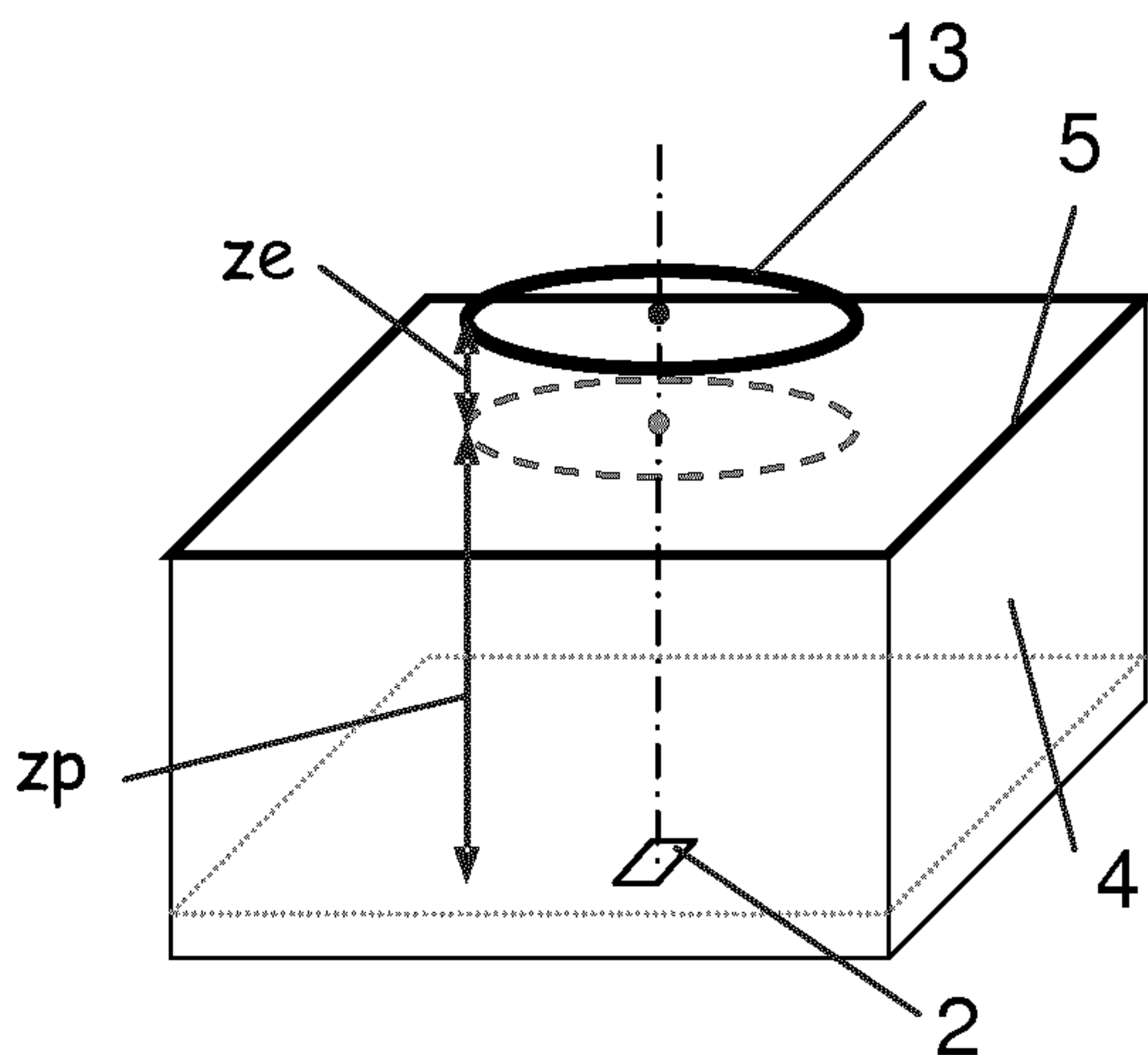


Fig. 3

