

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
21 décembre 2023 (21.12.2023)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2023/242519 A1**

(51) Classification internationale des brevets :

G01B 1/00 (2006.01) B32B 1/08 (2006.01)  
G01B 7/16 (2006.01) H01H 3/14 (2006.01)  
G01L 1/20 (2006.01) E05F 15/44 (2015.01)  
G01L 1/22 (2006.01)

(71) Déposant : SFC SOLUTIONS AUTOMOTIVE  
FRANCE [FR/FR] ; TRANSIÈRES, 27380 CHARLEVAL  
(FR).

(72) Inventeurs : HOYAU, Pierre ; Résidence Alexandrin, 45  
Rue Saint Pierre, 76160 Darnétal (FR). FROMONT, Yann  
; 8 Boulevard Jacques Tete, 95300 Pontoise (FR). PERRIN,  
Thierry ; 3387 Rue des Canadiens, 76160 Saint-Jacques-  
sur-Darnétal (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2023/050870

(22) Date de dépôt international :

15 juin 2023 (15.06.2023)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

FR2205904 16 juin 2022 (16.06.2022) FR

(74) Mandataire : FEDIT-LORIOT ; 22 rue du Général Foy,  
75008 PARIS (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

(54) Title: POLYMERIC DEFORMATION SENSOR

(54) Titre : CAPTEUR DE DEFORMATION EN MATERIAU POLYMERE

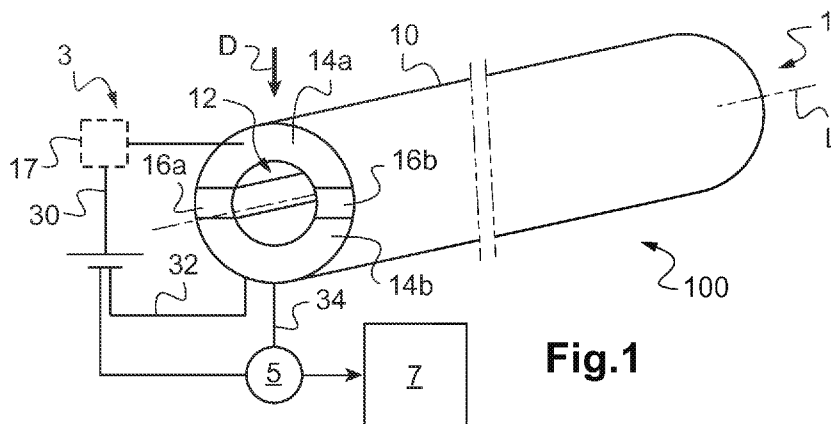


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to a tubular elastomeric sensor (1) comprising a tubular element (10) made of resilient polymer material having a cavity (12) extending along the entire length thereof, characterised in that: - the tubular element (10) consists over the entire length thereof of a first electrically conductive polymer material and a second electrically insulating polymer material, the first polymer material forming two conductive parts (14a, 14b) of the tubular element which extend at least partially opposite one another, the second polymer material forming two electrically insulating parts (16a, 16b) which extend between the two conductive parts in order to insulate them electrically; - the first polymer material has a first Shore A hardness measured according to standard ISO 48-4:2018, and the second polymer material has a second Shore A hardness measured according to the same standard, the second Shore A hardness being greater than the first Shore A hardness by at least 5 points.

(57) Abrégé : L'invention concerne un capteur élastomère tubulaire (1) comprenant un élément tubulaire (10) en matériau polymère élastique présentant une cavité (12) s'étendant sur toute sa longueur, caractérisé en ce que : - l'élément tubulaire (10) est constitué sur toute sa longueur d'un premier matériau polymère conducteur électrique et d'un deuxième matériau polymère isolant électrique, le premier matériau polymère formant deux parties conductrices (14a, 14b) de l'élément tubulaire s'étendant au moins partiellement en regard l'une de l'autre, le deuxième matériau polymère formant deux parties électriquement isolantes (16a, 16b) s'étendant entre les deux parties conductrices afin de les isoler électriquement, - le premier matériau polymère présente une première dureté Shore A mesurée

HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

---

selon la norme ISO 48-4:2018, le deuxième matériau polymère présente une deuxième dureté Shore A mesurée selon la même norme, la deuxième dureté Shore A étant supérieure de la première dureté Shore A d'au moins 5 points.

# Capteur de déformation en matériau polymère

## Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un capteur de déformation en matériau polymère élastique.

## Etat de la technique

[0002] Il est connu d'utiliser des matériaux polymères flexibles conducteurs dans des capteurs ou des interrupteurs.

[0003] Ainsi, le document JP3753773B2 décrit un interrupteur élastique de forme tubulaire. Une gaine creuse formée d'un matériau élastique isolant contient en son intérieur deux éléments en matériau élastique conducteur situés en regard l'un de l'autre et séparés d'un espace vide. Ce document enseigne d'utiliser un matériau élastique conducteur présentant une dureté (JIAS-A) de 50 à 90 et des surfaces spécifiques afin d'éviter que les éléments conducteurs restent en contact quand aucune pression n'est exercée sur la gaine. Cet interrupteur est utilisé notamment le long d'une porte ou d'un volet afin de détecter des obstacles ou d'éviter d'appliquer des pressions trop élevées sur la porte ou le volet. Un tel capteur est ainsi utilisé de manière linéaire et n'est pas adapté pour couvrir une large surface.

[0004] Les documents EP3109609 et WO2017056240A1 décrivent des capteurs de pression comprenant un matériau polymère isolant présentant une partie creuse et une pluralité de conducteurs électriques situés à distance les uns des autres à l'intérieur de la partie creuse. Chaque conducteur électrique comprend un fil métallique recouvert d'une résine électro-conductrice. Ce type de capteur n'est ainsi pas entièrement constitué de matériaux polymères. D'autres capteurs de ce type sont décrits dans les documents US2005/092061 et JP2001174348. La présence d'insert métallique à l'intérieur des parties conductrices de ces capteurs impacte la souplesse du conducteur électrique et par conséquent sa sensibilité. Elle augmente également le coût et la complexité de fabrication de ce type de capteur.

