

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/240127 A1

(43) Date de la publication internationale
03 décembre 2020 (03.12.2020)

(51) Classification internationale des brevets :
G01F 23/26 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2020/050870

(22) Date de dépôt international :
25 mai 2020 (25.05.2020)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR1905560 27 mai 2019 (27.05.2019) FR

(71) Déposant : KAPFLEX [FR/FR] ; 29 Chemin du Vieux
Chêne, 38240 MEYLAN (FR).

(72) Inventeurs : THIBAUT, Pierre ; 45 route de Venon,
38410 SAINT MARTIN D'URIAGE (FR). DELORME,
Alexandre ; 267 allée de Chamrousse, 38330 SAINT-
ISMIER (FR). DUCLOS, Alix ; 153 Montée du Verdin,
38500 VOIRON (FR).

(74) Mandataire : PINOT, Christophe ; Cabinet Pinot c/o IN-
NOV-GROUP, 3 10 avenue Berthelot, 69372 LYON Cedex
08 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,

(54) Title: DEVICE FOR CAPACITIVE MEASUREMENT OF A HEIGHT OF A FLUID IN A TANK

(54) Titre : DISPOSITIF DE MESURES CAPACITIVES DUNE HAUTEUR D'UN FLUIDE DANS UN RESERVOIR

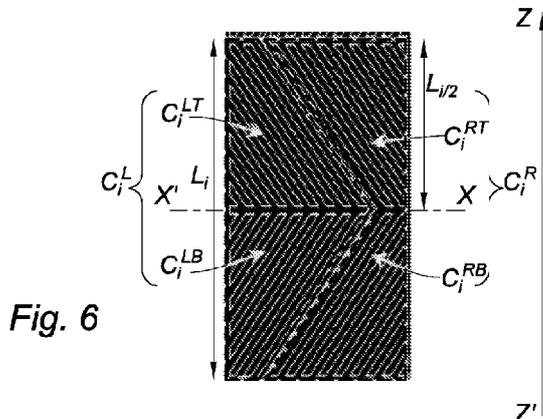


Fig. 6

(57) Abstract: The invention relates to a device for capacitive measurement of a height of a fluid in a tank, comprising at least one pair of capacitors (C_i^L , C_i^R), extending in a longitudinal direction (Z - Z'), and comprising: - a first capacitor (C_i^L), forming first geometric patterns (C_i^{LB} , C_i^{LT}) defining a first line capacitance; - a second capacitor (C_i^R), opposite the first capacitor (C_i^L), and forming second geometric patterns (C_i^{RB} , C_i^{RT}) defining a second line capacitance; the first and second geometric patterns (C_i^{LB} , C_i^{LT} ; C_i^{RB} , C_i^{RT}) being arranged so that: - the first and second line capacitances, integrated in the longitudinal direction (Z - Z'), have a sum that depends on the position of the fluid in the longitudinal direction (Z - Z'); - the first and second line capacitances, integrated in the longitudinal direction (Z - Z'), have a difference which is a constant for reference positions of the fluid in the longitudinal direction (Z - Z').

(57) Abrégé : Dispositif de mesures capacitatives d'une hauteur d'un fluide dans un réservoir, comportant au moins un couple de condensateurs (C_i^L , C_i^R), s'étendant suivant une direction longitudinale (Z - Z'), et comportant : - un premier condensateur (C_i^L), formant des premiers motifs géométriques (C_i^{LB} , C_i^{LT}) définissant une première capacité électrique linéique; - un second condensateur (C_i^R), opposé au premier condensateur (C_i^L), et formant des seconds motifs géométriques (C_i^{RB} , C_i^{RT}) définissant une seconde capacité électrique linéique; les premiers et seconds motifs géométriques (C_i^{LB} , C_i^{LT} ; C_i^{RB} , C_i^{RT}) étant agencés de sorte que : - les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale (Z - Z'), possèdent une somme qui



WO 2020/240127 A1

PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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, KM, 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))

DISPOSITIF DE MESURES CAPACITIVES D'UNE HAUTEUR D'UN FLUIDE DANS UN RESERVOIR

Domaine technique

5 L'invention se rapporte au domaine technique des dispositifs de mesures capacitives d'une hauteur de fluide dans un réservoir. Plus précisément, l'invention concerne des dispositifs dits de compensation, permettant de mesurer la hauteur de fluide sans connaître précisément la permittivité diélectrique du fluide.

L'invention trouve notamment son application dans la mesure d'une hauteur de fluide
10 dans un réservoir mobile appartenant à un appareil de transport mobile (e.g. automobile, aéronef, bateau), ou dans un réservoir fixe utilisé dans un procédé industriel.

La mesure d'une hauteur de fluide dans un réservoir est un enjeu important en termes de sécurité et sur le plan économique, par exemple pour prévenir des pannes par manque d'alimentation en carburant ou anticiper les besoins en réapprovisionnement du réservoir
15 pour la mise en œuvre d'un procédé industriel.

État de l'art

Un dispositif connu de l'état de la technique, notamment du document WO 99/ 10714 (ci-après D1), est un dispositif de mesures capacitives d'une hauteur d'un fluide dans un
20 réservoir, le fluide possédant une surface libre, le dispositif comportant un couple de condensateurs s'étendant suivant une direction longitudinale, destinée à être parallèle à la normale à la surface libre du fluide ; le couple de condensateurs comportant :

- un premier condensateur, comprenant un premier couple d'électrodes formant des premiers motifs géométriques définissant une première capacité électrique linéique variant
25 suivant la direction longitudinale ;

- un second condensateur, opposé au premier condensateur, et comprenant un second couple d'électrodes formant des seconds motifs géométriques définissant une seconde capacité électrique linéique variant suivant la direction longitudinale.

Dans D1 (p.14, 1.3 ; p.15, 1.16), les premiers et seconds motifs géométriques sont agencés
30 de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, possèdent un ratio qui dépend de la position du fluide suivant la direction longitudinale et qui est indépendant de la constante diélectrique du fluide.

Un tel dispositif de l'état de la technique n'est pas entièrement satisfaisant dans la mesure où il ne permet pas de mesurer précisément la hauteur de fluide lorsque le réservoir est

quasiment plein ou quasiment vide. En effet, de telles configurations nécessitent une précision quasi infinie sur la mesure pour obtenir une compensation fiable de la mesure en présence de faibles variations de permittivité diélectrique du fluide.

5 Exposé de l'invention

L'invention vise à remédier en tout ou partie aux inconvénients précités. A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de mesures capacitatives d'une hauteur d'un fluide dans un réservoir, le fluide possédant une surface libre, le dispositif comportant au moins un couple de condensateurs s'étendant suivant une direction longitudinale, destinée à être
10 parallèle à la normale à la surface libre du fluide ; le ou chaque couple de condensateurs comportant :

- un premier condensateur, comprenant un premier couple d'électrodes formant des premiers motifs géométriques définissant une première capacité électrique linéique variant suivant la direction longitudinale ;

- 15 - un second condensateur, opposé au premier condensateur, et comprenant un second couple d'électrodes formant des seconds motifs géométriques définissant une seconde capacité électrique linéique variant suivant la direction longitudinale ;

le dispositif étant remarquable en ce que les premiers et seconds motifs géométriques sont agencés de sorte que :

- 20 - les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, possèdent une somme qui dépend de la position du fluide suivant la direction longitudinale ;

- 25 - les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, possèdent une différence qui est une constante pour des positions de référence du fluide suivant la direction longitudinale.

Ainsi, un tel dispositif selon l'invention permet, grâce à un tel agencement des premiers et seconds motifs géométriques, d'améliorer la précision de la mesure de la hauteur de fluide lorsque le réservoir est quasiment plein ou quasiment vide. En effet, la combinaison des
30 informations de la somme et de la différence des première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, confère une meilleure précision de mesure sur l'étendue spatiale du réservoir (selon la direction longitudinale), en choisissant des positions de référence adaptées, tout en conservant un dispositif de compensation ne nécessitant pas de connaître précisément la permittivité diélectrique du fluide. Par ailleurs, la

somme et la différence des première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, peut être mesurée aisément, par exemple via un circuit électronique comportant un système de mesure à deux voies, avec un mode différentiel.

Définitions

5 - Par « opposé », on entend que les premier et second condensateurs se font face suivant une direction perpendiculaire à la direction longitudinale.

- Par « position de référence du fluide », on entend une position d'intérêt (que l'on souhaite identifier) du fluide dans le réservoir suivant la direction longitudinale, correspondant à une position localisée sur un couple de condensateurs suivant la direction
10 longitudinale. A titre d'exemples non limitatifs, une position d'intérêt peut correspondre à un niveau de fluide indiquant que la réserve est entamée, un niveau de fluide indiquant que le réservoir est plein ou à moitié plein etc. Une position de référence du fluide peut être prédéterminée géométriquement, par agencement des premiers et seconds motifs géométriques du couple de condensateurs de sorte que les première et seconde capacités
15 électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, possèdent une différence qui est une constante (de préférence nulle) pour une position prédéterminée suivant la direction longitudinale. Ladite position prédéterminée définit la position de référence.