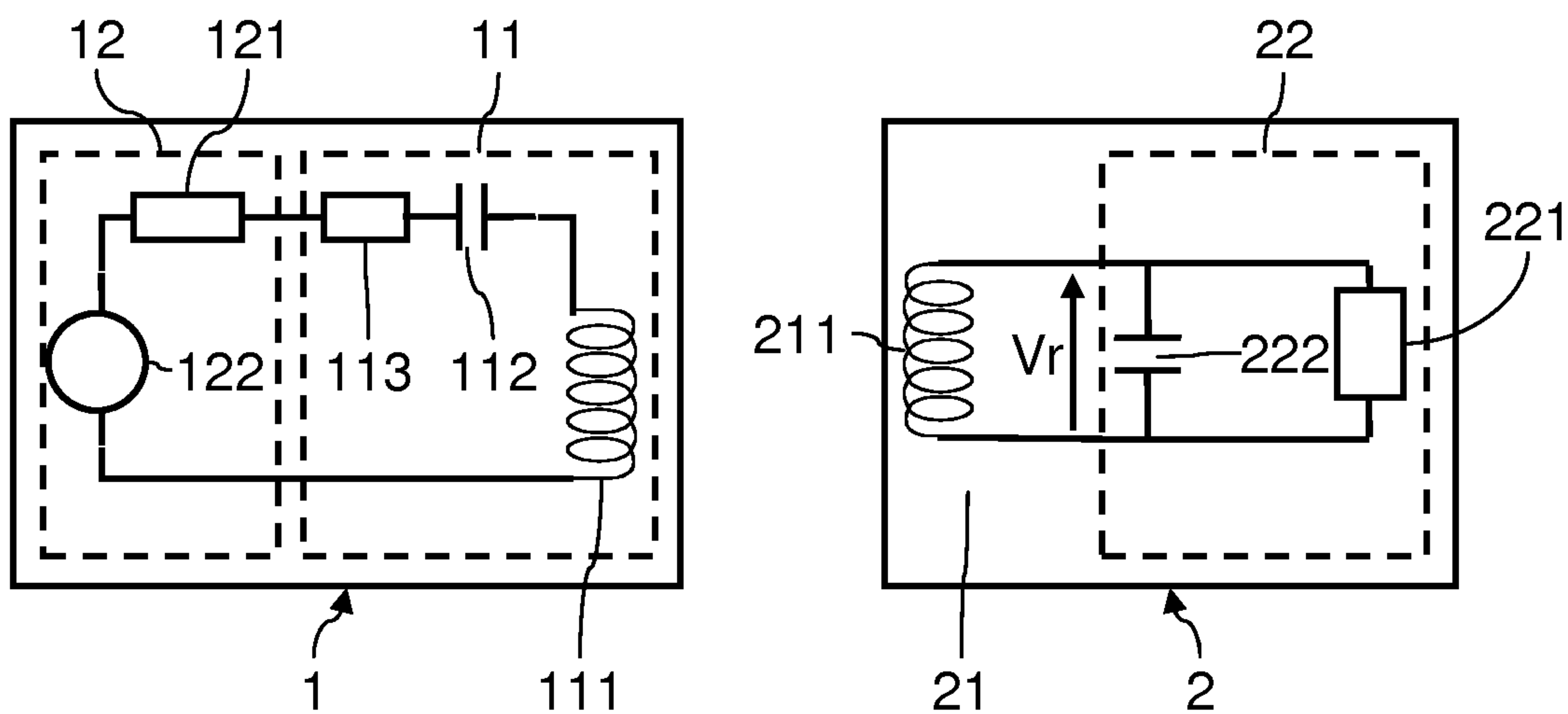


Fig. 4

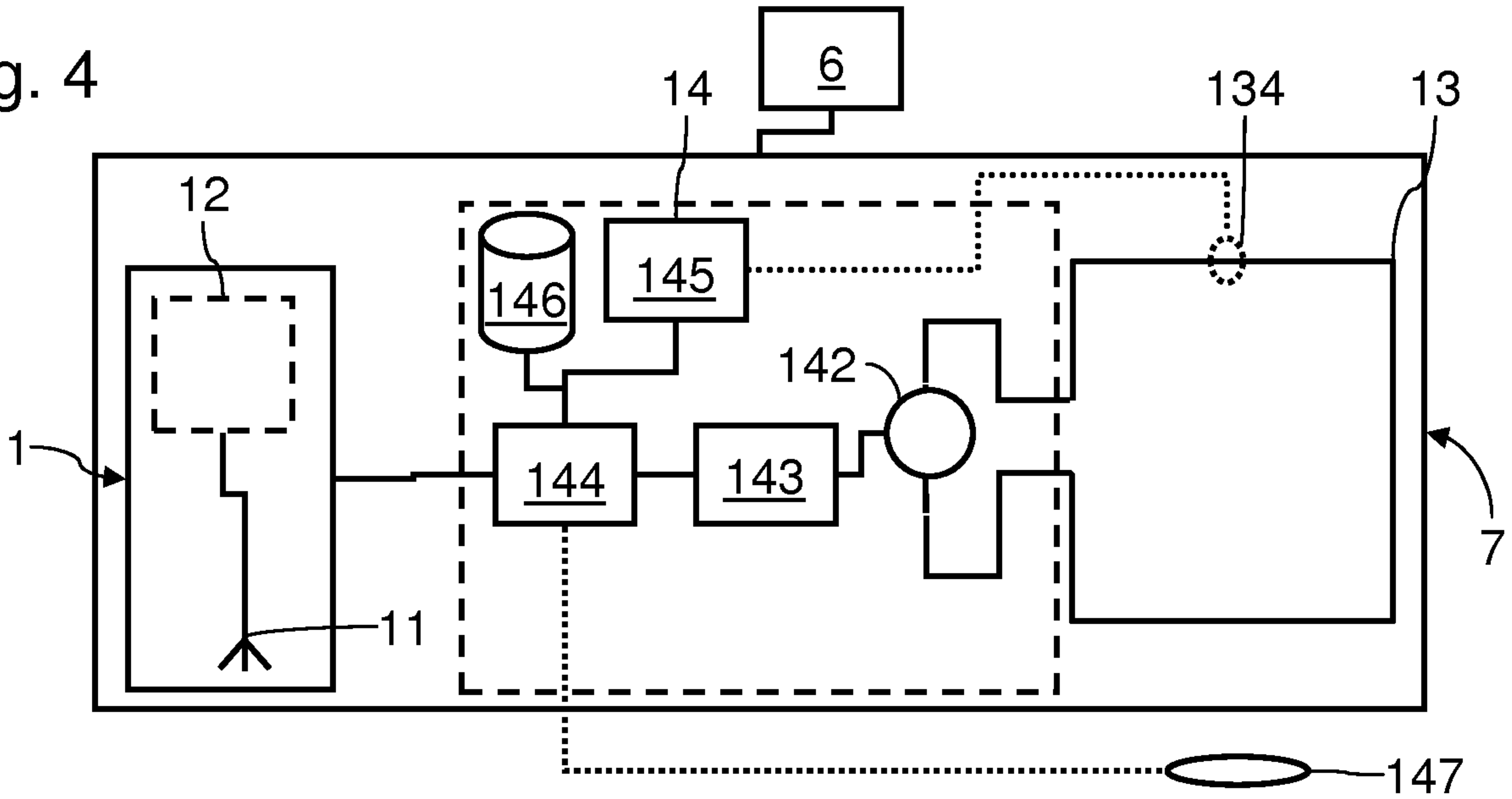