[0005] Il existe des capteurs de pression entièrement en matériau polymère, tel que celui décrit dans le document FR2564971A1 qui comprend deux armatures électriquement conductrices reliées à une source de courant et maintenues à distance l'une de l'autre à l'intérieur d'un tube creux isolant électrique déformable. Ce type de capteur est destiné à être utilisé linéairement, comme moyen de sécurité de fermeture de porte ou fenêtre. Il est ainsi configuré pour garantir un contact entre les armatures même lorsque la pression s'exerce de côté, ce qui ne permet pas une utilisation agencée en spirale du capteur.

[0006] Il existe des capteurs de pression qui peuvent être agencés en spirale, tels que celui décrit dans le document WO2020149793A1 utilisé pour contrôler la pression d'un bandage de manière continue. Le capteur est formé d'une gaine isolante compressible qui encapsule un noyau liquide conducteur électrique. Ce type de capteur est complexe et coûteux à réaliser.

[0007] Il existe donc un besoin pour un capteur en matériau polymère élastique pouvant détecter une pression exercée sur lui tout en étant agencé en spirale ou en serpent. Il existe également un besoin pour un capteur pouvant être utilisé à la fois comme interrupteur et comme un capteur apte à détecter une amplitude de la pression exercée.

**Description détaillée**

[0008] A cet effet, l'invention propose un capteur élastomère tubulaire comprenant un élément tubulaire en matériau polymère élastique présentant une cavité s'étendant sur toute sa longueur, caractérisé en ce que :

- 5 - l'élément tubulaire est constitué sur toute sa longueur d'un premier matériau polymère conducteur électrique et d'un deuxième matériau polymère isolant électrique, le premier matériau polymère formant deux parties conductrices de l'élément tubulaire s'étendant au moins partiellement en regard l'une de l'autre, le deuxième matériau polymère formant deux parties électriquement isolantes s'étendant entre les deux parties conductrices afin de les isoler électriquement,
- 10 - le premier matériau polymère présente une première dureté Shore A mesurée selon la norme ISO 48-4:2018, le deuxième matériau polymère présente une deuxième dureté Shore A mesurée selon la norme ISO 48-4:2018, la deuxième dureté Shore A étant supérieure de la première dureté Shore A d'au moins 5 points, de préférence d'au moins 10 points, optionnellement de 5
- 15 à 50 points, de 10 à 40 points ou de 10 à 30 points, ou d'une valeur comprise dans tout intervalle défini par deux quelconques des limites précitées.

[0009] L'élément tubulaire selon l'invention est ainsi réalisé entièrement en matériaux polymères, sans insert métallique, de sorte qu'il peut être réalisé de manière simple et peu coûteuse. En réalisant un élément tubulaire constitué uniquement de deux types de matériaux élastomères

20 dont l'un est conducteur électrique et l'autre non, un capteur de conception très simple peut être réalisé. De plus, le fait que la cavité interne de l'élément tubulaire s'étende de manière continue sur toute la longueur de l'élément tubulaire permet d'obtenir un capteur relativement sensible.

[0010] Le capteur selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques décrites ci-après.

25 [0011] Le capteur selon l'invention présente deux parties conductrices : la détection d'une pression exercée sur le capteur résulte non pas de la mesure d'une pression de gaz à l'intérieur de l'élément tubulaire mais par une mesure de tension entre les parties conductrices du capteur qui va varier en fonction des déformations subies par l'élément tubulaire engendrant une mise en contact des parties conductrices. L'élément tubulaire peut ainsi être fermé ou non à ses extrémités.

30 [0012] La cavité de l'élément tubulaire peut s'étendre de manière continue (une unique cavité) ou discontinue (plusieurs cavités ne communiquant pas entre elles) sur toute la longueur de l'élément tubulaire. Toutefois, pour une meilleure précision de mesure, cette cavité s'étend de préférence de manière continue sur toute la longueur de l'élément tubulaire.

35 [0013] La réalisation d'un capteur élastomère tubulaire comportant des matériaux polymères élastiques aux propriétés de dureté susmentionnées permet de réaliser un capteur élastomère tubulaire de relativement grande longueur (au moins 10-20 cm) et de l'agencer en spirale ou en serpentín sans que cet agencement ne provoque un contact entre les parties conductrices. Ainsi, un unique capteur élastomère tubulaire selon l'invention peut être agencé en spirale ou

40 en serpentín sur une surface et permettre la détection d'une pression exercée en différents points de cette surface. L'utilisation d'un unique capteur permet de simplifier la réalisation d'un

système de capteur de déformation (un seul circuit électrique nécessaire, de même qu'un seul module de détection et un seul module de traitement des données). De plus, le capteur élastomère tubulaire étant réalisé entièrement en matériau polymère, il peut être réalisé de manière très simple, à faible coût, par moulage ou extrusion ou calendrage.

5 [0014] Avantageusement, afin de protéger l'élément tubulaire, le capteur élastomère tubulaire peut comprendre une gaine flexible constituée d'un troisième matériau polymère élastique isolant électriquement entourant l'élément tubulaire sur toute sa longueur, et présentant optionnellement une épaisseur inférieure à une épaisseur des parties conductrices de l'élément tubulaire. Ce troisième matériau polymère peut être identique ou non au deuxième matériau polymère, de préférence identique pour faciliter la fabrication du capteur. Dans un mode de réalisation  
10 particulier, le deuxième matériau polymère de l'élément tubulaire peut faire partie de la gaine : dans ce cas, l'épaisseur de l'élément tubulaire peut ne pas être constante sur toute sa section transversale, notamment, l'épaisseur du matériau polymère élastique isolant peut être supérieure à l'épaisseur des parties conductrices.

