

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : 3 157 931

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : 24 00032

⑤1 Int Cl⁸ : G 01 F 23/26 (2024.01), B 60 K 15/03

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫2 Date de dépôt : 03.01.24.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 04.07.25 Bulletin 25/27.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : FOGALE SENSORS SAS Société par
actions simplifiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : ROZIERE Didier.

⑦3 Titulaire(s) : FOGALE SENSORS SAS Société par
actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : IPAZ.

⑤4 Dispositif de mesure capacitive d'une quantité de fluide se trouvant dans un réservoir.

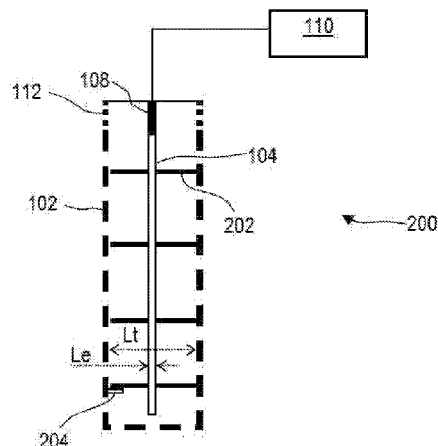
⑤7 L'invention concerne un procédé de dispositif (200) de
mesure capacitive d'une quantité de fluide dans un réservoir, comprenant :

une électrode externe (102) plongée dans ledit réservoir, une électrode interne (104), longitudinale, insérée centrée dans ladite électrode externe ; et une électronique de mesure (110) pour créer, entre lesdites électrodes (102, 104), une différence de potentiel électrique alternatif (VG), différent d'un potentiel de masse à au moins une fréquence de mesure, et mesurer un signal électrique relatif à une capacité vue par l'une desdites électrodes (102, 104), et représentative de la quantité de fluide se trouvant dans ledit réservoir ;

la largeur extérieure (Le) de l'électrode interne (104) étant inférieure ou égale à la moitié de largeur intérieure (Lt) de ladite électrode externe.

Elle concerne également un réservoir équipé d'un tel dispositif de mesure et un véhicule équipé d'un tel réservoir ou d'un tel dispositif.

Voir Figure 2



FR 3 157 931 - A1



Description

Titre de l'invention : Dispositif de mesure capacitive d'une quantité de fluide se trouvant dans un réservoir.

[0001] La présente invention concerne un dispositif de mesure capacitive d'une quantité de fluide, et en particulier d'hydrogène, se trouvant dans un réservoir. Elle concerne également un réservoir équipé d'un tel dispositif de mesure et un véhicule équipé d'un tel réservoir ou d'un tel dispositif.

[0002] Le domaine de l'invention est de manière générale le domaine de la mesure de la quantité de fluide, et en particulier d'hydrogène, se trouvant dans un réservoir.

État de la technique

[0003] Les véhicules à hydrogène sont munis d'un réservoir pour stocker l'hydrogène qui est utilisé comme carburant. Un tel réservoir peut généralement être un réservoir cryogénique, et en particulier un réservoir à isolation thermique (avec double enveloppe sous vide) dont le but est de limiter les apports inévitables de chaleur de l'extérieur.

[0004] Pour des raisons évidentes, il est important de connaître la quantité d'hydrogène se trouvant dans le réservoir d'un véhicule. Or, l'hydrogène est plus difficile à stocker comparé aux carburants fossiles actuellement connus. Les capteurs utilisés pour les carburants ne sont donc pas adaptés pour être utilisés pour un réservoir d'hydrogène.

[0005] Il existe actuellement différents travaux pour déterminer la quantité d'hydrogène se trouvant dans un réservoir d'hydrogène. Par exemple, certaines solutions utilisent une combinaison de sondes de température et de pression. Ces solutions souffrent d'un défaut de précision pour permettre de mesurer avec une précision suffisante la quantité d'hydrogène se trouvant dans un réservoir.

[0006] D'autres solutions mettent en œuvre un dispositif de mesure capacitive, telle que celle décrite dans le document FR2763124A1. Ces solutions sont plus précises que celle mentionnées plus haut mais ne permettent pas d'atteindre la précision souhaitée.

[0007] Un but de la présente invention est de remédier à au moins un des inconvénients précités.

[0008] Un autre but de l'invention est de proposer une solution de mesure de la quantité de fluide, et en particulier d'hydrogène, se trouvant dans un réservoir de manière plus précise que les solutions actuelles.

[0009] Un autre but de l'invention est de proposer une solution de mesure de la quantité de fluide, et en particulier d'hydrogène, se trouvant dans un réservoir, plus facile et moins coûteuse à fabriquer et à mettre en œuvre.

Exposé de l'invention

[0010] L'invention propose d'atteindre au moins l'un des buts précités par un dispositif de mesure capacitive d'une quantité de fluide se trouvant dans un réservoir, ledit dispositif comprenant :

- une électrode capacitive, dite externe, se présentant sous la forme d'un tube longitudinal creux, ouvert, plongé dans ledit réservoir,
- une électrode capacitive, dite interne, longitudinale, insérée dans ladite électrode externe et maintenue centrée, ou sensiblement centrée, dans ladite électrode externe ;
- une électronique de mesure pour :
 - créer, entre lesdites électrodes, une différence de potentiel électrique alternatif (V_G), différent d'un potentiel de masse (M) à au moins une fréquence de mesure,
 - mesurer un signal électrique relatif à une capacité vue par l'une desdites électrodes, et représentative de la quantité de fluide se trouvant dans ledit réservoir ;

caractérisé en ce que la largeur extérieure (L_e) de l'électrode interne est inférieure ou égale à la moitié de largeur intérieure (L_t) de ladite électrode externe.

[0011] Ainsi, l'invention propose un dispositif de mesure capacitive de la quantité de fluide se trouvant dans un réservoir, cette solution est plus précise, et moins coûteuse, comparée à une solution de l'état de la technique basée sur une combinaison de capteurs de pression et de température.

[0012] De plus, l'invention propose de dimensionner l'électrode interne de sorte que sa largeur externe, notée L_e , soit plus petite que la moitié de la largeur interne, notée L_t , de l'électrode externe, dans lequel ladite électrode interne est plongée. Une telle architecture permet de réaliser une mesure plus précise de la quantité de fluide se trouvant dans un réservoir, comparée aux solutions de mesure capacitive actuelles. En effet, les inventeurs ont remarqué qu'une distance trop faible entre l'électrode interne et l'électrode externe dans laquelle ladite électrode interne est disposée est source d'erreurs de mesure qui dégradent la précision de mesure, en particulier due à tout mouvement latéral, même très faible, entre les deux électrodes. L'invention permet de limiter ces interférences en imposant une distance minimale entre l'électrode interne et l'électrode externe dans laquelle elle est placée.

[0013] Par ailleurs, les inventeurs ont remarqué qu'une faible distance entre l'électrode interne et l'électrode externe implique des tolérances très faibles à la fois sur les architectures respectives de l'électrode interne et de l'électrode externe, mais aussi sur le positionnement de l'électrode interne introduite dans l'électrode externe, afin de ne pas dégrader la précision de mesure. Le respect de ces faibles tolérances a pour conséquence une complexité et un coût élevés à la fois pour la fabrication mais aussi

pour la mise en œuvre des solutions capacitives de l'art antérieure. En disposant l'électrode interne à une plus grande distance des parois du tube formant l'électrode externe, l'invention permet d'éviter d'avoir des tolérances trop exigeantes, ce qui permet de diminuer la complexité et le coût liés à la fabrication et à la mise en œuvre de la solution proposée.