- Par « constante », on entend que la différence entre les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, est indépendante de la
20 position du fluide suivant la direction longitudinale. En d'autres termes, la différence entre les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, ne varie pas pour les positions de référence, quelle que soit la position du fluide dans le réservoir, que le fluide soit présent ou absent du réservoir. Les premiers et seconds motifs géométriques sont avantageusement agencés de sorte que les première et seconde
25 capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, possèdent une différence qui est nulle pour les positions de référence du fluide, quelle que soit la position du fluide dans le réservoir, que le fluide soit présent ou absent du réservoir. Ainsi, il est plus aisé de concevoir les premiers et seconds motifs géométriques indépendamment de la nature du fluide.

30

Le dispositif selon l'invention peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon une caractéristique de l'invention, le ou chaque couple de condensateurs comporte un axe médian s'étendant suivant une direction perpendiculaire à la direction longitudinale.

5 Selon une caractéristique de l'invention, les premiers motifs géométriques sont agencés de part et d'autre de l'axe médian de manière à former une symétrie axiale selon l'axe médian ; et les seconds motifs géométriques sont agencés de part et d'autre de l'axe médian de manière à former une symétrie axiale selon l'axe médian.

Ainsi, un avantage procuré est que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, possèdent une différence qui est nulle pour :

- 10 - une première position de référence du fluide correspondant à une position médiane suivant la direction longitudinale (i.e position sur l'axe médian si le fluide est au contact du dispositif ou position parallèle à l'axe médian si le fluide est à distance du dispositif),
- une deuxième position de référence du fluide correspondant à une position distale supérieure suivant la direction longitudinale. Par « distale », on entend la position
- 15 longitudinale la plus éloignée du centre du couple de condensateurs. En présence d'un seul couple de condensateurs, la position distale supérieure correspond à un réservoir entièrement rempli.

Selon une caractéristique de l'invention, les premiers motifs géométriques et les seconds motifs géométriques sont agencés au-dessus de l'axe médian de manière à former une symétrie centrale ; les premiers motifs géométriques et les seconds motifs géométriques sont agencés au-dessous de l'axe médian de manière à former une symétrie centrale.

Ainsi, un avantage procuré est que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, possèdent une somme qui est proportionnelle à la

25 position du fluide suivant la direction longitudinale de part et d'autre de l'axe médian.

Selon une caractéristique de l'invention, les premiers motifs géométriques et les seconds motifs géométriques sont agencés au-dessus de l'axe médian de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées au-dessus de l'axe médian suivant la

30 direction longitudinale, possèdent une différence qui est une constante de préférence nulle ; les premiers motifs géométriques et les seconds motifs géométriques sont agencés au-dessous de l'axe médian de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées au-dessous de l'axe médian suivant la direction longitudinale, possèdent une différence qui est une constante de préférence nulle.

Ainsi, un avantage procuré est que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, possèdent une différence qui est constante (éventuellement nulle) pour :

- 5 - une première position de référence du fluide correspondant à une position médiane suivant la direction longitudinale (i.e position sur l'axe médian si le fluide est au contact du dispositif ou position parallèle à l'axe médian si le fluide est à distance du dispositif),
- 10 - une deuxième position de référence du fluide correspondant à une position distale supérieure suivant la direction longitudinale. Par «distale», on entend la position longitudinale la plus éloignée du centre du couple de condensateurs. En présence d'un seul couple de condensateurs, la position distale supérieure correspond à un réservoir entièrement rempli.

Selon une caractéristique de l'invention, les premiers et seconds motifs géométriques sont agencés de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant
15 la direction longitudinale, possèdent une différence qui change de signe de part et d'autre de l'axe médian.

Ainsi, un avantage procuré est de s'affranchir des ambiguïtés sur la position longitudinale du fluide par rapport à l'axe médian.

20 Selon une caractéristique de l'invention, les premiers et seconds motifs géométriques sont agencés de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, possèdent une différence nulle pour au moins deux positions de référence du fluide suivant la direction longitudinale.

25 Selon une caractéristique de l'invention, les premiers et seconds motifs géométriques sont agencés de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, possèdent une somme proportionnelle à la position du fluide suivant la direction longitudinale.

Par «proportionnelle», on entend qu'il existe une relation linéaire entre la somme des
30 première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, et la position du fluide suivant la direction longitudinale.

Ainsi, un avantage procuré est de simplifier l'obtention de la mesure de la hauteur de fluide.

Selon une caractéristique de l'invention, les premier et second condensateurs sont des condensateurs à électrodes interdigitées.

Ainsi, un avantage procuré est de pouvoir déterminer la permittivité diélectrique du fluide.

5 Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif comporte un ensemble de couples de condensateurs, chaque couple de condensateurs possédant une longueur suivant la direction longitudinale ; l'ensemble de couples de condensateurs étant réparti suivant la direction longitudinale de sorte que leur longueur suit une série géométrique.

Ainsi, un avantage procuré est de cumuler :

- 10 - des mesures continues pour chaque couple de condensateurs donné ;
- des mesures discrètes entre chaque couple de condensateurs.

Le fait de répartir l'ensemble de couples de condensateurs suivant la direction longitudinale de sorte que leur longueur suit une série géométrique permet de moduler spatialement la précision de mesure de la hauteur de fluide selon la direction longitudinale, à
15 capacité électrique égale pour chaque couple de condensateurs. Les couples de condensateurs avec les longueurs les plus faibles possèdent localement une meilleure précision de la mesure de la hauteur de fluide que les couples de condensateurs avec les longueurs les plus importantes. Ce type de configuration pourra être choisi par exemple si l'application visée recherche une meilleure précision lorsque le réservoir est quasi vide afin de prédire le moment
20 de réapprovisionnement.

Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif comporte un ensemble de couples de condensateurs réparti suivant la direction longitudinale de manière périodique.

Par « de manière périodique », on entend que les premiers et seconds motifs géométriques
25 se répètent à l'identique selon un intervalle spatial régulier suivant la direction longitudinale.

Ainsi, un avantage procuré est de cumuler :

- des mesures continues pour chaque couple de condensateurs donné ;
- des mesures discrètes entre chaque couple de condensateurs.

En outre, une telle répartition périodique permet de faciliter la production industrielle du
30 dispositif, et de pouvoir s'adapter aisément à des tailles différentes de réservoir.

Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif comporte un ensemble de couples de condensateurs réparti suivant la direction longitudinale ; les premiers et seconds motifs géométriques de deux couples adjacents de condensateurs sont agencés de sorte que :

- la somme des première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, est une fonction monotone selon la direction longitudinale ;

- la différence des première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, est constante selon la direction longitudinale, de préférence nulle,

5 pour les positions de référence du fluide suivant la direction longitudinale.

Ainsi, un avantage procuré est de cumuler :

- des mesures continues pour chaque couple de condensateurs donné ;

- des mesures discrètes entre chaque couple de condensateurs.

10 En outre, il est rendu possible de moduler spatialement la précision de mesure de la hauteur de fluide selon la direction longitudinale. La sensibilité du couple de condensateurs sera d'autant plus grande que la somme des première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale, est élevée. Ce type de configuration pourra être choisi par exemple si l'application visée recherche une meilleure précision lorsque le réservoir est quasi vide afin de prédire le moment de réapprovisionnement.

15

Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif comporte une couche de protection réalisée dans un matériau diélectrique, de préférence un matériau plastique, et agencée pour recouvrir le ou chaque couple de condensateurs.

20 Ainsi, un avantage procuré est de pouvoir notamment protéger du fluide la partie électronique du dispositif.

Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif comporte :

- une carte de circuit imprimé,

25 - des pistes électriquement conductrices, agencées sur la carte de circuit imprimé, et formant le ou chaque couple de condensateurs.

Ainsi, un avantage procuré est de produire aisément le dispositif à l'échelle industrielle.

30 L'invention a également pour objet un réservoir, comportant au moins un dispositif conforme à l'invention, le ou chaque couple de condensateurs étant agencé de manière à générer un champ électrique à l'intérieur du réservoir.

Selon une caractéristique de l'invention, le réservoir renferme un fluide, et comporte une paroi latérale réalisée dans un matériau diélectrique ; le dispositif est agencé à l'intérieur de la paroi latérale, à distance du fluide.

Ainsi, un avantage procuré est de s'affranchir d'un contact direct entre le fluide et le dispositif susceptible d'occasionner des dégradations. Le dispositif selon l'invention demeure fonctionnel et fiable dans la mesure où il ne nécessite pas de connaître précisément la permittivité diélectrique du milieu comportant la paroi latérale et le fluide. En outre, le
5 dispositif se retrouve protégé mécaniquement du milieu extérieur grâce à la paroi latérale.

Selon une caractéristique de l'invention, le réservoir comporte un dispositif de chauffage, agencé dans le réservoir pour chauffer le fluide, le dispositif de chauffage comprenant une partie métallique formant une masse ; et le ou chaque couple de condensateurs est relié
10 électriquement à la masse.

Ainsi, un avantage procuré est de simplifier la mise à la masse du dispositif.

Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif est agencé à une distance du fluide comprise entre 0,05 mm et 25 mm, de préférence comprise entre 4 mm et 6 mm.

15 Ainsi, un avantage procuré est de conserver une précision satisfaisante de la mesure de hauteur de fluide.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans l'exposé détaillé de différents
20 modes de réalisation de l'invention, l'exposé étant assorti d'exemples et de références aux dessins joints.