15 [0015] Avantageusement, le troisième matériau polymère peut présenter une troisième dureté Shore A supérieure à la première dureté Shore A d'au moins 5 points, optionnellement de 5 à 50 points, de 10 à 40 points ou de 10 à 30 points, ou d'une valeur comprise dans tout intervalle défini par deux quelconques des limites précitées. Avantageusement, la troisième dureté Shore A peut être identique ou inférieure à la deuxième dureté Shore A. Alternativement,  
20 on peut réaliser la gaine flexible en un matériau présentant une dureté Shore A plus élevée que celle du deuxième matériau polymère, il est alors préférable que l'épaisseur de la gaine flexible soit inférieure à l'épaisseur du deuxième matériau polymère et/ou du premier matériau polymère.

[0016] Le capteur élastomère tubulaire selon l'invention peut ainsi être constitué de l'élément tubulaire seul ou de l'élément tubulaire entouré de la gaine flexible. Il est notamment  
25 dépourvu d'insert métallique.

[0017] Avantageusement, chaque matériau polymère élastique peut présenter une dureté Shore A mesurée selon la norme ISO 48-4 :2018 qui est de 40 à 90 points, de préférence de 50 à 90 points, davantage de préférence de 60 à 85 points, de manière encore plus préférée de 70 à 90 ou de 70 à 80 points, ou comprise dans un intervalle défini par deux quelconques des  
30 limites précédentes. En particulier, on pourra mesurer selon la norme ISO 48-4 :2018 la dureté Shore A stabilisée dont la mesure est prise après 3 secondes d'application d'une force. On rappelle que la dureté Shore A est une échelle de mesure de 0 à 100 et dont les valeurs varient le plus souvent de 25 à 95 points.

35 [0018] Typiquement, pour de telles différences de duretés Shore A, le deuxième matériau polymère, et optionnellement le troisième matériau polymère, peuvent présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, éventuellement les trois :  
(i) un allongement à la rupture supérieur à l'allongement à la rupture du premier matériau polymère,  
40 (ii) une contrainte à la rupture inférieure à celle du premier matériau polymère,  
(iii) une contrainte à 100% d'allongement supérieure à celle du premier matériau polymère.

[0019] L'allongement à la rupture du deuxième matériau, optionnellement du troisième matériau, pourra être supérieur à l'allongement à la rupture du premier matériau d'au moins 5% ou d'au moins 8% ou d'au moins 10%, par exemple de 5 à 15% ou de 8 à 15%. Notamment, chaque matériau polymère peut présenter un allongement à la rupture de 350 à 500%.

5 [0020] La contrainte à la rupture du deuxième matériau, optionnellement du troisième matériau, peut être inférieure à celle du premier matériau de 2 à 7Mpa, de préférence de 2,5 à 6 Mpa ou de 3 à 5Mpa. Notamment, chaque matériau polymère peut présenter une contrainte à la rupture de 5 à 15Mpa, de préférence de 6 à 13Mpa.

10 [0021] La contrainte à 100% d'allongement du deuxième matériau, optionnellement du troisième matériau, peut être supérieure à celle du premier matériau de 0,5 à 5Mpa ou de 0,5 à 3 Mpa ou de 0,5 à 2Mpa. Notamment, chaque matériau polymère peut présenter une contrainte à 100% d'allongement de 2 à 7 Mpa, de préférence de 3 à 6 Mpa.

15 [0022] Les mesures d'allongement à la rupture, de contrainte à la rupture et de contrainte à 100% d'allongement peuvent être effectuées selon la norme ISO 37-2017, type 2 (500mm/min), notamment à 23°C.

[0023] De manière générale, par « matériau polymère élastique », on entend un matériau élastique capable de revenir à sa forme initiale à la suite d'une déformation. Typiquement, un matériau est dit élastique lorsqu'il se rétracte en 1 minute à moins de 1,5 fois sa longueur d'origine après avoir été étiré à température ambiante (18 à 29 °C) à deux fois sa longueur d'origine et maintenu pendant 1 minute avant libération.

20 [0024] Avantagusement, le premier matériau polymère élastique conducteur peut comprendre une matrice en matériau polymère élastique isolant à laquelle on a ajouté une charge conductrice. Le matériau polymère élastique isolant de la matrice peut être choisi parmi du caoutchouc, du caoutchouc synthétique (aussi appelé « EPDM » pour « Ethylène Propylène Diène Monomère »), du polypropylène (PP), du polyéthylène (PE), du poly(styrene-butadiene-styrene) (SBS), du poly(styrene-ethylene-butadiene-styrene) (SEBS), de l'acide polylactique, du silicone, du polyuréthane et un élastomère thermoplastique. L'élastomère thermoplastique (aussi appelé « TPE ») comprend typiquement un composant élastomère et un composant rigide (généralement un bloc thermoplastique). Un élastomère thermoplastique peut être un mélange physique de polymères ou encore un copolymère bloc (polyamides, polyéther-esters, polystyrols, polyuréthanes). Les élastomères thermoplastiques qui sont des mélanges physiques de polymères peuvent être des mélanges de polyoléfines, tels que les mélanges PP/EPDM (PP : polypropylène) ou des mélanges vulcanisés dynamiquement. Les élastomères thermoplastiques qui sont des copolymères blocs peuvent être des copolymères à blocs styréniques (SBC), des copolymères à blocs polyamide/élastomère (COPA), des copolymères à blocs polyéther ester/élastomère (COPE) et des copolymères à blocs polyuréthane/élastomère (TPU). Le composant élastomère peut être du polybutadiène, du poly(éthylène-co-alcène), du polyisobutylène, du poly(oxyéthylène), du poly(ester), du polysiloxane ou n'importe quel élastomère, tandis que le composant rigide (thermoplastique) peut être du polystyrène, du poly(méthacrylate de méthyle), de l'uréthane, de l'ionomère – poly(éthylène-co-acide acrylique) (sel de sodium, de Mg ou de Zn), du monomère éthylène-propylène-diène et des fluoropolymères.