Fig. 5

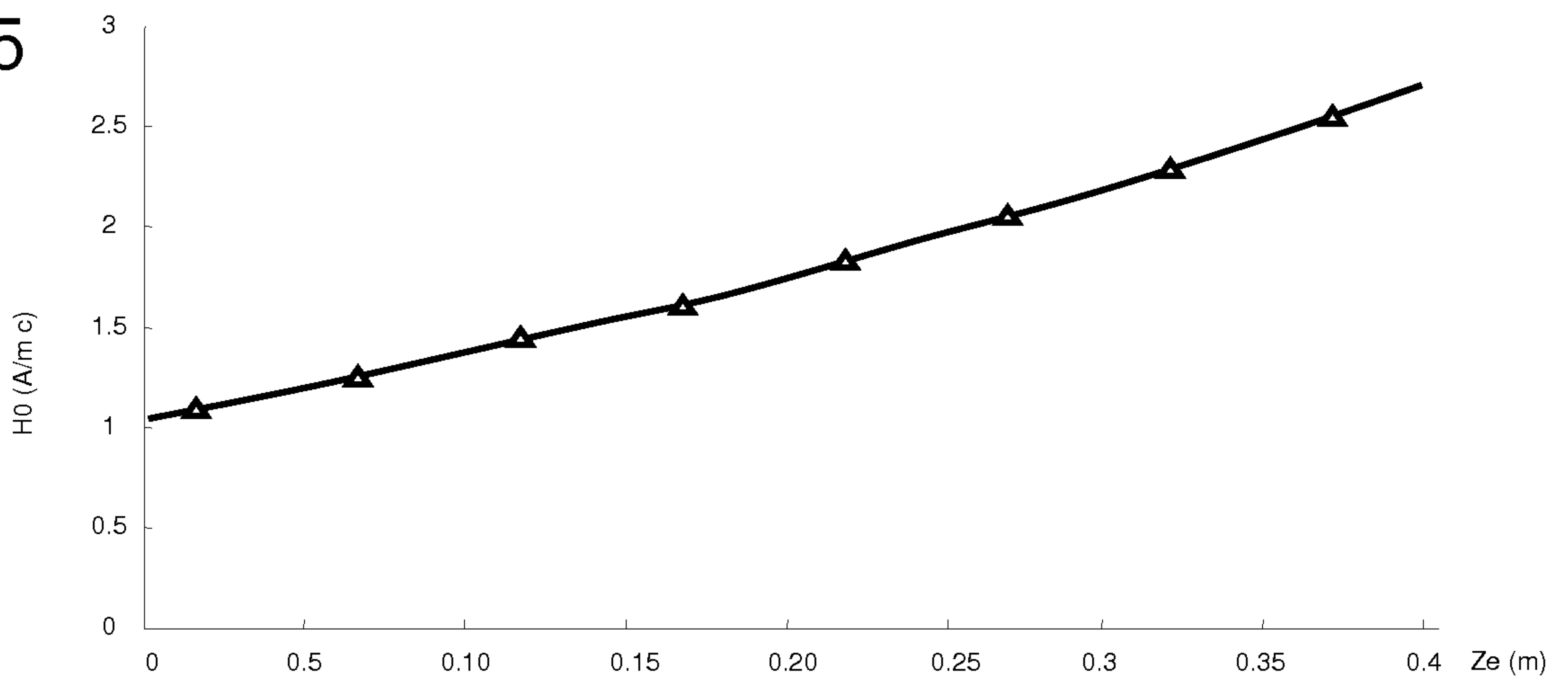