Figure 1 est une vue schématique partielle, en perspective éclatée, d'un dispositif selon l'invention, illustrant un premier mode d'intégration du dispositif à une paroi d'un réservoir.

Figure 2 est une vue schématique partielle, en perspective éclatée, d'un dispositif selon
25 l'invention, illustrant un deuxième mode d'intégration du dispositif à une paroi d'un réservoir.

Figure 3 est une vue schématique en perspective d'un réservoir équipé d'un dispositif selon l'invention.

Figure 4 est une vue schématique en coupe longitudinale d'un premier mode de réalisation d'un ensemble de couples de condensateurs d'un dispositif selon l'invention.

30 Figure 5 est une vue schématique en coupe longitudinale d'un deuxième mode de réalisation d'un ensemble de couples de condensateurs d'un dispositif selon l'invention.

Figure 6 est une vue schématique en coupe longitudinale, à l'échelle agrandie, d'un couple de condensateurs selon le premier mode de réalisation illustré à la figure 4.

Figure 7 est une vue schématique en coupe longitudinale, à l'échelle agrandie, d'un couple de condensateurs selon le deuxième mode de réalisation illustré à la figure 5.

Figure 8 est une vue schématique, en coupe longitudinale, d'un ensemble de couples de condensateurs réparti suivant la direction longitudinale de manière périodique.

5 Figure 9 est une vue schématique, en coupe longitudinale, d'un ensemble de couples de condensateurs réparti suivant la direction longitudinale de sorte que leur longueur suit une série géométrique.

Figure 10 est une vue schématique, en coupe longitudinale, d'un ensemble de couples de condensateurs dont la somme des première et seconde capacités électriques linéiques, 10 intégrées suivant la direction longitudinale, est une fonction monotone selon la direction longitudinale ; l'ensemble de couples de condensateurs étant agencé de part et d'autre d'une séparatrice.

Figure 11 est une vue analogue à la figure 10, en l'absence de séparatrice.

Figure 12 est une vue schématique partielle en coupe d'une paroi d'un réservoir, illustrant 15 un premier mode d'intégration du dispositif selon l'invention.

Figure 13 est une vue schématique partielle en coupe d'une paroi d'un réservoir, illustrant un deuxième mode d'intégration du dispositif selon l'invention.

Figure 14 est un graphique représentant en abscisses le nombre de périodes d'un ensemble de couples de condensateurs, et en ordonnées la capacité électrique (en pF) pour les 20 condensateurs de gauche (C^L) et pour les condensateurs de droite (C^R).

Figure 15 est un graphique représentant en abscisses le nombre de périodes d'un ensemble de couples de condensateurs, et en ordonnées la différence de capacité électrique (en pF) entre les condensateurs de gauche et les condensateurs de droite.

25 **Exposé détaillé des modes de réalisation**

Les éléments identiques ou assurant la même fonction porteront les mêmes références pour les différents modes de réalisation, par souci de simplification.

Un objet de l'invention est un dispositif 1 de mesures capacitatives d'une hauteur d'un 30 fluide dans un réservoir 2, le fluide possédant une surface libre, le dispositif 1 comportant au moins un couple de condensateurs C_i^L , C_i^R s'étendant suivant une direction longitudinale Z' - Z , destinée à être parallèle à la normale à la surface libre du fluide ; le ou chaque couple de condensateurs G^L , G^R comportant :

- un premier condensateur G^L , (i correspondant au i-ème couple) comprenant un premier couple d'électrodes formant des premiers motifs géométriques G^{LB} , G^{LT} définissant une première capacité électrique linéique variant suivant la direction longitudinale $Z'-Z$;

5 - un second condensateur G^R , (i correspondant au i-ème couple), opposé au premier condensateur G^L , et comprenant un second couple d'électrodes formant des seconds motifs géométriques G^{RM} , G^{RT} définissant une seconde capacité électrique linéique variant suivant la direction longitudinale $Z'-Z$.

Les premiers et seconds motifs géométriques G^{LB} , G^{LT} ; G^{RM} , G^{RT} sont agencés de sorte que :

10 - les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale $Z'-Z$, possèdent une somme (notée S_i , i correspondant au i-ème couple) qui dépend de la position du fluide suivant la direction longitudinale $Z'-Z$;

- les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale $Z'-Z$, possèdent une différence (notée D_i , i correspondant au i-ème couple) qui
15 est une constante (notée K) pour des positions de référence du fluide suivant la direction longitudinale $Z'-Z$.

Si l'on note z la position du fluide suivant la direction longitudinale $Z'-Z$ et z_{ref} les positions de référence, on a :

$$20 \quad \begin{aligned} S_i(z) &= C_i^{LB}(z) + C_i^{LT}(z) + C_i^{BB}(z) + C_i^{RT}(z) \\ D_i(z) &= C_i^{LB}(z) + C_i^{LT}(z) - C_i^{RB}(z) - C_i^{RT}(z) \\ D_i(z_{ref}) &= K \end{aligned}$$

Couple(s) de condensateurs

Le ou chaque couple de condensateurs G^L , G^R comporte avantageusement un axe médian $X'-X$ s'étendant suivant une direction perpendiculaire à la direction longitudinale $Z'-Z$.

25 Les premier et second condensateurs G^L , G^R sont avantageusement des condensateurs à électrodes interdigitées.

Le dispositif 1 comporte avantageusement un ensemble de couples de condensateurs G^L , G^R , chaque couple de condensateurs G^L , G^R possédant une longueur (notée L) suivant la direction longitudinale $Z'-Z$.

30 Selon un premier mode de réalisation (illustré à la figure 9), l'ensemble de couples de condensateurs G^L , G^R est réparti suivant la direction longitudinale $Z'-Z$ de sorte que leur longueur L ; suit une série géométrique :

$$L_i = a^{i-1} * \delta ; a > 1 ; i \in [1; N]$$

où δ est la raison de la suite géométrique, δ est la longueur du premier couple de condensateurs G^L, C_i^R , N est le nombre de couples de condensateurs C_i^L, C_i^R , i est le i -ème couple de condensateurs G^L, C_i^R . Les couples de condensateurs avec les longueurs les plus faibles (niveaux inférieurs) possèdent localement une meilleure précision de la mesure de la

5 hauteur de fluide que les couples de condensateurs avec les longueurs les plus importantes (niveaux supérieurs). Cette modulation spatiale de la précision de mesure est utile pour à la fois :

- estimer avec précision le niveau restant dans un réservoir 2 et,
 - prédire avec une bonne précision la date nécessaire à un réapprovisionnement, sous
- 10 l'hypothèse d'une consommation de fluide constante ou prévisible avec le temps.

Ceci présente un avantage économique grâce à une meilleure gestion des réapprovisionnements, puisque, par extrapolation de la quantité $(h_{i+1} - h_i) / (t_{i+1} - t_i)$ où h_{i+1} (respectivement h_i), sont les hauteurs restantes de fluide aux temps t_{i+1} (respectivement t_i), il est possible - avec une incertitude moindre qu'une méthode basée sur l'expérience humaine

15 seule - de connaître la date d'épuisement du fluide dans le réservoir 2. D'un point de vue mathématique, de tels points de mesure permettent à l'homme du métier de qualifier des modèles qu'il aura pu développer, et de réactualiser ses prévisions.

Selon un deuxième mode de réalisation (notamment illustré aux figures 4, 5 et 8), l'ensemble de couples de condensateurs G^L, C_i^R est réparti suivant la direction longitudinale

20 $Z'-Z$ de manière périodique. La longueur L_i de chaque couple de condensateurs G^L, C_i^R est donc constante suivant la direction longitudinale $Z'-Z$.

$$L_i = \lambda ; i \in [1; N]$$

où λ est la période spatiale des couples de condensateurs G^L, C_i^R .

Le dispositif 1 comporte avantageusement :

- 25 - une carte 3 de circuit imprimé,
- des pistes électriquement conductrices, agencées sur la carte de circuit imprimé, et formant le ou chaque couple de condensateurs G^L, G^R .

La carte 3 de circuit imprimé peut être réalisée dans un matériau choisi parmi le polyimide, la résine époxy FR-4, un papier cellulosique. Les pistes électriquement

30 conductrices peuvent être réalisées dans un matériau choisi parmi Cu, Al, le graphite, le graphène. Par « électriquement conductrices », on entend que les pistes sont réalisées dans un matériau présentant une conductivité électrique à 300 K supérieure ou égale à 1 S.cm^4 .

Le dispositif 1 comporte avantageusement une couche de protection 4 réalisée dans un matériau diélectrique, de préférence un matériau plastique, et agencée pour recouvrir le ou

35 chaque couple de condensateurs G^L, G^R . Par « diélectrique », on entend que le matériau

présente une conductivité électrique à 300 K inférieure ou égale à 10^{-6} S.cm⁴. A titre d'exemples non limitatifs, le matériau diélectrique dans lequel est réalisée la couche de protection 4 peut être une résine époxy ou une pâte silicone.

Le dispositif 1 comporte avantageusement un plan de masse GND. Par « plan de masse », on entend tout moyen d'obtenir un potentiel de référence pour le ou les couples de condensateurs G^L, G^R .