30  
35  
40

[0025] La charge conductrice peut comprendre des poudres et/ou des fibres, qui peuvent être métalliques ou contenir (ou être formées par) du carbone (noir de carbone, graphite, ou similaire). Le taux de la charge conductrice dans la matrice polymère pourra être choisi de manière à obtenir un matériau polymère conducteur présentant une résistivité volumique électrique suffisamment faible pour assurer un bon fonctionnement du capteur et suffisamment élevée pour permettre une détection d'un changement de tension ou de résistance provoqué par une variation de la surface de contact entre les parties conductrices. Typiquement, le premier matériau polymère conducteur pourra présenter une résistivité volumique électrique d'au plus  $10^6$  Ohm.cm et d'au moins  $10^2$  Ohm.cm. La résistivité volumique électrique peut par exemple être mesurée suivant la méthode décrite au paragraphe 3.3 du document VOLKSWAGEN PV1015 (04/2015).

[0026] Le matériau polymère élastique isolant formant le deuxième matériau polymère ou le troisième matériau polymère, peut être choisi parmi l'un des matériaux polymères élastiques isolants listés ci-dessus. Il pourra être identique ou non à la matrice de matériau polymère isolant du matériau polymère conducteur. En particulier, des matériaux polymères de la même famille de matériau polymère pourront être utilisés pour les différents matériaux polymères, ces matériaux polymères présentant éventuellement des masses molaires différentes. Typiquement, le matériau polymère élastique isolant, formant la matrice du premier matériau polymère, le deuxième matériau polymère ou le troisième matériau polymère, pourra présenter une résistivité électrique volumique d'au moins  $10^8$  Ohm.cm.

[0027] Notamment, la matrice en matériau polymère élastique isolant, le deuxième matériau polymère, et optionnellement le troisième matériau polymère, peuvent être choisis indépendamment les uns des autres parmi la liste de matériaux polymères élastiques isolants précités.

[0028] Avantageusement, la cavité de l'élément tubulaire peut présenter une dimension interne minimale, mesurée dans un plan perpendiculaire à la direction longitudinale du capteur, de 0,1 mm à 3 mm, de préférence de 0,3 à 2,5mm. Cette dimension interne correspond notamment à la distance minimale séparant les parties conductrices de l'élément tubulaire dans la cavité, en section transversale. Elle pourra notamment être choisie par l'homme du métier en fonction de la sensibilité souhaitée du capteur pour une forme donnée. La dimension interne maximale de la cavité, et notamment la dimension interne maximale séparant les parties conductrices, pourra être de 2 mm à 25 mm, de préférence de 2 à 20mm.

[0029] Les dimensions externes de l'élément tubulaire, mesurées dans un plan perpendiculaire à la direction longitudinale du capteur, peuvent être de 1 mm à 35 mm ou de 1,2 mm à 20 mm. Un capteur de relativement faibles dimensions en section transversale peut ainsi être réalisé, sa longueur pouvant aller de 10-20cm à plusieurs mètres.

[0030] Quels que soient les matériaux utilisés, l'épaisseur de la paroi de l'élément tubulaire peut avantageusement être de 0,4 mm à 10mm, de préférence de 0,4 à 6 mm ou comprise dans un intervalle défini par deux de ces limites. Généralement, cette épaisseur est élevée pour des éléments tubulaires de grandes dimensions et faible pour des éléments tubulaires de plus faibles dimensions.

[0031] L'élément tubulaire du capteur peut présenter différentes formes de section

transversale, cette dernière pouvant être rectangulaire, trapézoïdale, circulaire, ovale, en forme de demi-cercle ou en forme de demi-ovale.

[0032] L'élément tubulaire peut présenter une épaisseur constante en tout point de sa périphérie et sur toute sa longueur. Alternativement, l'une des parties conductrices de l'élément tubulaire peut présenter, du côté de la cavité, une nervure longitudinale augmentant localement l'épaisseur de l'élément tubulaire. La dimension minimale de la cavité mentionnée plus haut correspond alors à la distance séparant la nervure de l'autre partie conductrice.

[0033] Pour limiter davantage les risques de contact involontaire des parties conductrices de l'élément tubulaire lors de sa mise en forme en spirale ou en serpent, l'élément tubulaire peut comprendre au moins une des caractéristiques suivantes :  
(i) chaque partie électriquement isolante s'étend sur une longueur de la périphérie de l'élément tubulaire, mesurée dans un plan transversal à la direction longitudinale de l'élément tubulaire, qui est de 0,5 à 3 fois une épaisseur minimale de l'élément tubulaire,  
(ii) chaque partie électriquement isolante s'étend sur une longueur de la périphérie de l'élément tubulaire, mesurée dans un plan transversal à la direction longitudinale de l'élément tubulaire, qui est de 0,2 à 6 fois une dimension interne minimale de la cavité.

[0034] Avantageusement, les parties conductrices de l'élément tubulaire peuvent s'étendre suivant une direction rectiligne, parallèle à la direction longitudinale de l'élément tubulaire. Ceci peut également limiter les risques de contact involontaires.

[0035] Avantageusement, le capteur élastomère tubulaire selon l'invention peut comprendre un méplat s'étendant sur toute sa longueur le long de l'une des parties conductrices. Ce méplat est notamment réalisé sur une face externe du capteur. Ainsi, selon la configuration du capteur, l'élément tubulaire ou la gaine peut présenter ce méplat. Ceci permet d'éviter un mauvais positionnement du capteur par rapport à un support. Le capteur selon l'invention permet en effet de détecter une pression exercée sur lui lorsque ses parties conductrices sont mises en contact par écrasement de la cavité, c'est-à-dire quand on exerce une pression suivant une direction qui permet de rapprocher les deux parties conductrices. Les parties conductrices ne s'étendant pas sur toute la périphérie interne de la cavité, elles peuvent entrer en contact lorsqu'une pression est exercée sur le capteur suivant une direction permettant ce contact.

[0036] Afin de détecter une pression exercée sur lui, le capteur doit donc être positionné sur un support avec l'une de ses parties conductrices en contact direct (ou indirect via la gaine) avec le support de sorte qu'une force exercée perpendiculairement ou sensiblement perpendiculairement au support permette de rapprocher les parties conductrices. Le méplat peut être réalisé sur toute la largeur de la partie conductrice (mesurée perpendiculairement à la direction longitudinale de l'élément tubulaire et perpendiculairement à la direction de rapprochement des parties conductrices) ou sur une partie de sa largeur (de préférence alors centrée sur le milieu de la partie conductrice dans le sens de sa largeur).