- [0014] Dans la présente demande, par « quantité » de fluide, on entend la masse de fluide se trouvant dans un réservoir, ou la hauteur de fluide se trouvant dans un réservoir dans le cas où le fluide est un liquide, ou encore le niveau de fluide se trouvant dans un réservoir dans le cas où le fluide est un liquide. La quantité de fluide se trouvant dans le réservoir, et en particulier sa masse, peut être mesurée, calculée, en fonction du signal électrique mesuré, par exemple en utilisant la loi de Clausius-Mossotti reliant la capacité mesurée à la masse du fluide se trouvant dans le réservoir ou encore en utilisant une table de calibration prédéterminée.
- [0015] Dans certains modes de réalisation, le fluide peut être uniquement un liquide. Dans ce cas, la quantité mesurée peut être la masse du liquide, ou le niveau de liquide se trouvant dans le réservoir.
- [0016] Dans d'autres modes de réalisation, le fluide peut être un gaz. Dans ce cas, la quantité mesurée peut être la masse du gaz se trouvant dans le réservoir.
- [0017] Suivant encore d'autres modes de réalisations, le fluide peut être un mélange de liquide et de gaz. Dans ce cas, l'invention permet de mesurer la quantité totale du fluide, c'est-à-dire la quantité totale de la partie liquide et de la partie gazeuse du fluide se trouvant dans le réservoir. Il est à noter que dans certains cas, la quantité de la partie gazeuse peut être négligeable, ou négligée, par rapport à la partie liquide. Dans ce cas, la quantité mesurée peut être la masse de la partie liquide, ou le niveau de liquide se trouvant dans le réservoir.
- [0018] Par « largeur » de l'électrode interne, on entend la largeur de l'électrode dans un plan perpendiculaire à sa direction longitudinale. Par exemple, lorsque l'électrode interne a une section circulaire, alors la largeur correspond au diamètre de la section cylindrique. Lorsque l'électrode interne à une section polygonale, alors la largeur de l'électrode interne correspond à la plus grande largeur de ladite section polygonale.
- [0019] Par « largeur » intérieur de l'électrode externe, on entend la largeur intérieure du tube creux formant ladite l'électrode externe, dans un plan perpendiculaire à sa direction longitudinale. Par exemple, lorsque l'électrode externe a une section circulaire, alors la largeur intérieure correspond au diamètre intérieur du tube. Lorsque l'électrode externe à une section polygonale, alors la largeur intérieure de l'électrode externe correspond à la plus petite de largeur intérieur du tube.
- [0020] Dans la présente demande, par « hydrogène liquide », on entend l'hydrogène entièrement liquide, de l'hydrogène à l'état supercritique ou un mélange d'hydrogène

liquide-gaz.

- [0021] Suivant des modes de réalisation, l'électrode externe peut être plongée dans le réservoir suivant une direction verticale.
- [0022] Alternativement, l'électrode externe peut être plongée dans le réservoir suivant une direction non verticale, et en particulier inclinée par rapport à la direction verticale.
- [0023] L'électrode externe peut être rectiligne, ou recourbée, au moins en partie. L'électrode interne peut être rectiligne, ou recourbée, au moins en partie.
- [0024] Suivant des modes de réalisation, l'électrode interne et l'électrode externe peuvent être dimensionnées de sorte que $2.L_e \leq L_t \leq 50.L_e$.
- [0025] Suivant des modes de réalisation, l'électrode interne et l'électrode externe peuvent être dimensionnées de sorte que $5.L_e \leq L_t \leq 50.L_e$.
- [0026] Suivant des modes de réalisation, l'électrode interne et l'électrode externe peuvent être dimensionnées de sorte que $10.L_e \leq L_t \leq 50.L_e$.
- [0027] Suivant des modes de réalisation, l'électrode interne et l'électrode externe peuvent être dimensionnées de sorte que $20.L_e \leq L_t \leq 50.L_e$.
- [0028] Suivant des modes de réalisation, l'électrode interne peut être flexible, ou élastiquement déformable.
- [0029] Ainsi, il est plus facile d'insérer l'électrode interne dans l'électrode externe. Il est par exemple possible de recourber l'électrode interne lors de son insertion dans l'électrode externe. Ainsi, l'insertion de l'électrode interne dans l'électrode externe nécessite moins d'espace et peut être réalisée dans un environnement plus confiné, par exemple lorsque le réservoir est installé dans un véhicule.
- [0030] Bien entendu, alternativement, l'électrode interne peut être rigide ou non flexible.
- [0031] Suivant des modes de réalisation, l'électrode interne peut être réalisée en tout matériau conducteur d'électricité.
- [0032] En particulier, l'électrode interne peut être réalisée en cuivre béryllium, en acier, en acier inox, etc.
- [0033] Suivant des modes de réalisation, l'électrode interne peut avoir une section circulaire de sorte que la largeur de ladite électrode interne correspond à son diamètre.
- [0034] Une telle électrode interne permet une mesure plus précise et un positionnement facilité dans l'électrode externe.
- [0035] Bien entendu, l'électrode interne peut avoir une section d'une autre forme que circulaire et l'invention n'est pas limitée à une électrode interne de section circulaire. Par exemple, l'électrode interne peut avoir une section de forme carrée, triangulaire, elliptique, rectangulaire, etc. Dans ce cas, la largeur extérieure de l'électrode interne correspond à la plus grande largeur extérieure de ladite section.
- [0036] Suivant des modes de réalisation, l'électrode externe peut se présenter sous la forme d'un tube de section circulaire de sorte que sa largeur intérieure correspond au

diamètre intérieur dudit tube.

- [0037] Une telle électrode externe permet une mesure plus précise et un positionnement facilité de l'électrode interne dans l'électrode externe.
- [0038] Bien entendu, l'électrode externe peut avoir une section d'une autre forme que circulaire et l'invention n'est pas limitée à une électrode externe de section circulaire. Par exemple, l'électrode externe peut avoir une section de forme carrée, triangulaire, elliptique, rectangulaire, etc. Dans ce cas, la largeur intérieure de l'électrode externe correspond à la plus petite largeur intérieure de ladite section.
- [0039] Dans tous les cas, le tube est ouvert pour laisser le fluide se trouvant dans le réservoir dans ledit tube.
- [0040] Le tube peut être ouverte au niveau d'une extrémité, ou de chacune de ses extrémités. Alternativement, ou en plus, le tube peut être ouverte sur sa paroi longitudinale, ou au moins une de ses parois longitudinales.
- [0041] Suivant des modes de réalisation, l'électrode externe peut être réalisée en un matériau électriquement conducteur, et en particulier en un métal conducteur.
- [0042] En particulier, l'électrode externe peut être réalisée en acier, en acier inox, en composite carbone, etc.
- [0043] Suivant des modes de réalisation avantageux, le dispositif selon l'invention peut comprendre au moins un centreur pour maintenir l'électrode interne centrée, ou sensiblement centrée, dans l'électrode externe.
- [0044] Ainsi, la position de l'électrode interne par rapport à l'électrode externe est maintenue fixe et ne change pas dans le temps, et en particulier lorsque le réservoir est déplacé, ou rempli, avec le fluide. Cela permet d'avoir et de maintenir une bonne précision de mesure de la quantité de fluide se trouvant dans le réservoir, dans le temps, et ce indépendamment des mouvements du réservoir, ou de la quantité de fluide se trouvant dans le réservoir.
- [0045] Par « sensiblement centré », on entend une électrode qui est centrée avec une tolérance de 10%, et en particulier de 5%, de décentrement par rapport à largeur interne de l'électrode externe.
- [0046] Suivant des modes de réalisation, au moins un centreur peut être disposé sur l'électrode interne.
- [0047] Dans ce cas, l'au moins un centreur peut être fixé à l'électrode interne avant son insertion dans l'électrode externe. Puis, l'électrode interne, équipée de l'au moins un centreur, est insérée dans l'électrode externe.
- [0048] Au moins un centreur peut être fixé sur l'électrode interne par toute technique de fixation connue, par exemple par collage, par soudage, par serrage, par brasage, etc.
- [0049] Lorsqu'au moins un centreur est disposé sur l'électrode interne, ledit centreur peut présenter une dimension adaptée et choisie de sorte à avoir un jeu latéral, ou radial,

suffisant pour permettre, et en particulier faciliter, l'insertion de l'électrode interne dans l'électrode externe, et la désinsertion de l'électrode interne de l'électrode externe. Suivant un exemple non limitatif, le jeu latéral peut être d'au moins 100 μm pour faciliter l'installation ou la désinstallation de l'électrode interne.