Le dispositif 1 comporte avantageusement une électronique 10 de commande, configurée pour commander le ou chaque couple de condensateurs G^L, G^R . L'électronique 10 de commande est reliée électriquement au plan de masse GND. L'électronique 10 de commande comporte avantageusement un microcontrôleur. L'électronique 10 de commande comporte avantageusement un circuit électronique configuré pour mesurer :

$$S = \sum_{i=1}^N S_i(z)$$

$$D = \sum_{i=1}^N D_i(z)$$

A titre d'exemple non limitatif, de telles mesures peuvent être effectuées à l'aide du composant AD7746 du fabricant « Analog Devices », qui est un convertisseur capacitif numérique Sigma-Delta avec un mode différentiel.

Le dispositif 1 comporte avantageusement un connecteur 11, agencé pour communiquer les mesures effectuées par le dispositif 1. Le connecteur 11 peut être un bus de données CAN (« Controller Area Network » en langue anglaise). Selon une alternative, l'électronique 10 de commande comporte un module de communication sans-fil, de préférence choisi parmi les technologies Bluetooth, Bluetooth à basse énergie, RFID, Wifi, LoRa, SigFox.

Premiers et seconds motifs géométriques

A titre d'exemples non limitatifs, les électrodes de chaque couple de condensateurs G^L, G^R peuvent présenter une section longitudinale de forme rectangulaire ou en forme de chevron.

Les premiers motifs géométriques G^{LB}, G^{LT} sont avantageusement agencés de part et d'autre de l'axe médian X'-X de manière à former une symétrie axiale selon l'axe médian X'-X. Les seconds motifs géométriques G^{TM}, G^{RT} sont avantageusement agencés de part et d'autre de l'axe médian X'-X de manière à former une symétrie axiale selon l'axe médian X'-X. Les premiers motifs géométriques G^{LT} et les seconds motifs géométriques G^{RT} sont avantageusement agencés au-dessus de l'axe médian X'-X de manière à former une symétrie centrale. Les premiers motifs géométriques G^{LB} et les seconds motifs géométriques G^{TM} sont

avantageusement agencés au-dessous de l'axe médian X'-X de manière à former une symétrie centrale.

Il en résulte que :

$$D_i \left(z_{ref} = \frac{L_i}{2} \right) = D_i(z_{ref} = L_i) = K = 0$$

5

$$S_i(z) \propto z$$

Les premiers motifs géométriques G^{LT} et les seconds motifs géométriques G^{RT} sont avantageusement agencés au-dessus de l'axe médian X'-X de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées au-dessus de l'axe médian X'-X suivant la direction longitudinale Z'-Z, possèdent une différence qui est une constante de préférence nulle. Les premiers motifs géométriques G^{LB} et les seconds motifs géométriques G^{TM} sont avantageusement agencés au-dessous de l'axe médian X'-X de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées au-dessous de l'axe médian X'-X suivant la direction longitudinale Z'-Z, possèdent une différence qui est une constante de préférence nulle.

Les premiers et seconds motifs géométriques G^{LB} , G^{LT} ; C_i^{TM} , G^{RT} sont avantageusement agencés de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale Z'-Z, possèdent une différence qui change de signe de part et d'autre de l'axe médian X'-X. Dans le cas où l'ensemble de couples de condensateurs G^L , G^R est réparti suivant la direction longitudinale Z'-Z de manière périodique avec une période spatiale λ , l'incertitude de mesure sur la hauteur de fluide est réduite à $\lambda/2$. Il est possible de réaliser un inventaire de la quantité de fluide selon une précision de $\frac{1}{2N}$ de la hauteur totale du dispositif 1, où N est le nombre de couples de condensateurs G^L , G^R .

Les premiers et seconds motifs géométriques G^{LB} , G^{LT} ; C_i^{TM} , C_i^{RT} sont avantageusement agencés de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale Z'-Z, possèdent une différence nulle pour au moins deux positions de référence du fluide suivant la direction longitudinale Z'-Z.

Les premiers et seconds motifs géométriques G^{LB} , G^{LT} ; C_i^{TM} , C_i^{RT} sont avantageusement agencés de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale Z'-Z, possèdent une somme proportionnelle à la position du fluide suivant la direction longitudinale Z'-Z.

Selon un mode de réalisation (illustré aux figures 10 et 11), le dispositif 1 comporte un ensemble de couples de condensateurs G^L , C_i^R réparti suivant la direction longitudinale Z'-Z ;

les premiers et seconds motifs géométriques G^{LB} , G^{LT} ; G^{TM} , G^{RT} de deux couples adjacents de condensateurs G^L , G^R sont avantageusement agencés de sorte que :

- la somme des première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale $Z'-Z$, est une fonction monotone selon la direction longitudinale $Z'-Z$;

- la différence des première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale $Z'-Z$, est constante selon la direction longitudinale $Z'-Z$, de préférence nulle, pour les positions de référence du fluide suivant la direction longitudinale $Z'-Z$.

Ainsi, il est possible de réaliser un codage de l'information d'un sous-secteur (i.e. correspondant à l'étendue spatiale d'un couple de condensateurs G^L , G^R) par rapport à un sous-secteur adjacent, différencié. La fonction monotone peut être une fonction linéaire de sorte qu'un premier sous-secteur pourra contenir une capacité électrique, notée G , pour une extension spatiale donnée, puis le deuxième sous-secteur (supérieur) pourra contenir une capacité électrique supérieure (égale à βG , $\beta > 1$) pour la même extension spatiale donnée.

15 Réservoir

Un objet de l'invention est un réservoir 2 comportant au moins un dispositif 1 conforme à l'invention, le ou chaque couple de condensateurs G^L , G^R étant agencé de manière à générer un champ électrique à l'intérieur du réservoir 2.

Le réservoir 2 peut renfermer un fluide. Le réservoir 2 peut comporter une paroi latérale 20 réalisée dans un matériau diélectrique. Le matériau diélectrique est de préférence un matériau plastique ou un matériau composite. Le matériau plastique peut être le polyéthylène. Le matériau composite peut être un matériau pré-imprégné, comprenant une matrice (ou résine) imprégnant un renfort. La résine peut être une résine thermodurcissable ou une résine thermoplastique.

Le dispositif 1 est avantageusement agencé à l'intérieur de la paroi latérale 20, à distance du fluide. La paroi latérale 20 sépare le fluide d'un milieu extérieur. Le cas échéant, la paroi latérale 20 est creuse et comporte deux parties P1, P2 formant une cavité fermée. Une telle paroi latérale 20 creuse permet de protéger le dispositif 1 du milieu extérieur et du fluide. Le dispositif 1 comporte avantageusement un système de récupération d'énergie, agencé à l'intérieur de la cavité fermée, et configurée pour récupérer une énergie provenant d'une source externe située dans le milieu extérieur. Le système de récupération d'énergie est relié électriquement au microcontrôleur de l'électronique 10 de commande. L'énergie est avantageusement choisie parmi une énergie électromagnétique, une énergie mécanique, une énergie thermique. A titre d'exemples non limitatifs, la source externe peut être un générateur

à induction, un générateur thermoélectrique, un système piézoélectrique. La source externe peut émettre des ondes radioélectriques. Le cas échéant, la source externe est avantageusement sélectionnée parmi :

- un ordiphone muni d'un module de communication en champ proche (NFC pour «*Near Field Communication*» en langue anglaise),
- une antenne émettant un signal de type Bluetooth à basse énergie (BLE pour «*Bluetooth Low Energy*» en langue anglaise), ou un signal Wifi à 2,4 GHz ou à 5 GHz.

Le dispositif 1 comporte avantageusement des moyens de stockage, agencés à l'intérieur de la cavité fermée pour stocker l'énergie récupérée par le système 4 de récupération d'énergie. A titre d'exemples non limitatifs, les moyens de stockage peuvent comporter une batterie ou un supercondensateur (e.g. à base de carbone).

Selon une alternative illustrée à la figure 12, le dispositif 1 peut être agencé à l'extérieur de la paroi latérale 20. La fixation du dispositif 1 à l'extérieur de la paroi latérale peut être réalisée par collage ou par thermoformage.

Le réservoir 2 peut comporter un dispositif de chauffage 5, agencé dans le réservoir 2 pour chauffer le fluide. Le dispositif de chauffage 5 peut comprendre une partie métallique (par exemple en acier inoxydable) formant une masse. Le ou chaque couple de condensateurs C_1^L , C_1^R est avantageusement relié électriquement à la masse. La mise à un potentiel commun du fluide et de l'électronique 10 de commande permet d'obtenir des mesures de hauteur de fluide à travers une paroi latérale 20 épaisse, en mesurant les capacités électriques par une méthode de type trois fils.

Le dispositif 1 de mesures capacitives est avantageusement agencé à une distance du fluide comprise entre 0,05 mm et 25 mm, de préférence comprise entre 4 mm et 6 mm.

Il est possible, à partir des mesures de S et D par le circuit électronique de l'électronique 10 de commande, de calculer une constante diélectrique effective incluant la paroi latérale 20 et le fluide en regard du sous-secteur correspondant (i.e. l'étendue spatiale du couple de condensateurs G^L , G^R en regard du fluide), de sorte que chaque sous-secteur possède sa propre loi d'étalonnage. Ainsi, il est possible de :

- corriger les variations d'épaisseur de la paroi 20 du réservoir 2 pour un fluide donné,
- d'adapter la sensibilité de chaque sous-secteur aux variations des propriétés du fluide.