[0037] L'invention concerne également un agencement de capteur élastomère tubulaire comprenant un support en matériau polymère électriquement isolant et un capteur élastomère tubulaire selon l'invention. Selon l'invention, le support présente une face de support, généralement plane, et le capteur élastomère tubulaire est disposé sur la face de support en spirale



et/ou en serpentin, l'une de ses parties conductrices s'étendant en regard de la face de support (dirigée vers celle-ci). Notamment, l'espace entre des portions adjacentes du capteur élastomère tubulaire peut être de 5mm à 1 mètre. Généralement, plus les dimensions externes de l'élément tubulaire du capteur seront grandes, plus cet espace sera grand. On comprend ainsi que l'on peut couvrir une grande partie de la surface du support avec le capteur élastomère tubulaire. Ainsi, la partie conductrice peut reposer directement sur la face de support en absence de gaine ou la gaine peut être interposée entre cette face de support et la partie conductrice lorsqu'elle est présente. En raison de la configuration particulière du capteur élastomère tubulaire (possibilité de réaliser un capteur de grande longueur), l'agencement selon l'invention peut comprendre un unique capteur élastomère tubulaire pour recouvrir la face de support.

[0038] Le capteur élastomère tubulaire peut avantageusement être assemblé au support par un ou plusieurs des moyens suivants : (i) des agrafes, (ii) des brides, (iii) de la colle, (iv) une bande adhésive, notamment une bande adhésive double face et/ou une bande adhésive repositionnable, (v) une bande de type Velcro®, (vi) emboîtement de l'élément tubulaire dans une rainure du support, (vii) couture et (viii) fusion.

[0039] Avantageusement, lorsque le capteur élastomère tubulaire comprend un méplat s'étendant sur toute sa longueur le long de l'une des parties conductrices, c'est le méplat du capteur élastomère tubulaire qui repose sur la face de support. Ceci peut permettre de faciliter la fixation du capteur au support tout en assurant un bon positionnement du capteur par rapport au support.

[0040] Notamment, le support en matériau polymère peut être une plaque flexible ou rigide en matériau polymère électriquement isolant. Le matériau polymère pourra être choisi parmi les matériaux polymères électriquement isolants listés plus haut, et aussi parmi l'acrylonitrile butadiène styrène (ABS), le polyéthylène téréphtalate glycol (PETG), ou tout autre polymère pouvant servir de support selon l'utilisation souhaitée.

[0041] L'agencement de capteur élastomère tubulaire peut en outre comprendre une couche de recouvrement en matériau polymère élastique recouvrant le capteur élastomère tubulaire et au moins la face de support, voire la totalité du support. Le matériau polymère élastique utilisé est alors de préférence isolant électrique, par exemple choisi parmi ceux précédemment listés. Cette couche de recouvrement permet de protéger le capteur élastomère tubulaire. L'agencement de capteur élastomère tubulaire peut alors former un tapis de détection ou autre.

[0042] L'invention concerne également un système de capteur de déformation comprenant :  
- un capteur élastomère tubulaire ou un agencement de capteur élastomère tubulaire selon l'invention,

- un circuit électrique connecté électriquement aux parties conductrices de l'élément tubulaire du capteur élastomère tubulaire, ce circuit électrique étant fermé lorsque les parties conductrices sont en contact au travers de la cavité et ouvert lorsque les parties conductrices ne sont pas en contact,

- un module de détection optionnel relié au circuit électrique et configuré pour générer un signal représentatif de la valeur d'une tension mesurée entre les parties conductrices,

- un module de traitement relié au circuit électrique et configuré pour :

(a1) générer un signal lorsqu'une tension du circuit électrique est supérieure à une valeur seuil, - ou un module de traitement relié au module de détection (5) et configuré pour :  
(a2) recevoir le signal généré par le module de détection et déterminer une valeur mesurée (i) de tension ou (ii) de résistance, et  
5 (b1) déterminer, à partir de la valeur mesurée (i) de tension ou (ii) de résistance, si une pression est exercée sur le capteur élastomère tubulaire, puis générer un signal de détection d'une pression lorsqu'une pression est exercée, ou  
(b2) déterminer, à partir de la valeur mesurée (i) de tension ou (ii) de résistance, au moins une information de position d'une pression exercée sur le capteur élastomère tubulaire,  
10 et optionnellement une information proportionnelle à une amplitude de la pression exercée sur le capteur élastomère tubulaire, puis générer un signal représentatif d'une information de position, et optionnellement un signal représentatif d'une information d'amplitude de pression.

[0043] Le module de traitement peut être relié directement au circuit électrique, sans module de détection.

15 [0044] Alternativement, le module de traitement peut être relié au module de détection.

[0045] Lorsque le module de traitement est configuré pour mettre en œuvre l'étape (a1) ou les étapes (a2) et (b1), il fonctionne alors de manière similaire à un interrupteur. Lorsqu'il est configuré pour mettre en œuvre les étapes (a2) et (b2), il fonctionne alors de manière similaire à un détecteur de position et optionnellement à un détecteur de la pression exercée en un point  
20 donné du capteur.

[0046] Le système de capteur de déformation de l'invention peut être mis en œuvre avec un unique capteur élastomère tubulaire ou avec un agencement de capteur élastomère tubulaire comprenant un unique capteur élastomère tubulaire, et ne nécessite alors qu'un seul circuit électrique, le cas échéant un seul module de détection, et un seul module de traitement.

25 [0047] Dans un mode de réalisation, le module de traitement relié au module de détection peut être configuré pour :  
(b1) comparer la valeur mesurée (i) de tension ou (ii) de résistance avec une valeur seuil et déterminer qu'une pression est exercée sur le capteur élastomère tubulaire lorsque la valeur mesurée est supérieure à la valeur seuil.