- [0050] Alternativement, ou en plus, au moins un centreur peut être disposé dans l'électrode externe. Dans ce cas, l'électrode externe se présentant sous la forme d'un tube comporte dans ledit tube un ou plusieurs centreurs fixés à la face interne dudit tube, par exemple lors de la fabrication dudit tube.
- [0051] Au moins un centreur peut être fixé dans l'électrode externe par toute technique connue, par exemple par collage, par soudage, par serrage, etc.
- [0052] Au moins un centreur peut faire partie intégrante de l'électrode externe et fabriqué lors de la fabrication du tube formant l'électrode externe, par exemple par moulage ou tout autre procédé de fabrication.
- [0053] Au moins un centreur peut être réalisé en tout matériau, compatible avec le fluide se trouvant dans le réservoir, et non conducteur d'électricité.
- [0054] Suivant des modes de réalisation, au moins un centreur peut être réalisé en téflon, en polyimide, et plus généralement en tout matériau ou composite sous forme diélectrique et non conducteur d'électricité.
- [0055] Au moins un centreur peut être de toute forme connue.
- [0056] Suivant des modes de réalisation, au moins un centreur peut se présenter sous la forme générale d'un disque, d'un croisillon, ou d'une sphère, traversé(e) par l'électrode interne.
- [0057] Le dispositif selon l'invention peut en outre comprendre au moins un moyen de positionnement de l'électrode interne dans l'électrode externe, permettant de s'assurer du positionnement correct de ladite électrode interne dans ladite électrode externe, dans la direction longitudinale.
- [0058] En particulier, ce moyen de positionnement permet de s'assurer que l'électrode interne est correctement insérée dans l'électrode externe, dans la direction longitudinale, et qu'elle n'est trop, ou pas suffisamment, enfoncée dans l'électrode externe. Ce moyen de positionnement permet aussi d'éviter d'abîmer l'électrode interne lors de son insertion dans l'électrode externe.
- [0059] Suivant des modes de réalisation, un tel moyen de positionnement peut comprendre, ou se présentant sous la forme de, une graduation prévue sur l'électrode interne.
- [0060] Alternativement, un tel moyen de positionnement peut comprendre une butée prévue l'électrode interne, correspondant au positionnement correct de l'électrode interne dans l'électrode externe, dans la direction longitudinale. La butée peut être disposée au niveau d'une extrémité distale de ladite électrode interne, c'est-à-dire l'extrémité plongée dans le réservoir, ou au niveau d'une extrémité proximale de ladite électrode

interne, c'est-à-dire celle se trouvant du côté de la paroi du réservoir.

- [0061] Alternativement, un tel moyen de positionnement peut comprendre une butée prévue l'électrode externe, correspondant au positionnement correct de l'électrode interne dans l'électrode externe, dans la direction longitudinale. La butée peut être disposée au niveau d'une extrémité distale de ladite électrode externe, c'est-à-dire l'extrémité plongée dans le réservoir, ou au niveau d'une extrémité proximale de ladite électrode externe, c'est-à-dire celle se trouvant du côté de la paroi du réservoir.
- [0062] Suivant un exemple de réalisation, le dispositif peut comprendre une butée mécanique disposée à la base, c'est-à-dire à l'extrémité proximale, de l'électrode interne, ou une butée à l'extrémité proximale de l'électrode externe, cette extrémité pouvant par exemple venir en appui avec une interface isolant électrique.
- [0063] Suivant des modes de réalisation, l'électrode externe peut comprendre, du côté de son extrémité proximale, une interface de liaison de ladite électrode externe avec le réservoir de fluide.
- [0064] Une telle interface peut se présenter sous toute forme. Suivant des exemples de réalisation, cette interface de liaison peut se présenter sous la forme d'un tube creux, laissant passer l'électrode interne lorsqu'elle est insérée dans l'électrode externe.
- [0065] L'interface de liaison peut être électriquement isolante. Ainsi, cette interface de liaison peut faire office d'isolant électrique entre l'électrode externe et le réservoir.
- [0066] L'interface de liaison peut être thermiquement isolante. Ainsi, cette interface de liaison peut faire office d'isolant thermique avec l'intérieur du réservoir et l'extérieur du réservoir.
- [0067] Ainsi, dans ces cas, l'insertion de l'électrode interne dans l'électrode externe peut être effectuée en passant d'abord dans l'interface de liaison entre l'électrode externe et la paroi du réservoir de fluide.
- [0068] L'électronique de mesure peut être configurée pour réaliser la mesure suivant toute technique connue.
- [0069] Suivant des modes de réalisation, l'électronique de mesure peut être configurée pour réaliser une mesure en self-capacitance.
- [0070] Dans ce cas, suivant un exemple de réalisation, l'électrode externe peut être polarisée à un potentiel de masse (M), et l'électronique de mesure peut être configurée pour :
- polariser l'électrode interne à un potentiel électrique alternatif (V_G), différent dudit potentiel de masse (M) à au moins une fréquence de mesure,
 - mesurer un signal électrique, relatif à une capacité vue par ladite électrode interne, et représentative de la quantité de fluide se trouvant dans ledit réservoir.
- [0071] Suivant des modes de réalisation, l'électronique de mesure peut être configurée pour réaliser une mesure en émetteur-récepteur. Dans ce cas, l'électrode interne, respec-

tivement l'électrode externe, est utilisée en émetteur, et l'électrode externe, respectivement l'électrode interne, est utilisée en récepteur.

[0072] Dans ce cas, l'électronique de mesure peut être configurée pour :

- polariser l'électrode interne, respectivement l'électrode externe, à un potentiel alternatif différent d'un potentiel de masse (M) et différent d'un potentiel de l'électrode externe, respectivement de l'électrode interne, à au moins une fréquence de mesure,
- mesurer un signal électrique reçu par ladite électrode externe, respectivement par ladite électrode interne, à ladite fréquence de mesure, relatif à une capacité de couplage entre lesdites électrodes, et représentative de la quantité de fluide se trouvant dans ledit réservoir.

[0073] Avantagement, le dispositif selon l'invention peut être utilisé pour la mesure capacitive de la quantité d'hydrogène dans un réservoir cryogénique.

[0074] Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un réservoir de fluide équipé d'un dispositif de mesure capacitive selon l'invention.

[0075] Suivant des modes de réalisation du réservoir selon l'invention, l'électrode externe peut être solidaire d'une paroi dudit réservoir, ladite paroi comportant :

- en regard de ladite électrode externe, une ouverture permettant d'insérer l'électrode interne dans ladite électrode externe ; et
- un bouchon permettant d'obturer ladite ouverture après insertion de l'électrode interne dans ladite électrode externe.

[0076] Dans ce cas, l'électrode externe peut être solidaire d'une paroi, et en particulier d'une paroi interne du réservoir et plonger dans le réservoir de sorte que si le réservoir comprend du fluide, ladite électrode interne sera plongée dans ledit fluide dont on souhaite mesurer la quantité. L'électrode interne peut être insérée dans l'électrode externe au travers d'une ouverture prévue dans la paroi du réservoir, en regard du tube. Cette ouverture permet une insertion facilitée de l'électrode interne dans l'électrode externe, depuis l'extérieur du réservoir de sorte qu'il n'est pas nécessaire de disposer ladite électrode interne dans l'électrode externe au moment de la fabrication du réservoir. Surtout, cette ouverture permet une maintenance facilitée de l'électrode interne, en vue par exemple de sa réparation ou de son remplacement, depuis l'extérieur du réservoir.