Une telle auto-calibration sera en particulier rendue possible dans la mesure où le niveau du fluide pourra varier, et que pourront être déduites et enregistrées les différentes valeurs associées à des points fixes. De telles valeurs constituent des points d'étalonnage pour calibrer dynamiquement le dispositif 1, par exemple à l'aide d'un algorithme de type Levenberg-Marcquardt afin de modéliser selon une loi simple la relation entre la hauteur du fluide et la

capacité électrique mesurée. Un algorithme d'intelligence artificielle, basé sur un système d'apprentissage, pourra utilement compléter cette première approche.

Procédé de fabrication

Lorsque le matériau diélectrique de la paroi latérale 20 du réservoir 2 est un matériau
5 plastique de type thermoplastique, la paroi latérale 20 peut être formée par un procédé de moulage par extrusion-soufflage. Le dispositif 1 est ajouté dans le moule (insert) avant la phase de soufflage. L'ajout d'inserts dans le moule de soufflage peut s'effectuer par des robots à une cadence qui ne ralentit pas le cycle de moulage du réservoir 2.

Selon une alternative, la paroi latérale 20 du réservoir 2 peut être formée par un procédé
10 de moulage par injection et soufflage. Il est possible d'utiliser un tuteur (la partie P2 externe de la paroi) afin de maintenir le dispositif 1 dans le moule de soufflage.

Selon une autre alternative, la paroi latérale 20 du réservoir 2 peut être formée par un procédé de rotomoulage où le dispositif 1 est maintenu dans le moule à l'aide d'un support tel qu'une toile ou une grille, le support étant de préférence métallique.

Résultats

Un exemple de résultat de mesure est illustré aux figures 14 et 15. Le dispositif 1 est intégré à l'intérieur d'une paroi latérale 20 du réservoir 2, d'une épaisseur de l'ordre de 5 mm. Le fluide est du liquide Adblue®. On constate que les capacités électriques des premiers et seconds condensateurs (capacité gauche C^L et capacité droite C^R) diminuent avec la hauteur
20 de liquide, selon une décroissance totale de l'ordre de 8 pF de dynamique sur 29 pF, ce qui est largement suffisant pour une mesure précise, alors que l'amplitude de la différence $|C^L - C^R|$ maximale est de l'ordre de 0,45 pF, et peut-être adapté par géométrie des électrodes. On constate à la figure 15 que $D = \sum_{i=1} D_i(z)$ est bien nul pour les demi-périodes. Les zéros de D étant multiples, il est avantageux de connaître au moins approximativement les propriétés
25 diélectriques du fluide. A titre indicatif, si la hauteur du dispositif 1 est constituée de N sous-périodes de même longueur, le dispositif 1 possédera de l'ordre de $2N+1$ zéros, et les propriétés diélectriques seront avantageusement connues à typiquement mieux que $\frac{100}{2N+1}\%$ pour lever toute indétermination sur chaque niveau discret.

30

L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation exposés. L'homme du métier est mis à même de considérer leurs combinaisons techniquement opérantes, et de leur substituer des équivalents.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif (1) de mesures capacitives d'une hauteur d'un fluide dans un réservoir (2), le fluide possédant une surface libre, le dispositif (1) comportant au moins un couple de condensateurs (G^L , G^R) s'étendant suivant une direction longitudinale ($Z'-Z$), destinée à être parallèle à la normale à la surface libre du fluide ; le ou chaque couple de condensateurs (G^L , G^R) comportant :

- un premier condensateur (G^L), comprenant un premier couple d'électrodes formant des premiers motifs géométriques (G^{LB} , G^{LT}) définissant une première capacité électrique linéique variant suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$) ;

- un second condensateur (G^R), opposé au premier condensateur (G^L), et comprenant un second couple d'électrodes formant des seconds motifs géométriques (G^{RM} , G^{RT}) définissant une seconde capacité électrique linéique variant suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$) ;

le dispositif étant caractérisé en ce que les premiers et seconds motifs géométriques (G^{LB} , G^{LT} ; C_i^{TM} , G^{RT}) sont agencés de sorte que :

- les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$), possèdent une somme qui dépend de la position du fluide suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$) ;

- les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$), possèdent une différence qui est une constante pour des positions de référence du fluide suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$).

2. Dispositif (1) selon la revendication 1, dans lequel le ou chaque couple de condensateurs (G^L , G^R) comporte un axe médian ($X'-X$) s'étendant suivant une direction perpendiculaire à la direction longitudinale ($Z'-Z$).

3. Dispositif (1) selon la revendication 2, dans lequel les premiers motifs géométriques (G^{LB} , G^{LT}) sont agencés de part et d'autre de l'axe médian ($X'-X$) de manière à former une symétrie axiale selon l'axe médian ($X'-X$) ; et les seconds motifs géométriques (C_i^{TM} , C_i^{RT}) sont agencés de part et d'autre de l'axe médian ($X'-X$) de manière à former une symétrie axiale selon l'axe médian ($X'-X$).

4. Dispositif (1) selon la revendication 2 ou 3, dans lequel les premiers motifs géométriques (G^{LT}) et les seconds motifs géométriques (C_i^{RT}) sont agencés au-dessus de l'axe médian ($X'-X$) de manière à former une symétrie centrale ; les premiers motifs géométriques

(G^{LB}) et les seconds motifs géométriques (C^{TM}) sont agencés au-dessous de l'axe médian ($X'-X$) de manière à former une symétrie centrale.

5 5. Dispositif (1) selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel les premiers motifs
géométriques (G^{LT}) et les seconds motifs géométriques (G^{RT}) sont agencés au-dessus de l'axe
médian ($X'-X$) de sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées
au-dessus de l'axe médian ($X'-X$) suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$), possèdent une
différence qui est une constante de préférence nulle ; les premiers motifs géométriques (G^{LB})
et les seconds motifs géométriques (C^{TM}) sont agencés au-dessous de l'axe médian ($X'-X$) de
10 sorte que les première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées au-dessous de l'axe
médian ($X'-X$) suivant la direction longitudinale, ($Z'-Z$) possèdent une différence qui est une
constante de préférence nulle.

15 6. Dispositif (1) selon l'une des revendications 2 à 5, dans lequel les premiers et seconds
motifs géométriques ($G^{LB}, G^{LT} ; G^{TM}, G^{RT}$) sont agencés de sorte que les première et seconde
capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$), possèdent
une différence qui change de signe de part et d'autre de l'axe médian ($X'-X$).

20 7. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel les premiers et seconds
motifs géométriques ($G^{LB}, G^{LT} ; G^{TM}, G^{RT}$) sont agencés de sorte que les première et seconde
capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$), possèdent
une différence nulle pour au moins deux positions de référence du fluide suivant la direction
longitudinale ($Z'-Z$).

25 8. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel les premiers et seconds
motifs géométriques ($G^{LB}, G^{LT} ; G^{TM}, G^{RT}$) sont agencés de sorte que les première et seconde
capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$), possèdent
une somme proportionnelle à la position du fluide suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$).

30 9. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel les premier et second
condensateurs (G^L, G^R) sont des condensateurs à électrodes interdigitées.

35 10. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 9, comportant un ensemble de
couples de condensateurs (G^L, G^R), chaque couple de condensateurs (G^L, G^R) possédant une
longueur (L_i) suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$) ; l'ensemble de couples de

condensateurs (G^L, G^R) étant réparti suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$) de sorte que leur longueur (\bar{L}_i) suit une série géométrique.

11. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 9, comportant un ensemble de
5 couples de condensateurs (G^L, G^R) réparti suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$) de manière périodique.

12. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 9, comportant un ensemble de
10 couples de condensateurs (G^L, G^R) réparti suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$) ; les premiers et seconds motifs géométriques ($G^{LB}, G^{LT} ; G^{TM}, G^{RT}$) de deux couples adjacents de condensateurs (G^L, G^R) sont agencés de sorte que :

- la somme des première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$), est une fonction monotone selon la direction longitudinale ($Z'-Z$) ;
- 15 - la différence des première et seconde capacités électriques linéiques, intégrées suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$), est constante selon la direction longitudinale ($Z'-Z$), de préférence nulle, pour les positions de référence du fluide suivant la direction longitudinale ($Z'-Z$).

20 13. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 12, comportant une couche de protection (4) réalisée dans un matériau diélectrique, de préférence un matériau plastique, et agencée pour recouvrir le ou chaque couple de condensateurs (G^L, G^R).

14. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 13, comportant :
25 - une carte (3) de circuit imprimé,
- des pistes électriquement conductrices, agencées sur la carte (3) de circuit imprimé, et formant le ou chaque couple de condensateurs (G^L, G^R).

15. Réservoir (2), comportant au moins un dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à
30 14, le ou chaque couple de condensateurs (G^L, G^R) étant agencé de manière à générer un champ électrique à l'intérieur du réservoir (2).

16. Réservoir (2) selon la revendication 15, renfermant un fluide, et comportant une paroi
latérale (20) réalisée dans un matériau diélectrique ; le dispositif (1) est agencé à l'intérieur de
35 la paroi latérale (20), à distance du fluide.