Fig. 6

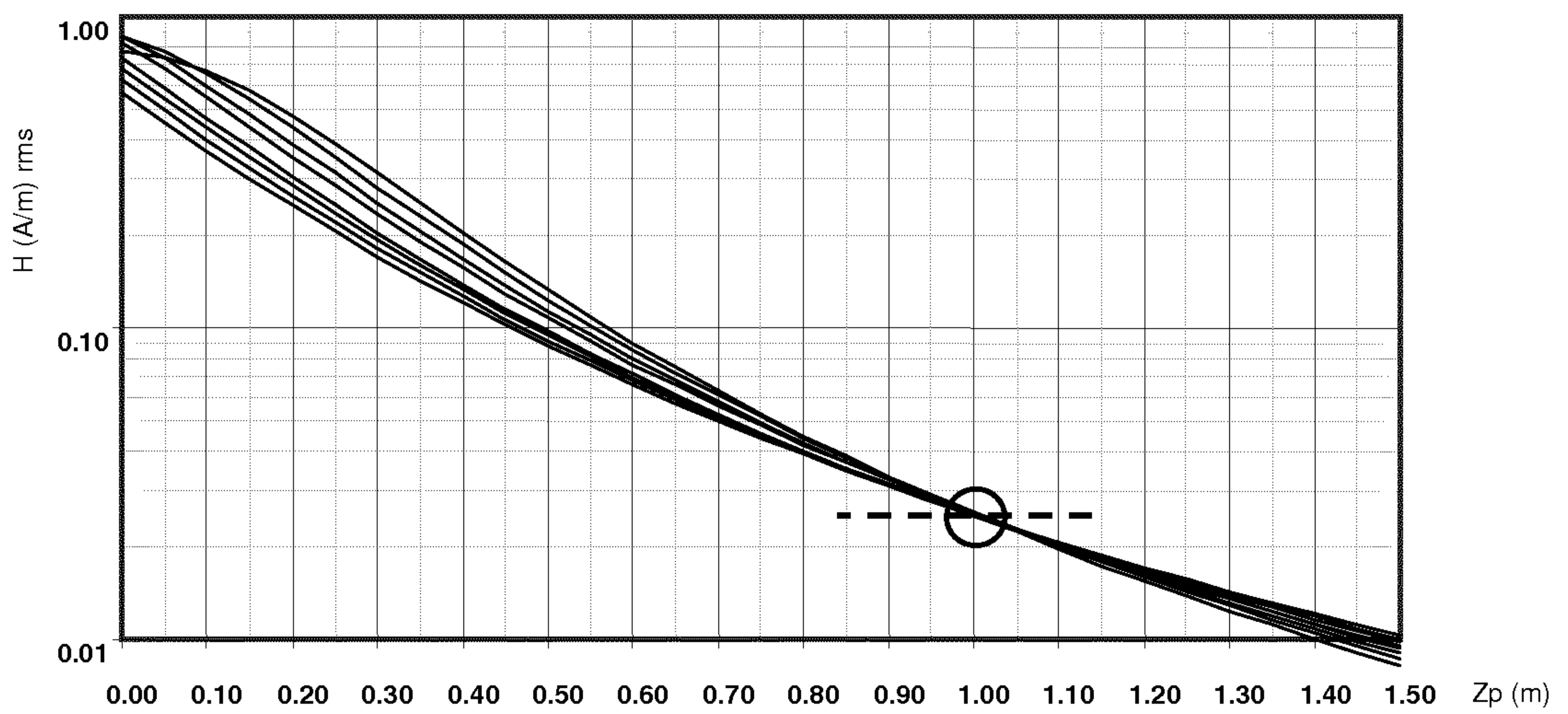


Fig. 4