[0077] Le réservoir peut être de toute forme.

[0078] Suivant des modes de réalisation, le réservoir peut présenter une forme cylindrique, disposée verticalement ou horizontalement.

[0079] Suivant d'autres modes de réalisation, le réservoir peut présenter une forme cubique, polygonale, sphérique, etc.

[0080] Le réservoir peut être de toute dimension.

- [0081] Suivant des modes de réalisation, le réservoir peut présenter les dimensions classiques des réservoirs utilisés dans les véhicules actuels.
- [0082] Suivant des modes de réalisation, le réservoir selon l'invention peut être un réservoir cryogénique d'hydrogène.
- [0083] Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un véhicule équipé d'un réservoir selon l'invention, ou d'un dispositif de mesure capacitive selon l'invention.
- [0084] Le véhicule selon l'invention peut être un véhicule terrestre, tel qu'une voiture, un camion, un bus, un car, etc.
- [0085] Le véhicule selon l'invention peut être un véhicule ferroviaire, tel qu'une locomotive, un train, un tramway, etc.
- [0086] Le véhicule selon l'invention peut être un véhicule maritime, tel qu'un bateau, un paquebot, un navire, un sous-marin, etc.
- [0087] Le véhicule selon l'invention peut être un véhicule volant, tel qu'un avion, un hélicoptère, un drone, etc.
- [0088] Le véhicule selon l'invention peut être un véhicule spatial, tel qu'une fusée, un satellite, etc.

Description des figures et modes de réalisation

- [0089] D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à l'examen de la description détaillée de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés sur lesquels :
- la [Fig.1] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un dispositif selon l'invention ;
 - la [Fig.2] est une représentation schématique d'un autre exemple de réalisation non limitatif d'un dispositif selon l'invention ;
 - la [Fig.3] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'une électronique de mesure pouvant être mise en œuvre dans la présente invention ; et
 - la [Fig.4] est une représentation schématique d'un autre exemple de réalisation non limitatif d'une électronique de mesure pouvant être mise en œuvre dans la présente invention ;
 - la [Fig.5] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un réservoir selon l'invention ; et
 - la [Fig.6] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un véhicule selon l'invention.
- [0090] Il est bien entendu que les modes de réalisation qui seront décrits dans la suite ne sont nullement limitatifs. On pourra notamment imaginer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite isolées des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour

conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si c'est cette partie qui est uniquement suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

[0091] En particulier toutes les variantes et tous les modes de réalisation décrits sont combinables entre eux si rien ne s'oppose à cette combinaison sur le plan technique.

[0092] Sur les figures et dans la suite de la description, les éléments communs à plusieurs figures conservent la même référence.

[0093] La [Fig.1] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un dispositif selon la présente invention.

[0094] Le dispositif 100 de la [Fig.1] peut être utilisé pour la mesure capacitive de la quantité de fluide dans un réservoir. Par exemple, le dispositif 100 de la [Fig.1] peut être utilisé pour la mesure capacitive de la quantité d'hydrogène dans un réservoir cryogénique.

[0095] Le dispositif 100 comprend une électrode capacitive 102, dite électrode externe.

[0096] Cette électrode externe 102 se présente sous la forme d'un tube longitudinal, creux, prévu pour être plongé dans le réservoir suivant une direction donnée, et suivant un exemple de réalisation non limitatif suivant une direction verticale. Le tube formant l'électrode externe 102 comporte une ou plusieurs ouvertures permettant au fluide se trouvant dans le réservoir de pénétrer dans ledit tube. Dans l'exemple représenté, le tube formant l'électrode externe comporte des ouvertures sur les côtés mais aussi en partie basse, dans une direction verticale.

[0097] L'électrode externe 102 peut être réalisé en tout matériau électriquement conducteur, par exemple en acier, en composite carbone, ou encore en acier inox.

[0098] Le tube formant l'électrode externe 102 présente une section d'une forme donnée, par exemple carrée, elliptique, triangulaire, etc. Dans l'exemple représenté sur la [Fig.1], sans perte de généralité, on considère que le tube présente une section circulaire.

[0099] Le tube formant l'électrode externe 102 présente une largeur interne, et en particulier un diamètre interne, noté L_t dans la suite.

[0100] Le dispositif 100 comprend une électrode capacitive 104, dite électrode interne.

[0101] L'électrode interne 104 est disposée centrée, ou sensiblement centrée, dans l'électrode externe 102, c'est-à-dire dans le tube formant l'électrode externe 104. L'électrode interne 104 est électriquement isolée de l'électrode externe 102 par exemple par un joint électriquement isolant 108.

[0102] Cette électrode interne 104 peut se présenter sous toute forme, par exemple sous la

forme d'un fil électriquement conducteur.

- [0103] L'électrode externe 104 peut être réalisé en tout matériau électriquement conducteur, par exemple en acier, ou cuivre, ou encore en acier inox.
- [0104] L'électrode interne 104 présente une section d'une forme donnée, par exemple carrée, elliptique, triangulaire, etc. Dans l'exemple représenté sur la [Fig.1], sans perte de généralité, on considère que l'électrode interne 104 présente une section circulaire.
- [0105] L'électrode interne 104 présente une largeur externe, et en particulier un diamètre externe, noté L_e dans la suite.
- [0106] De préférence, l'électrode interne 104 est souple, et élastiquement déformable, facilitant son insertion dans le tube formant l'électrode externe 102.
- [0107] Dans cette configuration, l'électrode externe 102 est plongée dans un réservoir de fluide, et l'électrode interne 104 est insérée centrée dans l'électrode externe 102. Lorsque le réservoir comprend du fluide, ce dernier pénètre dans l'espace intérieur de l'électrode externe 102, et remplit l'espace entre l'électrode externe 102 et l'électrode interne 104, sur une hauteur correspondant au niveau de fluide dans le réservoir. Le fluide se trouvant entre l'électrode externe 102 et l'électrode interne 104 modifie le couplage capacitif entre les électrodes 102 et 104. La modification du couplage capacitif entre les électrodes 102 et 104 est fonction du niveau de fluide dans l'électrode externe 102 entre ladite électrode externe et l'électrode interne 104, et donc du niveau de fluide se trouvant dans le réservoir.
- [0108] Ainsi, en mesurant un signal relatif à ce couplage capacitif, il est possible de déterminer la quantité de fluide se trouvant dans le réservoir.
- [0109] Le dispositif 100 comprend en outre une électronique de mesure 110 pour :
- créer, entre lesdites électrodes, une différence de potentiel électrique alternatif (V_G), différent d'un potentiel de masse (M) à au moins une fréquence de mesure,
 - mesurer un signal électrique relatif à une capacité vue par l'une desdites électrodes, ce signal étant représentatif de la quantité de fluide se trouvant dans ledit réservoir, comme expliqué plus haut.
- [0110] Des exemples non limitatifs d'électronique de mesure sont décrits plus bas en référence aux FIGURES 3 et 4.
- [0111] Le dispositif 100 peut en outre comprendre une interface de liaison 112 au niveau de l'extrémité proximale de l'électrode externe 102, c'est-à-dire l'extrémité opposée à celle plongée dans le réservoir, ou encore l'extrémité prévue pour se trouver du côté d'une paroi du réservoir. Dans l'exemple représenté, et sans perte de généralité, l'interface 112 se présente sous la forme d'un tube creux, laissant passer l'électrode interne 104 lorsqu'elle est insérée dans l'électrode externe 102. De plus, l'interface de liaison 112 peut être thermiquement isolante. De manière optionnelle, l'interface de

liaison peut être électriquement isolante, permettant ainsi de polariser l'électrode externe 102 à un potentiel électrique différent de celle du réservoir, en fonction de la technique de mesure utilisée.