17. Réservoir (2) selon la revendication 16, comportant un dispositif de chauffage (5), agencé dans le réservoir (2) pour chauffer le fluide, le dispositif de chauffage (5) comprenant une partie métallique formant une masse ; et le ou chaque couple de condensateurs (G^L , G^R) est relié électriquement à la masse.

18. Réservoir (2) selon la revendication 16 ou 17, dans lequel le dispositif (1) est agencé à une distance du fluide comprise entre 0,05 mm et 25 mm, de préférence comprise entre 4 mm et 6 mm.

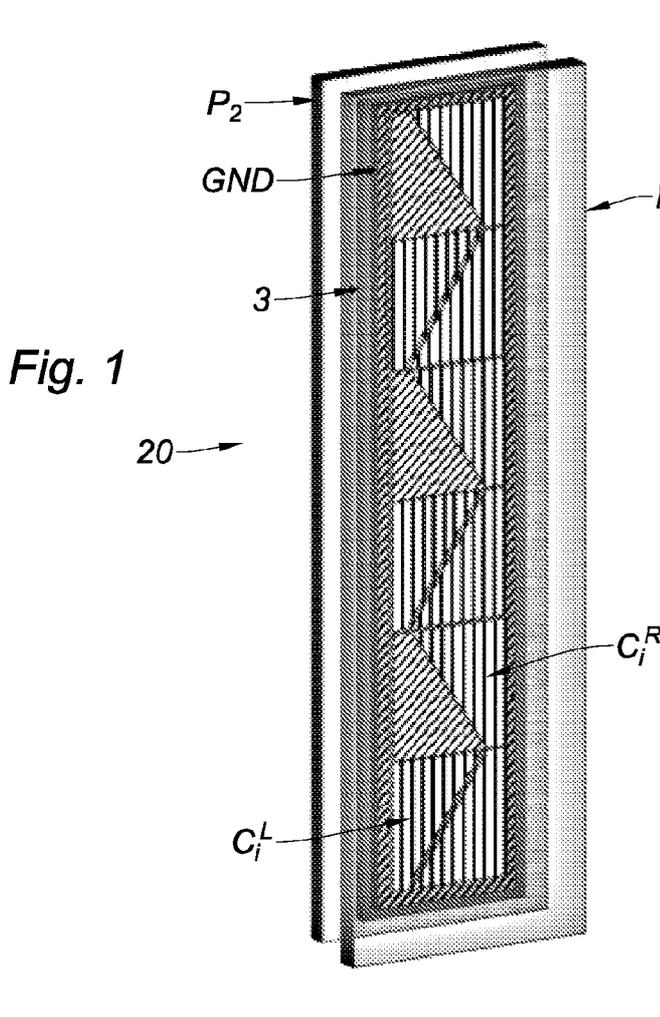


Fig. 1

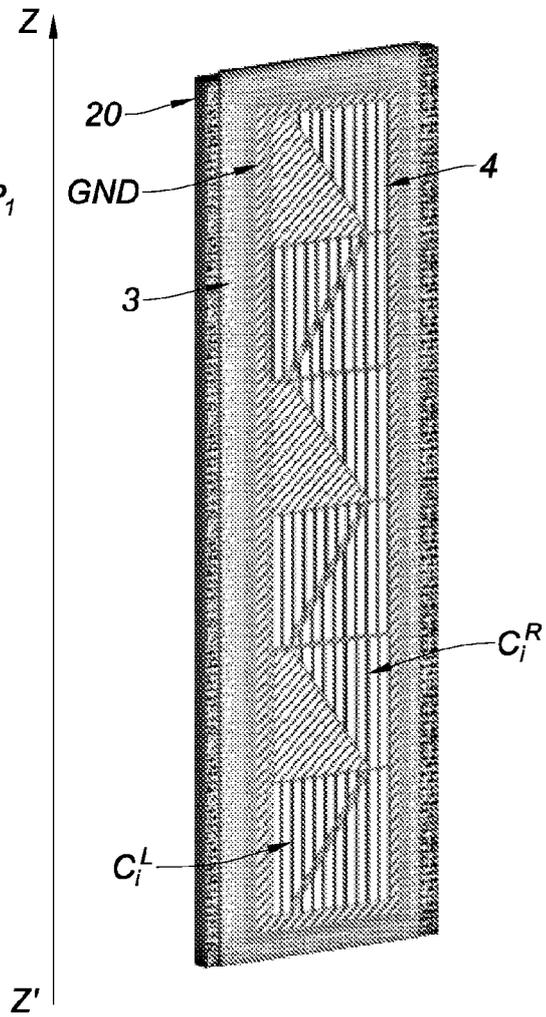


Fig. 2

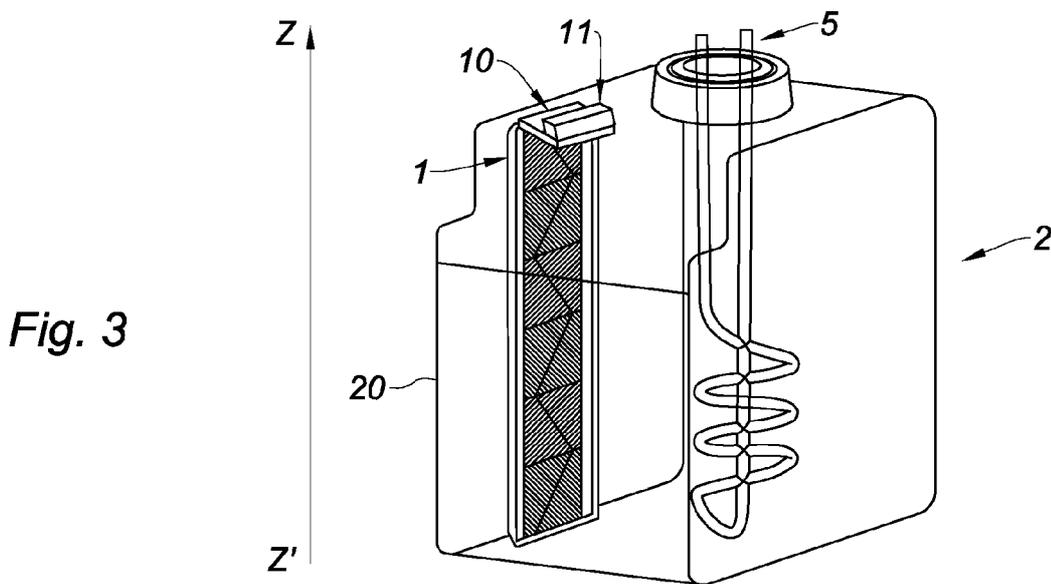


Fig. 3

Fig. 4

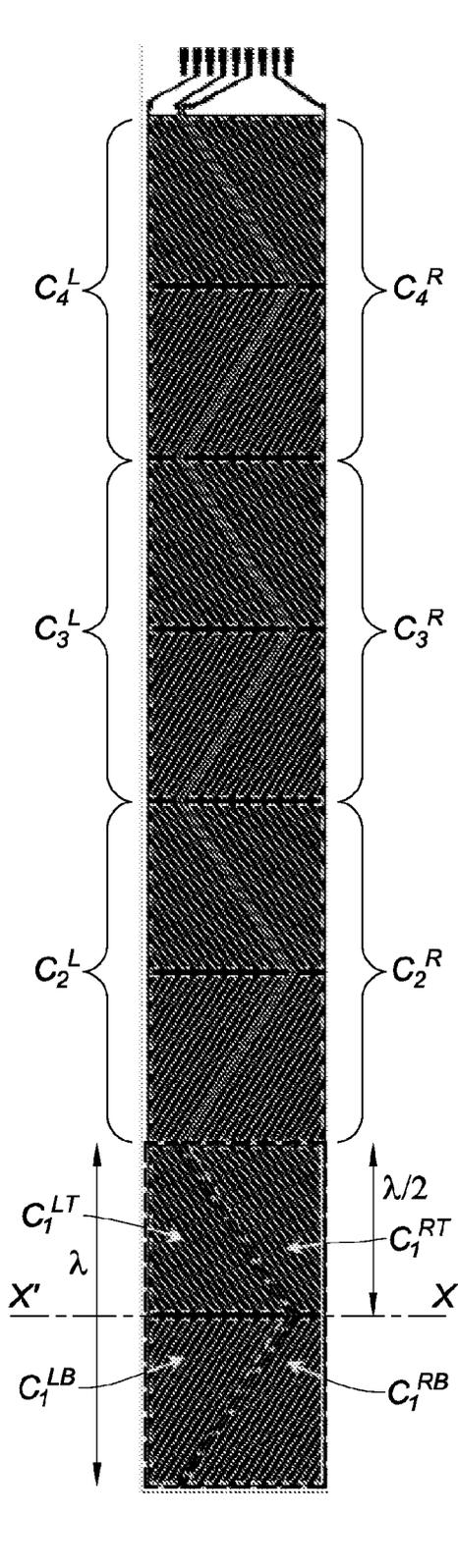
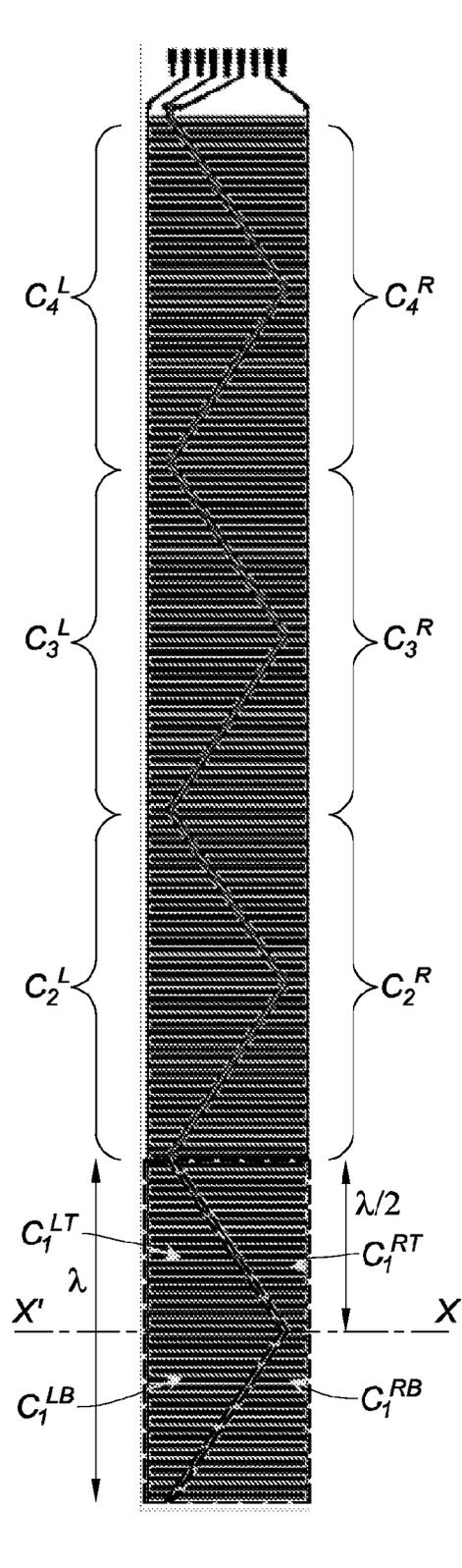