30 [0048] Dans un mode de réalisation, le module de traitement relié au module de détection peut être configuré pour :  
(b2) comparer la valeur mesurée (i) de tension ou (ii) de résistance avec une pluralité de valeurs de référence, chaque valeur de référence correspondant à une tension mesurée, ou à une résistance mesurée, en une position spécifique de la longueur du capteur élastomère tubulaire, optionnellement pour une pression exercée d'une amplitude prédéterminée, puis déterminer l'information de position de la pression exercée sur le capteur élastomère tubulaire, optionnellement l'information d'amplitude de la pression exercée.  
35

[0049] Le circuit électrique peut comporter trois fils conducteurs électriques : deux fils conducteurs reliés chacun à l'une des parties conductrices et à une alimentation électrique, et  
40 un troisième fil conducteur de mesure reliant l'une des parties conductrices au module de détection ou au module de traitement. Le module de détection ou le module de traitement est

également relié au pôle négatif de l'alimentation électrique : la tension est ainsi mesurée par rapport à ce pôle négatif.

[0050] Le module de détection peut être un module de mesure de la tension, tel qu'un volt-mètre numérique, par exemple un convertisseur analogique numérique (« CAN » ou « ADC » en anglais pour « analog to digital converter »).

[0051] Le module de détection peut notamment être intégré au module de traitement.

[0052] Lorsque le module de traitement est relié directement au circuit électrique, il peut alors comprendre un élément tel qu'un amplificateur opérationnel, par exemple configuré pour générer un signal (par exemple pour laisser passer le courant) lorsque la tension du circuit électrique est supérieure à une valeur seuil. Alternativement, le module de traitement peut comprendre d'autres types de composants électroniques tel qu'un transistor. On peut alors choisir un transistor présentant un seuil de détection défini qui génère un signal lorsque la tension du circuit électrique est supérieure à ce seuil de détection.

[0053] Lorsqu'il est relié au module de détection, le module de traitement peut comprendre un ou plusieurs processeurs, par exemple des microprocesseurs ou microcontrôleurs. Le ou les processeurs peuvent avoir des moyens de stockage qui peuvent être une mémoire vive (RAM), une mémoire morte programmable effaçable électriquement (EEPROM), une mémoire flash, une mémoire externe ou autre. Ces moyens de stockage peuvent, entre autres, stocker une base de données ou un programme. Le module de traitement peut être configuré pour recevoir et/ou transmettre des données, notamment à un dispositif d'affichage ou un système électronique distinct. Il peut être spécifiquement programmé à cet effet ou comprendre des moyens de communication, optionnellement bidirectionnels, avec le module de détection.

[0054] Quel que soit le mode de réalisation, le module de traitement peut en outre comprendre des moyens de communication, par exemple des interfaces de sortie ou d'entrée/sortie. Il peut s'agir d'interfaces de communication sans fil (Bluetooth, WIFI ou autre) ou des connecteurs (port réseau, port USB, port série, port Firewire®, port SCSI ou autre) pour communiquer avec des systèmes électroniques, tels qu'un ordinateur, un système électronique de contrôle d'un robot, un système électronique de contrôle d'un outil de réalité virtuelle ou tout autre système électronique de contrôle.

### **Description des figures**

[0055] L'invention est maintenant décrite en référence aux dessins annexés, non limitatifs, dans lesquels :

[0056] La figure 1 représente un système de capteur de déformation comprenant un capteur élastomère tubulaire selon un mode de réalisation de l'invention.

[0057] Les figures 2 à 6 sont des vues en coupe transversale d'un capteur de déformation selon différents modes de réalisation.

[0058] Les figures 7 et 8 sont des vues en perspectives d'agencement de capteur élastomère tubulaire selon différents modes de réalisation.

[0059] Sur les figures, les mêmes références désignent les mêmes éléments.

[0060] La figure 1 représente un capteur élastomère tubulaire 1 comprenant un élément tubulaire 10 en matériau polymère élastique présentant une cavité 12 s'étendant sur toute sa

longueur. Le capteur 1 selon l'invention est conçu pour présenter une longueur assez longue, typiquement supérieure à 10-20 cm et pouvant atteindre 2 à 5 mètres. Il peut ainsi être agencé en spirale ou en serpentín sur un support, tel que décrit plus bas, pour couvrir une surface.

[0061] Le capteur élastomère tubulaire 1 selon l'invention présente ainsi une longueur, mesurée suivant sa direction longitudinale L, très supérieure aux dimensions de sa section transversale (prise perpendiculairement à sa direction longitudinale L). La longueur du capteur est typiquement au moins 5 fois plus grande, le plus souvent au moins 100, voire au moins 500 fois ou au moins 1000 fois plus grande que sa largeur ou sa hauteur mesurées dans sa section transversale.

[0062] La cavité 12 de l'élément tubulaire présente typiquement une dimension interne minimale, mesurée dans un plan perpendiculaire à la direction longitudinale du capteur, de 0,1 mm à 3 mm, de préférence de 0,3 à 2,5mm.

[0063] En général, l'épaisseur de l'élément tubulaire 10, définie comme l'épaisseur de matériau s'étendant depuis une face interne de l'élément tubulaire définissant la cavité jusqu'à une face externe de l'élément tubulaire et mesurée en section transversale, peut être de 0,4 à 10mm, de préférence de 0,4 à 6 mm.

[0064] L'élément tubulaire est constitué sur toute sa longueur d'un premier matériau polymère conducteur électrique et d'un deuxième matériau polymère isolant électrique. Le premier matériau polymère forme deux parties conductrices 14a, 14b de l'élément tubulaire s'étendant en regard l'une de l'autre. Le deuxième matériau polymère s'étend entre les deux parties conductrices 14a, 14b afin de les isoler électriquement. Le deuxième matériau polymère forme ainsi deux parties électriquement isolantes 16a, 16b, chacune s'étendant entre deux parties conductrices 14a, 14b afin de les séparer. En outre, le premier matériau polymère présente une première dureté Shore A mesurée selon la norme ISO 48-4 :2018, le deuxième matériau polymère présente une deuxième dureté Shore A mesurée selon la norme 48-4 :2018, et la deuxième dureté Shore A est supérieure de la première dureté Shore A d'au moins 5 points, optionnellement de 5 à 50 points, , tel que précédemment expliqué. Les matériaux utilisables et leurs propriétés élastiques peuvent être tel que précédemment décrit.