[0112] Dans ces conditions, l'électrode externe 102 peut être fixée à, ou rendu solidaire de, une paroi du réservoir au travers de l'interface de liaison 112.

[0113] De plus, l'invention propose de dimensionner l'électrode interne 104 de sorte que sa largeur externe L_e soit plus petite que la moitié de la largeur interne L_t du tube, formant l'électrode externe 102, dans lequel ladite électrode interne 104 est plongée. Une telle architecture permet de réaliser une mesure plus précise de la quantité de fluide se trouvant dans un réservoir comparé aux solutions de mesure capacitive actuelles. En effet, les inventeurs ont remarqué qu'une distance trop faible entre l'électrode interne 104 et l'électrode externe 102 (dans laquelle ladite électrode interne est disposée) introduit des interférences qui dégradent la précision de mesure. L'invention permet de limiter ces interférences en imposant une distance minimale entre l'électrode interne 104 et l'électrode externe 102 dans laquelle elle est placée.

[0114] Par ailleurs, les inventeurs ont remarqué qu'une faible distance entre l'électrode interne 104 et l'électrode externe 102 implique des tolérances très faibles à la fois sur les architectures respectives de l'électrode interne 104 et du tube formant l'électrode externe 102, mais aussi sur le positionnement de l'électrode interne 104 dans ledit tube, afin de ne pas dégrader la précision de mesure. Le respect de ces faibles tolérances a pour conséquence une complexité et un coût élevés à la fois pour la fabrication mais aussi pour la mise en œuvre des solutions capacitatives de l'art antérieure. En disposant l'électrode interne 104 à une plus grande distance des parois du tube formant l'électrode externe 102, l'invention permet d'éviter d'avoir des tolérances trop exigeantes, ce qui permet de diminuer la complexité et le coût liés à la fabrication et à la mise en œuvre de la solution proposée.

[0115] Ainsi, dans l'exemple de la [Fig.1], et de manière nullement limitative, l'électrode interne 104 présente une largeur externe 1mm alors que le diamètre interne L_t de l'électrode externe 102 peut être de l'ordre de 20mm. Ainsi, on a $L_t/L_e=20$.

[0116] De manière générale, l'invention propose de dimensionner les électrodes 102 et 104 de sorte que $L_t \geq 2.L_e$

[0117] La [Fig.2] est une représentation schématique d'un autre exemple de réalisation non limitatif d'un dispositif selon la présente invention.

[0118] Le dispositif 200 de la [Fig.2] peut être utilisé pour la mesure capacitive de la quantité de fluide dans un réservoir. Par exemple, le dispositif 200 de la [Fig.2] peut être utilisé pour la mesure capacitive de la quantité d'hydrogène se trouvant dans un réservoir cryogénique.

[0119] Le dispositif 200 de la [Fig.2] comprend tous les éléments dispositif 100 de la [Fig.1]

- [0120] De plus, le dispositif 200 comprend plusieurs, en particulier quatre, centreurs 202 disposés entre l'électrode externe 102 et l'électrode interne 104 pour maintenir l'électrode interne 104 centrée, ou sensiblement centrée, dans l'électrode externe 102. Ainsi, l'électrode interne 104 est bien positionnée et sa position est maintenue tout au long de son utilisation. Cela permet d'assurer une meilleure précision de mesure, et de maintenir la précision de mesure dans le temps.
- [0121] Les centreurs 202 peuvent être disposés sur l'électrode interne 104 avant son introduction dans l'électrode externe 104. En particulier, les centreurs peuvent être fixés à l'électrode interne 104, par exemple par soudage.
- [0122] Chaque centreur 202 peut présenter une dimension adaptée de sorte à avoir un jeu latéral, ou radial, suffisant pour permettre, son insertion dans l'électrode externe 102. Le jeu latéral peut, par exemple, être d'au moins 100 μm pour faciliter l'installation ou la désinstallation de l'électrode interne 104 dans l'électrode externe 102.
- [0123] Les centreurs 202 peuvent être réalisés en tout matériau non conducteur d'électricité et compatible avec le fluide se trouvant dans le réservoir. Par exemple, et sans perte de généralité, chaque centreur 202 peut être réalisé en téflon.
- [0124] Chaque centreur 202 peut présenter toute forme adaptée à sa fonction, par exemple une forme de disque ou de croisillon.
- [0125] Bien entendu, le nombre de centreurs 202 n'est pas limité à l'exemple donné. De plus, alternativement ou en plus, au moins un centreur peut être disposé solidaire de l'électrode externe 102, ou peut faire partie intégrante de l'électrode externe 102.
- [0126] De plus, le dispositif 200 comprend en outre une butée mécanique 204 permettant un positionnement correct de l'électrode interne 104 dans l'électrode externe 102 dans la direction longitudinale. Dans l'exemple non limitatif de la [Fig.2], cette butée mécanique 102 est disposée solidaire de l'électrode externe 102, du côté de l'extrémité distale de ladite électrode externe 102. Ainsi, l'électrode interne 104 est insérée dans l'électrode externe 102 jusqu'à ce que le centreur 202 le plus proche de l'extrémité distale de l'électrode interne 104 vienne en butée contre la butée mécanique 204. Lorsque c'est le cas, cela indique que le positionnement longitudinal de l'électrode interne 104 dans l'électrode externe 102 est correcte, c'est-à-dire que l'électrode interne 104 est correctement enfoncée dans l'électrode externe 102.
- [0127] Bien entendu, un autre moyen de positionnement longitudinal de l'électrode interne dans l'électrode externe peut être utilisé à la place ou en plus de la butée mécanique 204. De plus, la butée mécanique peut être positionné ailleurs sur l'électrode externe 102, ou ailleurs que sur l'électrode externe 102.
- [0128] La [Fig.3] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'une électronique de mesure pouvant être mise en œuvre dans le dispositif

selon l'invention.

- [0129] L'électronique de mesure 300, représentée sur la [Fig.3], peut être l'électronique de mesure 110 des dispositifs 100 et 200 des FIGURES 1 et 2.
- [0130] L'électronique de mesure 300 peut être réalisée sous une forme analogique ou numérique, ou une combinaison d'au moins un composant analogique et d'au moins un composant numérique.
- [0131] L'électronique de mesure 300 comprend un oscillateur 302 délivrant une tension alternative, notée V_G , et référencé à un potentiel de masse 304.
- [0132] La tension V_G est utilisée comme potentiel d'excitation ou de détection pour polariser l'électrode interne 104. Elle comprend donc au moins une composante spectrale à la fréquence de mesure utilisée par l'électronique de mesure 300. L'électrode externe 102 est polarisée au potentiel de masse 304, qui peut par exemple être la terre : par exemple, l'électrode externe 102 peut être reliée directement sur le réservoir et donc être polarisée à la masse de ce réservoir.
- [0133] Il est à noter que les électrodes interne 104 et externe 102 sont représentées de manière schématique sur la [Fig.3].
- [0134] L'électronique de mesure 300 comprend un amplificateur de courant, ou un amplificateur de charge, 310 représenté par un amplificateur opérationnel (AO) 312 et une capacité de contre-réaction 314 rebouclant la sortie de l'AO 312 à l'entrée inverseuse « - » de l'AO 312.
- [0135] De plus, dans l'exemple représenté, l'entrée non-inverseuse « + » de l'AO 312 reçoit la tension V_G et l'entrée inverseuse « - » de l'AO 312 est prévue pour être reliée à l'électrode interne 104.
- [0136] Dans ces conditions, l'amplificateur de charge 310, et en particulier l'AO 312, fournit en sortie une tension V_S à la fréquence de mesure dont l'amplitude est proportionnelle à la capacité, notée C_t , vue par l'électrode interne 104 reliée à son entrée inverseuse « - ».
- [0137] L'électronique de mesure 300 peut en outre comprendre un conditionneur 316 permettant d'obtenir un signal représentatif de la capacité C_t recherchée. Ce conditionneur 316 peut comprendre, par exemple, un démodulateur synchrone pour démoduler le signal par rapport à une porteuse, à la fréquence de mesure. Le conditionneur 316 peut également comprendre un démodulateur asynchrone ou un détecteur d'amplitude. Ce conditionneur 316 peut, bien entendu, être réalisé sous une forme analogique et/ou numérique (microprocesseur) et comprendre tous moyens nécessaires de filtrage, de conversion, de traitement, etc.
- [0138] Le conditionneur 316 mesure et fournit la valeur de la tension V_S .
- [0139] L'électronique de détection 300 peut en outre comprendre un module de calcul 318 agencé pour déterminer une quantité de fluide se trouvant dans un réservoir en fonction