Fig. 5



3 / 5

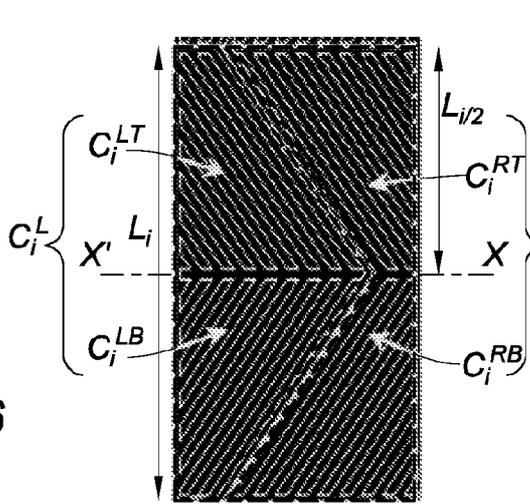


Fig. 6

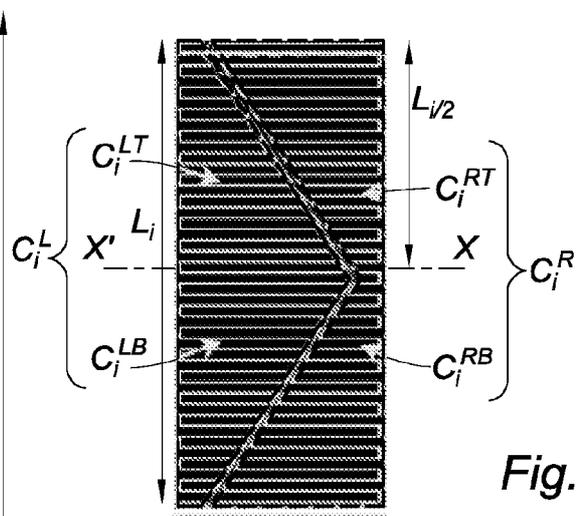


Fig. 7

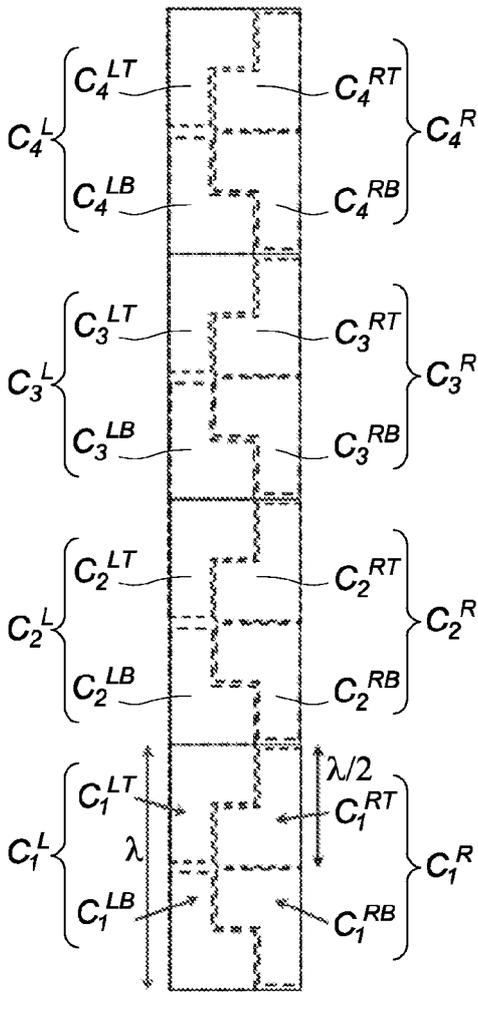


Fig. 8

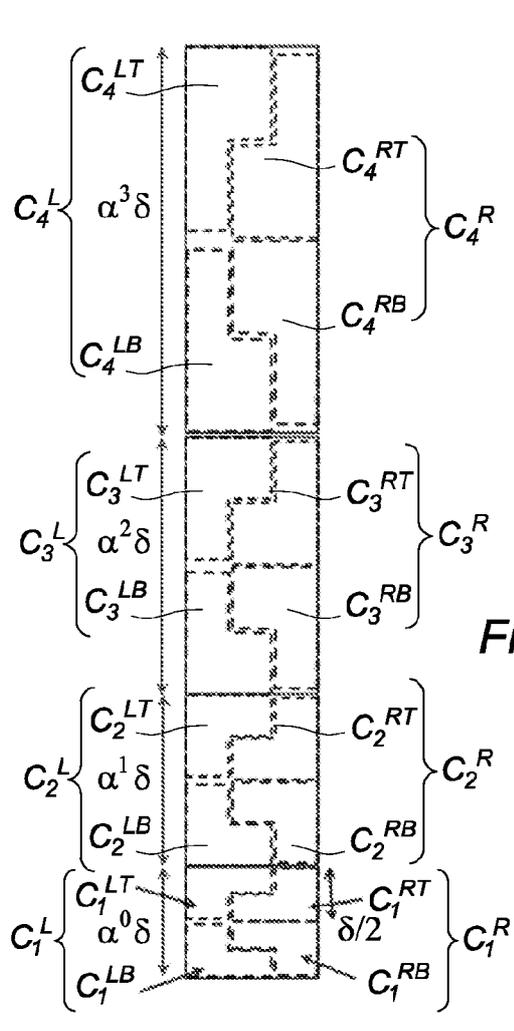


Fig. 9

Fig. 10

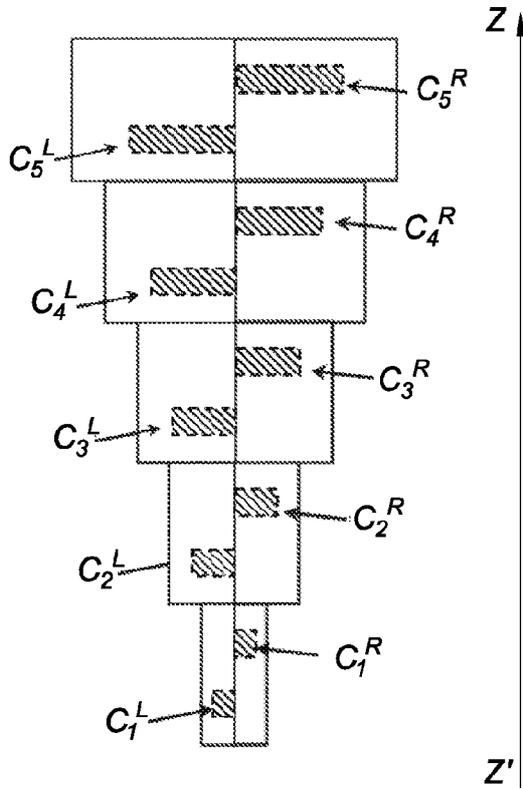


Fig. 11

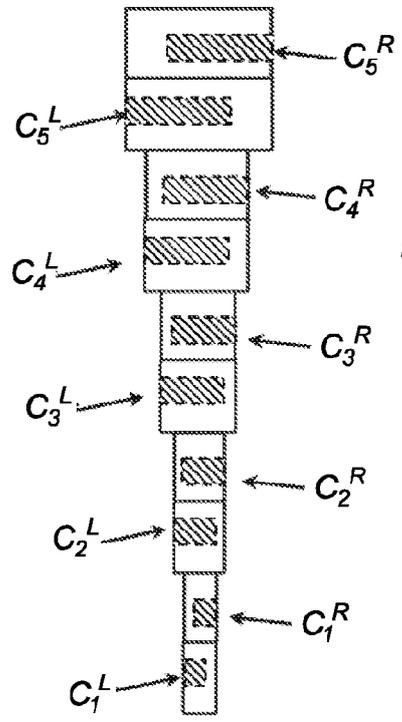


Fig. 12

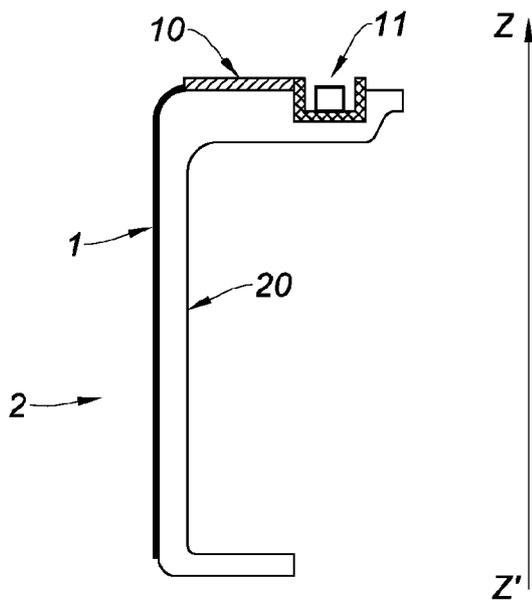
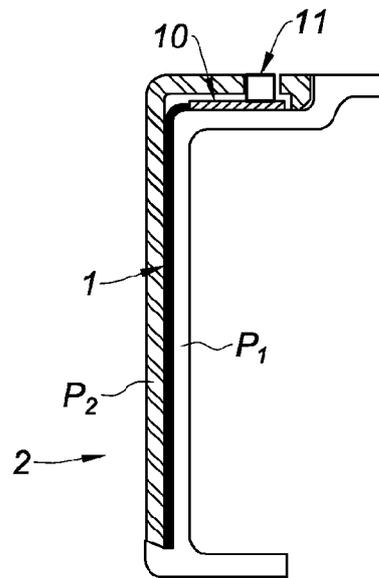


Fig. 13



5 / 5

Fig. 14

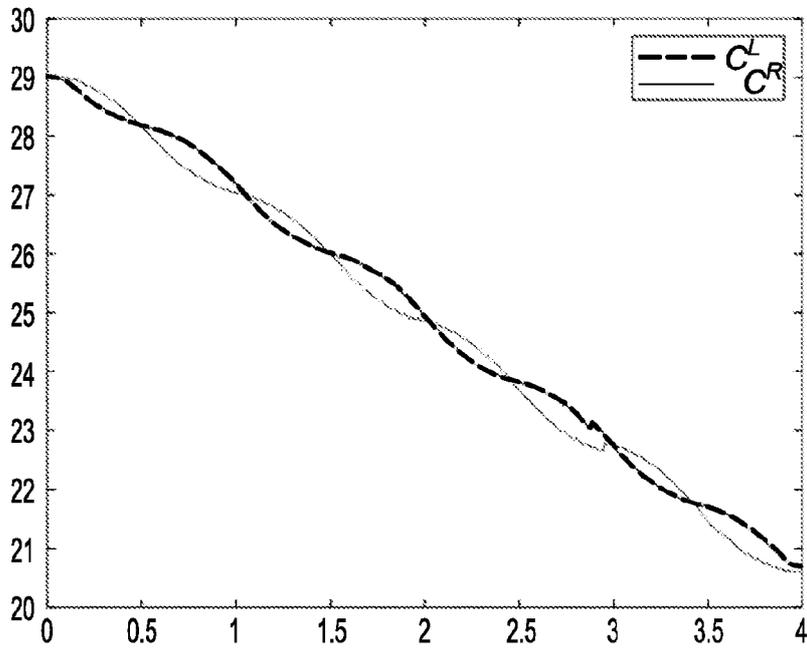
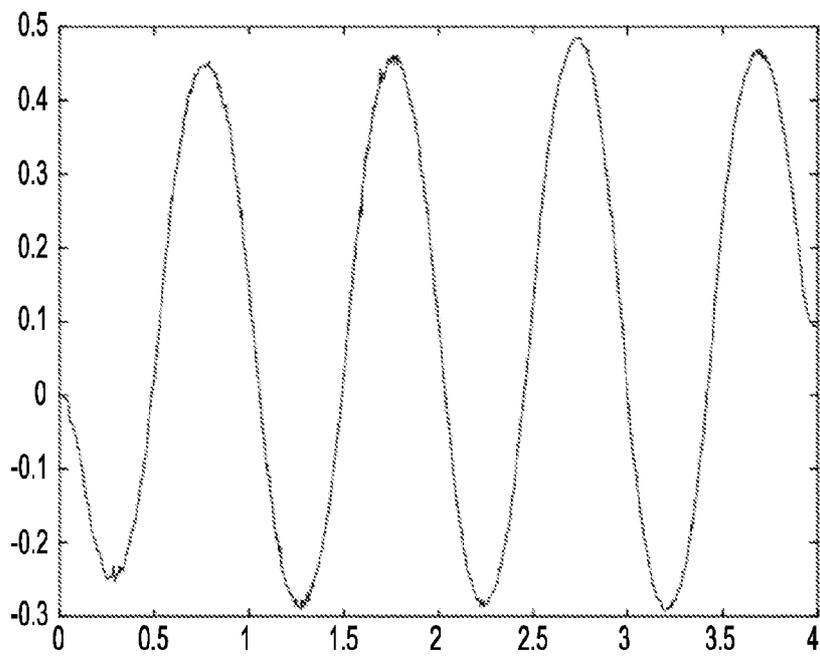


Fig. 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2020/050870

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01F 23/26 (2006.01)j		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2008231290 A1 (ZHITOMIRSKY VICTOR EVGENIEVICH [GB]) 25 September 2008 (2008-09-25) paragraphs [0001], [0014] - [0021], [0032], [0053] - [0059], [0072], [0100]; figure 1	1-15
X Y	US 2018299316 A1 (USUI HIROTOSHI [JP] ET AL) 18 October 2018 (2018-10-18) paragraphs [0037], [0050] - [0059]; figures 6-9	1,2,5,7,8,15,16 17,18
X	US 4373389 A (DECKER RAINER [DE]) 15 February 1983 (1983-02-15) column 2, line 43 - column 3, line 42; figure 1	1
Y	US 4166388 A (MALTBY FREDERICK L [US] ET AL) 04 September 1979 (1979-09-04) column 7, line 58 - column 10, line 49; figures 6, 10, 13-17	17,18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 15 September 2020		Date of mailing of the international search report 24 September 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Myrillas, K Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2020/050870

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2008231290	A1	25 September 2008	EP	1754029	A1	21 February 2007
				US	2008231290	A1	25 September 2008
				WO	2005111551	A1	24 November 2005
US	2018299316	A1	18 October 2018	CN	108731770	A	02 November 2018
				JP	2018179858	A	15 November 2018
				US	2018299316	A1	18 October 2018
US	4373389	A	15 February 1983	DE	2941652	A1	23 April 1981
				GB	2060898	A	07 May 1981
				US	4373389	A	15 February 1983
US	4166388	A	04 September 1979	NONE			