[0065] A titre d'exemple, on pourra utiliser comme matériaux des matériaux présentant les caractéristiques rassemblées table 1. On pourra par exemple utiliser, un premier matériau polymère comprenant une matrice en caoutchouc ou en EPDM, et un deuxième matériau polymère en caoutchouc ou en EPDM. L'invention n'est toutefois pas limitée à un type de matériau polymère élastique, pourvu que les matériaux choisis présentent des duretés Shore A tel que précédemment décrit.

[0066] Table 1

| Norme | Propriété | Unité | Premier matériau polymère | Deuxième matériau polymère |
|-------|-----------|-------|---------------------------|----------------------------|
|-------|-----------|-------|---------------------------|----------------------------|

|                                         |                                       |        |     |     |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------|-----|-----|
| ISO 48-4:2018                           | Dureté Shore A (3 sec.)               | Points | 72  | 85  |
| ISO 37 :2017<br>Type 2<br>500<br>mm/min | Contrainte à la rupture à 23°C        | Mpa    | 11  | 7,5 |
|                                         | Allongement à la rupture à 23°C       | %      | 400 | 440 |
|                                         | Contrainte à 100% d'élongation à 23°C | Mpa    | 4   | 5   |

[0067] Cet arrangement particulier des parties conductrices et isolantes ainsi que leurs différences d'élasticité caractérisées notamment par leur dureté Shore A permettent d'agencer le capteur 1 en serpentín et/ou en spirale sans provoquer de contact entre les parties conductrices résultant de cette mise en forme en serpentín et/ou spirale.

[0068] Dans l'exemple représenté figure 1, le capteur 1 fait partie d'un système de capteur de déformation 100 comprenant en outre un circuit électrique 3, un module de détection 5 et un module de traitement 7.

[0069] Le circuit électrique 3 est connecté électriquement aux parties conductrices 14a, 14b de l'élément tubulaire 10 du capteur 1. Ce circuit électrique 3 est ainsi fermé lorsque les parties conductrices 14a, 14b sont en contact au travers de la cavité 12 (suite à l'exercice d'une pression suivant une direction D rapprochant les parties conductrices jusqu'à ce qu'elles se touchent) et ouvert lorsque les parties conductrices 14a, 14b ne sont pas en contact (cas représenté figure 1).

[0070] Le circuit électrique 3 comporte trois fils conducteurs électriques : deux fils conducteurs 30, 32 reliés chacun à l'une des parties conductrices 14a, 14b, et à une alimentation électrique 15, dont l'un est un fil conducteur 30 relié à la borne positive de l'alimentation électrique 15 et l'autre est un fil conducteur 32 relié à la borne négative de l'alimentation électrique 15. Le circuit électrique comprend un troisième fil conducteur 34 de mesure qui relie l'une des parties conductrices, ici la partie conductrice 14b, au module de détection 5, lequel est également relié au pôle négatif de l'alimentation électrique 15.

[0071] Tel que déjà expliqué, le module de détection 5 est configuré pour générer un signal représentatif de la valeur d'une tension mesurée entre les parties conductrices. On pourra en particulier utiliser un CAN présentant une résolution plus ou moins élevée pour une sensibilité plus ou moins importante de la mesure. Par exemple, un CAN 12 bits permet de fournir un signal numérique de 0 à  $2^{12}=4095$ . Lorsque le CAN mesure une tension en entrée maximale, le signal numérique émis par le CAN sera de 4095. Pour toute valeur de tension intermédiaire entrant dans le CAN, le signal numérique émis aura donc une valeur comprise entre 0 et 4095. La tension mesurée par le CAN sera d'autant plus élevée que la surface de contact des parties conductrices sera grande.

[0072] Ainsi, lorsque les parties conductrices entrent en contact l'une avec l'autre, l'intensité du signal généré par le module de détection va augmenter au fur et à mesure que la surface

de contact entre les parties conductrices augmente. Autrement dit, l'intensité du signal est proportionnelle à la surface en contact des parties conductrices et par conséquent à la tension mesurée entre les parties conductrices du capteur de déformation. Cette relation entre l'intensité du signal généré par le module de traitement et la surface de contact des parties conductrices résulte du fait que les parties conductrices présentent une résistivité volumique électrique suffisamment élevée pour que le changement de tension provoqué par une variation de la surface de contact entre les parties conductrices puisse être détectée par le module de détection. Les matériaux polymères conducteurs ont en général une résistivité volumique de  $10^4$  Ohm.cm ou plus. Des matériaux polymères conducteurs utilisables dans la présente invention peuvent présenter une résistivité volumique de  $10^2$  Ohm.cm à  $10^6$  Ohm.cm

[0073] Le module de traitement 7 est quant à lui configuré (programmé) pour :

[0074] (a2) recevoir le signal généré par le module de détection et déterminer une valeur mesurée (i) de tension, et optionnellement la valeur mesurée (ii) de résistance, et

[0075] (b1) déterminer, à partir de la valeur mesurée (i) de tension ou (ii) de résistance, si une pression est exercée sur le capteur élastomère tubulaire, puis générer un signal de détection d'une pression lorsqu'une pression est exercée, ou

[0076] (b2) déterminer, à partir de la valeur mesurée de tension (i) ou de résistance (ii), au moins une information de position d'une pression exercée sur le capteur élastomère tubulaire, et optionnellement une information proportionnelle à une amplitude de la pression exercée sur le capteur élastomère tubulaire, puis générer un signal représentatif d'une information de position, et optionnellement un signal représentatif d'une information d'amplitude de pression.