du signal V_s , et donc en fonction de la capacité C_i vue par l'électrode interne, par exemple utilisant la loi de Clausius-Mossotti reliant la capacité mesurée à la masse du fluide se trouvant dans le réservoir ou encore en utilisant une table de calibration pré-déterminée.

- [0140] Ce module de calcul 316 peut par exemple comprendre, ou être réalisé sous la forme de, un microcontrôleur, ou un FPGA.
- [0141] Bien entendu, l'électronique de mesure 300 peut comprendre d'autres composants que ceux décrits.
- [0142] L'électronique de mesure 300, ou au moins sa partie sensible avec l'amplificateur de charge 310 peut être référencée (ou alimentée par des alimentations électriques référencées) au potentiel V_G , pour minimiser les capacités parasites.
- [0143] Le potentiel de l'entrée non inverseuse (+) de de l'AO 31é peut être utilisé comme garde électrique au niveau de la connectique et du câble de liaison entre l'électrode interne 104 et l'électronique de mesure 300, afin d'éliminer ou de réduire fortement les capacités parasites vues par l'électronique de de mesure.
- [0144] L'électronique de mesure 300 peut également être référencée, de manière plus classique, au potentiel de masse 304.
- [0145] L'exemple donné en référence à la [Fig.3] permet de réaliser une mesure en self-capacitance. Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à cet exemple de mesure, et il est possible de réaliser une mesure capacitive en utilisant une des électrodes interne et externe comme émetteur et l'autre desdites électrodes comme récepteur.
- [0146] La [Fig.4] est une représentation schématique d'un autre exemple de réalisation non limitatif d'une électronique de mesure capacitive pouvant être mise en œuvre dans le dispositif selon l'invention.
- [0147] L'électronique de mesure 400, représentée sur la [Fig.4], peut être l'électronique de mesure 110 des dispositifs 100 et 200 des FIGURES 1 et 2.
- [0148] L'électronique de mesure 400 peut réalisée sous une forme analogique ou numérique, ou une combinaison d'au moins un composant analogique et d'au moins un composant numérique.
- [0149] L'électronique de mesure 400 comprend tous les éléments de l'électronique de mesure 300 de la [Fig.3], sauf en ce qui concerne les différences indiquées ci-dessous.
- [0150] Dans l'électronique de mesure 400, l'électrode externe 102 est utilisée comme émetteur et l'électrode interne 104 est utilisée comme récepteur. Pour ce faire, l'électrode externe est polarisée au potentiel V_G avec la source 302. L'entrée non inverseuse de l'AO 312 est reliée au potentiel de masse 304 et l'entrée inverseuse de l'AO 312 est reliée à l'électrode interne 104. Dans ces conditions, l'amplificateur de charge 310, et en particulier l'AO 312, fournit en sortie une tension V_s à la fréquence de détection et d'amplitude proportionnelle à la capacité de couplage, notée C_C , entre

l'électrode externe 102 et l'électrode interne 104. Il est à noter que dans la configuration décrite en référence à la [Fig.4], l'électrode externe 102 et l'électrode interne 104 doivent être électriquement isolées du réservoir.

- [0151] Dans ce cas, la masse électrique 304 peut servir de garde pour éliminer ou réduire les capacités de fuite éventuelles de la connectique et du câble utilisés pour relier l'électronique de mesure 300 aux électrodes 102 et 104, et en particulier à l'électrode réceptrice 104.
- [0152] Bien entendu, suivant une alternative, les électrodes interne 104 et externe 102 peuvent être interverties pour la mesure. En d'autres termes, l'électrode interne 104 peut être polarisée au potentiel V_g et être utilisée comme émetteur, et l'électrode externe 102 peut être polarisée au potentiel de masse 304 et être utilisée comme récepteur en étant reliée à l'entrée inverseuse de l'AO.
- [0153] Plus généralement, l'invention n'est pas limitée aux exemples d'électroniques de mesure 300 et 400 décrites en référence aux FIGURES 3 et 4.
- [0154] La [Fig.5] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un réservoir selon l'invention.
- [0155] Le réservoir 500 de la [Fig.5] peut être un réservoir de fluide, et en particulier un réservoir cryogénique d'hydrogène.
- [0156] Le réservoir 500 est équipé d'un dispositif selon l'invention de mesure capacitive de la quantité de fluide 502 présent dans ledit réservoir 500.
- [0157] Dans l'exemple de la [Fig.5], et sans perte de généralité, le réservoir 500 est un réservoir cryogénique d'hydrogène 502.
- [0158] Dans l'exemple de la [Fig.5], et sans perte de généralité, le réservoir 500 est équipé du dispositif 200 de la [Fig.2].
- [0159] Dans l'exemple représenté, l'électrode externe 102 se présentant sous la forme d'un tube est fixée sur une paroi 504 du réservoir 500. Cette paroi 504 est, en utilisation, une paroi supérieure du réservoir 500, de sorte que l'électrode externe 102 plonge dans le réservoir suivant une direction verticale. Bien entendu, alternativement, l'électrode externe 102 peut être plongée dans le réservoir suivant une direction inclinée, et l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation représenté sur la [Fig.5] dans lequel l'électrode externe 102 plonge dans le réservoir suivant une direction verticale.
- [0160] Suivant un exemple de réalisation, l'électrode externe 102 peut être fixée sur la paroi 504 du réservoir 500 directement. Suivant un exemple de réalisation, l'électrode externe 102 peut être fixée sur la paroi 504 du réservoir 500 par l'intermédiaire d'un tube de liaison, ce tube pouvant en outre servir à isoler électriquement ladite électrode externe 102 de la paroi 504 du réservoir 500.
- [0161] De plus, la paroi 504 comporte, au niveau de la fixation de l'électrode externe 102 à ladite paroi 504, une ouverture permettant d'insérer l'électrode interne 104 dans ladite

électrode externe 102. Un bouchon 506 permet d'obturer ladite ouverture après insertion de l'électrode interne 104 dans l'électrode externe 102.