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01F23/26 ADD.</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>		
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01F</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal , WPI Data</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>US 2008/231290 A1 (ZHITOMIRSKY VICTOR EVGENIEVICH [GB]) 25 septembre 2008 (2008-09-25) alinéas [0001], [0014] - [0021], [0032], [0053] - [0059], [0072], [0100]; figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15
X	<p>US 2018/299316 A1 (USUI HIROTOSHI [JP] ET AL) 18 octobre 2018 (2018-10-18) alinéas [0037], [0050] - [0059]; figures 6-9</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,2,5,7,8,15,16,17,18
Y		
X	<p>US 4 373 389 A (DECKER RAINER [DE]) 15 février 1983 (1983-02-15) colonne 2, ligne 43 - colonne 3, ligne 42; figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1
	-/--	
<p><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</p>		
<p><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>		
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p>		
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>		<p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p> <p style="text-align: center;">15 septembre 2020</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p style="text-align: center;">24/09/2020</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p style="text-align: center;">Myri I I as, K</p>

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 4 166 388 A (MALTBY FREDERICK L [US] ET AL) 4 septembre 1979 (1979-09-04) colonne 7, ligne 58 - colonne 10, ligne 49; figures 6, 10, 13-17 -----	17,18

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/ FR2020/050870

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 200823 1290 AI	25-09 -2008	EP 1754029 AI	21-02 -2007
		US 200823 1290 AI	25-09 -2008
		wo 2005 11155 1 AI	24- 11-2005

US 20182993 16 AI	18- 10-20 18	CN 10873 1770 A	02- 11-20 18
		JP 2018179858 A	15- 11-20 18
		US 20182993 16 AI	18- 10-20 18

US 4373389 A	15-02 - 1983	DE 294 1652 AI	23-04 - 198 1
		GB 2060898 A	07-05 - 198 1
		US 4373389 A	15-02 - 1983

US 4166388 A	04-09 - 1979	AUCUN	