- [0162] Dans cette configuration, l'électrode externe 102 est solidaire de la paroi 504 du réservoir 500, et en particulier d'une face interne de la paroi 504 et plonge dans le réservoir 500 et donc dans le fluide 502 se trouvant dans le réservoir 500. L'électrode interne 104 peut être insérée dans l'électrode externe, ou enlevée, au travers de l'ouverture prévue dans la paroi du réservoir 500, en regard de l'électrode externe 102.
- [0163] Le réservoir 500 peut être de toute forme.
- [0164] Suivant des modes de réalisation, le réservoir 500 peut présenter une forme cylindrique, disposée verticalement de sorte que sa section est constante dans la direction verticale.
- [0165] Le réservoir 500 peut être de toute dimension.
- [0166] La [Fig.6] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un véhicule selon l'invention.
- [0167] Le véhicule 600 de la [Fig.6] peut être équipé d'un réservoir selon l'invention, et en particulier un réservoir cryogénique d'hydrogène selon l'invention.
- [0168] En particulier, le véhicule 600 peut être équipé du réservoir 500 de la [Fig.5].
- [0169] Dans l'exemple non limitatif de la [Fig.6], le véhicule 600 est une voiture.
- [0170] De manière générale, le véhicule selon l'invention peut être tout type de véhicule terrestre, tel qu'une voiture, un bus, un camion, un poids-lourd, etc.
- [0171] Le véhicule selon l'invention peut être un véhicule ferroviaire, tel qu'une locomotive, un train, un tramway, etc.
- [0172] Le véhicule selon l'invention peut être un véhicule maritime, tel qu'un bateau, un paquebot, un navire, un sous-marin, etc.
- [0173] Le véhicule selon l'invention peut être un véhicule volant, tel qu'un avion, un hélicoptère, un drone, etc.
- [0174] Le véhicule selon l'invention peut être un véhicule spatial, tel qu'une fusée, un satellite, etc.
- [0175] Bien entendu l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif (100;200) de mesure capacitive d'une quantité de fluide se trouvant dans un réservoir (500), ledit dispositif (100;200) comprenant :
- une électrode capacitive (102), dite externe, se présentant sous la forme d'un tube longitudinal creux, ouvert, plongé dans ledit réservoir (500),
 - une électrode capacitive (104), dite interne, longitudinale, insérée dans ladite électrode externe (102) et maintenue centrée, ou sensiblement centrée, dans ladite électrode externe (102) ; et
 - une électronique de mesure (110;300;400) pour :
 - créer, entre lesdites électrodes (102,104), une différence de potentiel électrique alternatif (V_G), différent d'un potentiel de masse (304) à au moins une fréquence de mesure, et
 - mesurer un signal électrique relatif à une capacité vue par l'une desdites électrodes (102,104), et représentative de la quantité de fluide se trouvant dans ledit réservoir (500) ;

caractérisé en ce que la largeur extérieure (L_e) de l'électrode interne (104) est inférieure ou égale à la moitié de largeur intérieure (L_t) de ladite électrode externe (102).

- [Revendication 2] Dispositif (100;200) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'électrode interne (104) et l'électrode externe (102) sont dimensionnées de sorte que $2.L_e \leq L_t \leq 50.L_e$, et de préférence $5.L_e \leq L_t \leq 50.L_e$.

- [Revendication 3] Dispositif (100;200) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'électrode interne (104) est flexible, ou élastiquement déformable.

- [Revendication 4] Dispositif (100;200) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'électrode interne (104) est réalisée en cuivre béryllium, acier, acier inox.

- [Revendication 5] Dispositif (100;200) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'électrode interne (104) a une section circulaire de sorte que la largeur de ladite électrode interne (104)

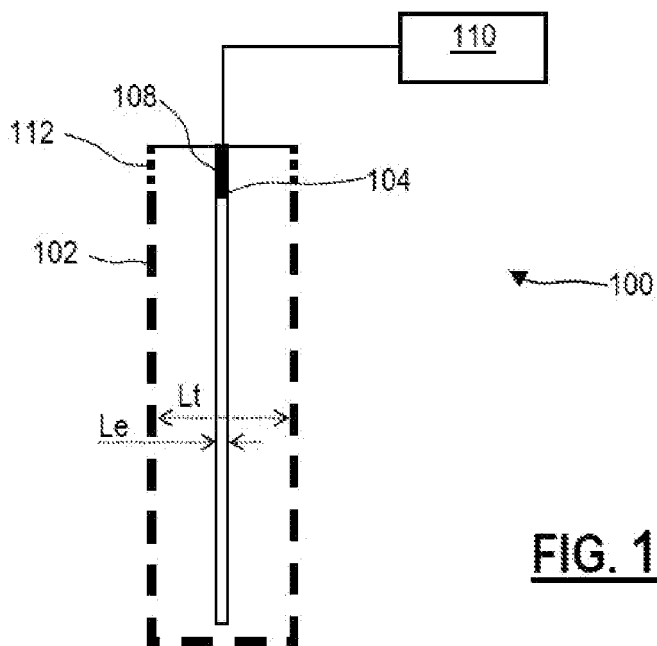
- correspond à son diamètre.
- [Revendication 6] Dispositif (100;200) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'électrode externe (102) se présente sous la forme d'un tube de section circulaire de sorte que sa largeur intérieure correspond au diamètre intérieur dudit tube.
- [Revendication 7] Dispositif (100;200) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'électrode externe (102) est réalisée en un matériau électriquement conducteur, et en particulier en un métal conducteur, ou en composite carbone.
- [Revendication 8] Dispositif (200) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un centreur (202) pour maintenir l'électrode interne (104) centrée dans l'électrode externe (102).
- [Revendication 9] Dispositif (200) selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'au moins un centreur (202) est disposé sur l'électrode interne (104), par exemple par soudage ou par brasage.
- [Revendication 10] Dispositif (200) selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce qu'au moins un centreur (202) est réalisé en téflon, en polyimide, et plus généralement en tout matériau ou composite sous forme diélectrique et non conducteur d'électricité.
- [Revendication 11] Dispositif (200) selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce qu'au moins un centreur (202) se présente sous la forme générale d'un disque, d'un croisillon, ou d'une sphère, traversé par l'électrode interne (104).
- [Revendication 12] Dispositif (100;200) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'électrode externe (104) est polarisée à un potentiel de masse (304), et l'électronique de mesure (110;300) est configurée pour :
- polariser l'électrode interne (104) à un potentiel électrique alternatif (V_G), différent dudit potentiel de masse (304) à au moins une fréquence de mesure,
 - mesurer un signal électrique relatif à une capacité vue par ladite électrode interne (104) et représentative de la quantité de fluide se trouvant dans le réservoir (500).
- [Revendication 13] Dispositif (100;200) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'électronique de mesure (110;400) est configurée

pour :

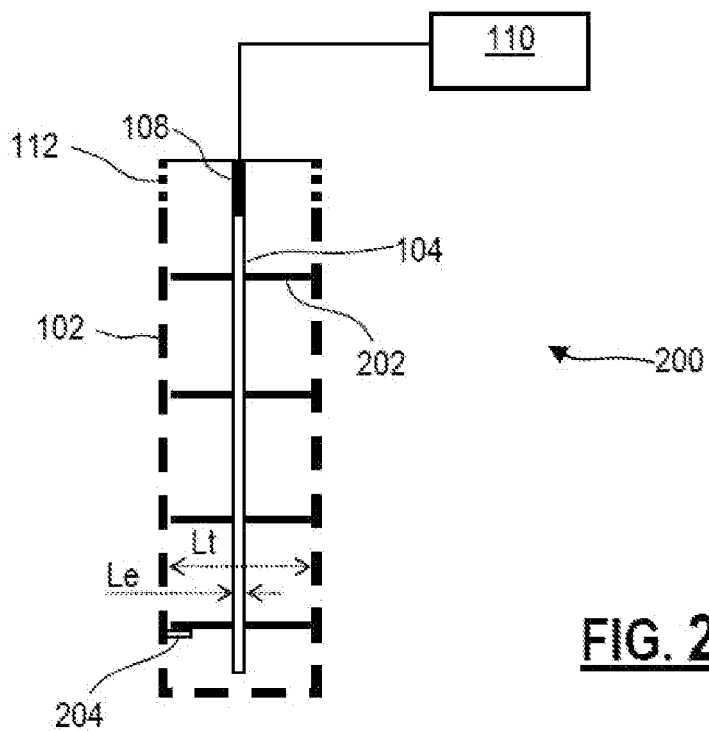
- polariser l'électrode interne (104), respectivement l'électrode externe (102), à un potentiel alternatif différent d'un potentiel de masse (304) et différent d'un potentiel de l'électrode externe (102), respectivement de l'électrode interne (104), à au moins une fréquence de mesure, et
- mesurer un signal électrique reçu par ladite électrode externe (104), respectivement par ladite électrode interne (102), à ladite fréquence de mesure, relatif à une capacité de couplage entre lesdites électrodes (102,104), et représentative de la quantité de fluide se trouvant dans le réservoir (500).

- [Revendication 14] Utilisation du dispositif (100;200) selon l'une quelconque des revendications précédentes pour la mesure capacitive de la quantité d'hydrogène dans un réservoir cryogénique (500).
- [Revendication 15] Réservoir (500) de fluide équipé d'un dispositif (100;200) de mesure capacitive selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.
- [Revendication 16] Réservoir (500) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'électrode externe (102) est solidaire d'une paroi (504) dudit réservoir (500), ladite paroi (504) comportant :
- en regard de ladite électrode externe (102), une ouverture permettant d'insérer l'électrode interne (104) dans ladite électrode externe (102) ; et
 - un bouchon (506) permettant d'obturer ladite ouverture après insertion de ladite électrode interne (104) dans ladite électrode externe (102).
- [Revendication 17] Réservoir (500) selon l'une quelconque des revendications 15 ou 16, caractérisé en ce qu'il s'agit d'un réservoir cryogénique d'hydrogène.
- [Revendication 18] Véhicule (600) équipé d'un réservoir (500) selon l'une quelconque des revendications 15-17, ou d'un dispositif (100;200) de mesure capacitive selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.

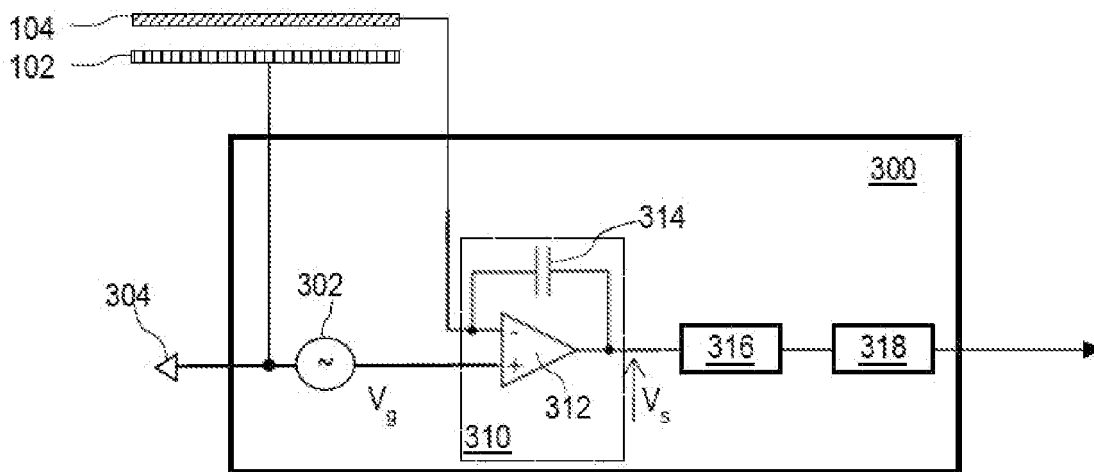
[Fig. 1]

**FIG. 1**

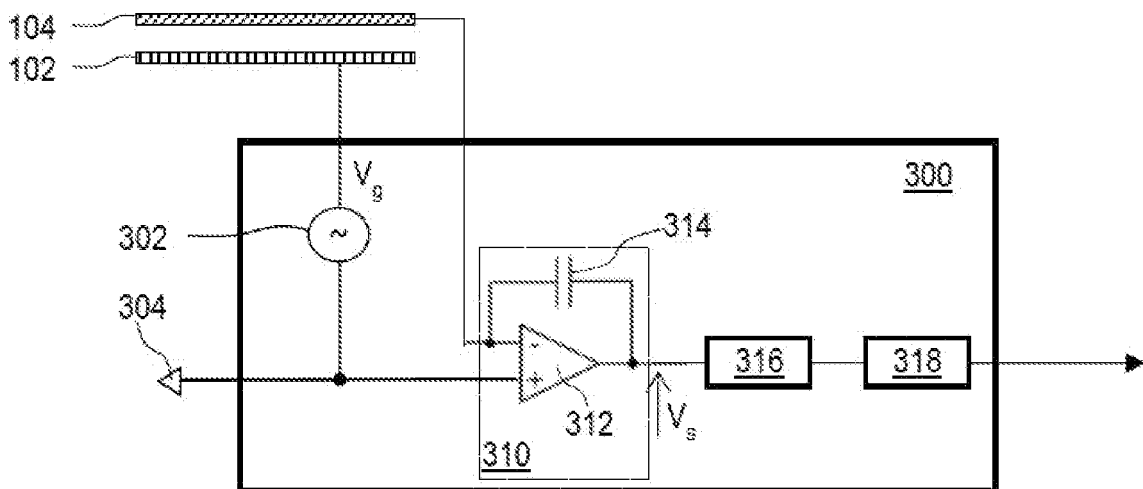
[Fig. 2]

**FIG. 2**

[Fig. 3]

**FIG. 3**

[Fig. 4]

**FIG. 4**

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 926398
FR 2400032

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2009/090178 A1 (SASANUMA TAKEO [JP] ET AL) 9 avril 2009 (2009-04-09) * alinéas [0085], [0106], [0035], [0087], [0084], [0082], [0099], [0089]; figure 1 * -----	1-8, 10-18	B60K 15/03 G01F 23/26
X	US 2013/127156 A1 (OSSWALD DIRK [DE]) 23 mai 2013 (2013-05-23) * alinéa [0037]; figure 1 * -----	1	
X	US 2013/068015 A1 (SINHA KARN R [GB] ET AL) 21 mars 2013 (2013-03-21) * alinéa [0088]; figure 4 * -----	1,9	
X	JP 3 179959 B2 (SUZUKI MOTOR CO; HAMAMATSU BOEKI KK; ISHIKAWA TEKKO KK) 25 juin 2001 (2001-06-25) * alinéa [0037]; figures 4,6 * -----	1	
X	GB 2 325 984 A (FOZMULA LIMITED [GB]) 9 décembre 1998 (1998-12-09) * page 11; figure 1 * -----	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 juin 2024		Reeb, Bertrand	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2400032 FA 926398**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **24 - 06 - 2024**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009090178 A1	09 - 04 - 2009	CN 101213443 A	02 - 07 - 2008
		EP 1906176 A1	02 - 04 - 2008
		JP 4838247 B2	14 - 12 - 2011
		JP WO2007004583 A1	29 - 01 - 2009
		US 2009090178 A1	09 - 04 - 2009
		WO 2007004583 A1	11 - 01 - 2007

US 2013127156 A1	23 - 05 - 2013	CN 103069257 A	24 - 04 - 2013
		DE 102010038732 A1	02 - 02 - 2012
		US 2013127156 A1	23 - 05 - 2013
		WO 2012013444 A1	02 - 02 - 2012

US 2013068015 A1	21 - 03 - 2013	EP 2573525 A1	27 - 03 - 2013
		US 2013068015 A1	21 - 03 - 2013

JP 3179959 B2	25 - 06 - 2001	JP 3179959 B2	25 - 06 - 2001
		JP H07260549 A	13 - 10 - 1995

GB 2325984 A	09 - 12 - 1998	AUCUN	