[0077] La détermination de la valeur de résistance mesurée au cours de l'étape (a2) peut comprendre l'utilisation d'une résistance de référence, qui est une résistance physique réelle de valeur connue montée dans le circuit électrique entre le pôle positif de l'alimentation électrique 15 et l'une des parties conductrices. La valeur de résistance mesurée  $R_m$  (qui correspond à la résistance de la partie conductrice à laquelle est connectée le fil conducteur de mesure) est alors déterminée à partir de la valeur  $U_i$  de tension mesurée du circuit électrique (tension entre le fil conducteur de mesure 34 et le pôle négatif de l'alimentation électrique 15), d'une tension d'alimentation  $U$  (mesurée entre le fil conducteur 30 et le fil conducteur 32), et de la résistance  $R_f$  de la résistance de référence 17. En utilisant la formule d'un pont diviseur de tension  $U_i = U \cdot R_m / (R_m + R_f)$ , on peut alors déterminer  $R_m$ .

[0078] L'étape (b1) est généralement mise en œuvre par comparaison de la valeur de tension mesurée ou de la valeur de résistance mesurée avec une valeur seuil. Cette valeur seuil peut être déterminée par expérimentation, en fonction du seuil de détection souhaité, lequel peut varier selon l'utilisation finale. On notera que ce seuil dépendra de la forme et des matériaux du capteur tubulaire élastomère : plus les matériaux seront rigides, plus le seuil sera élevé. En outre, plus la cavité interne sera de faibles dimensions, plus le seuil sera faible. On comprend ainsi qu'en choisissant les matériaux et les dimensions de la cavité, l'homme du métier peut réaliser des capteurs présentant différents seuils de détection.

[0079] Le module de traitement 7 est alors configuré pour déterminer qu'une pression est

exercée sur le capteur élastomère tubulaire lorsque la valeur mesurée est supérieure à la valeur seuil.

[0080] L'étape (b2) est généralement mise en œuvre par comparaison de la valeur de tension mesurée ou de la valeur de résistance mesurée avec une pluralité de valeurs de référence, chaque valeur de référence correspondant à une tension mesurée, ou à une résistance mesurée, en une position spécifique de la longueur du capteur élastomère tubulaire, optionnellement pour une pression exercée d'une amplitude prédéterminée. Le module de traitement 7 est alors configuré pour déterminer l'information de position de la pression exercée sur le capteur élastomère tubulaire, optionnellement l'information d'amplitude de la pression exercée.

[0081] On pourra par exemple établir préalablement une base de données de ces valeurs de référence, typiquement par expérimentation. Cette base de données peut par exemple être établie lors d'une opération de calibration au cours de laquelle on enregistre les signaux générés par le capteur en différentes positions de référence de sa longueur, et éventuellement, pour différentes amplitudes de pression exercées en ces différentes positions de référence. Ainsi, la base de données associe, à chaque position de référence, et éventuellement pour chaque amplitude de pression exercée en cette position de référence, un signal généré par le module de détection. Les positions de référence peuvent être réparties régulièrement sur la longueur du capteur. Le module de traitement 7 est alors configuré, notamment programmé, pour extraire de cette base de données une information de position de la pression exercée (identifiant la position de référence), et optionnellement une information d'amplitude de la pression exercée.

[0082] Cette base de données pourra notamment être établie par l'utilisateur, le capteur étant agencé en spirale et/ou en serpentins sur un support.

[0083] Alternativement, le système de capteur de déformation peut comprendre uniquement un module de traitement relié directement au circuit électrique, et comprenant un amplificateur opérationnel qui ne laissera passer le courant que lorsque la tension entre les fils conducteurs auxquels il est connecté (fil conducteur 32 et fil conducteur de mesure 34) est supérieure à une valeur seuil. Dans ce mode de réalisation, il n'est pas nécessaire de prévoir une résistance physique réelle 17 dans le circuit électrique.

[0084] Dans l'exemple représenté figure 1, le capteur élastomère tubulaire 1 est constitué uniquement de l'élément tubulaire. L'invention n'est toutefois pas limitée à ce mode de réalisation.

[0085] Ainsi, tel que représenté figure 2, l'élément tubulaire 10 pourrait être enrobé sur toute sa longueur d'une gaine 18. Dans ce mode de réalisation, l'épaisseur de la gaine est de préférence inférieure à l'épaisseur des parties conductrices de l'élément tubulaire, ici inférieure à l'épaisseur de l'élément tubulaire, ce dernier présentant une épaisseur constante sur toute sa périphérie. La gaine 18 est en outre réalisée en un troisième matériau polymère élastique électriquement isolant, du type déjà décrit. Sa dureté Shore A peut notamment être choisie supérieure à la dureté Shore du premier matériau. A titre d'exemple, dans le mode de réalisation de la figure 2, la distance séparant les parties conductrices peut être de 1,6 à 2 mm, l'épaisseur  $e$  des parties conductrices et isolantes peut être de 0,3 à 0,6 mm. Chaque partie isolante peut s'étendre sur une longueur de la périphérie (mesurée en section transversale) de 0,8 à 1,2 mm,

le diamètre externe de l'élément tubulaire peut être de 3,5 à 4 mm.

[0086] Dans l'exemple représenté figures 1 et 2, l'élément tubulaire 10 du capteur 1 présente une section transversale (section perpendiculaire à la direction longitudinale L du capteur) de forme circulaire, notamment sa face externe présente une section circulaire sur toute la longueur du capteur 1.

[0087] D'autres formes de section de l'élément tubulaire 10 sont néanmoins possibles, tel que représenté schématiquement sur les figures 3 à 6.

[0088] Notamment, figure 3, le capteur tubulaire 10 présente un méplat 20 s'étendant sur sa surface externe, sur toute sa longueur le long de l'une 14b des parties conductrices. La section transversale de l'élément tubulaire reste globalement circulaire, mais est plane du côté du méplat 20. Lorsque l'élément tubulaire 10 est entouré d'une gaine 18, le méplat 20' est alors réalisé sur la gaine 18. A titre d'exemple, dans le mode de réalisation de la figure 3, la distance séparant les parties conductrices (au travers de la cavité 12) peut être de 1,6 à 2 mm, l'épaisseur  $e$  des parties conductrices et isolantes peut être de 0,3 à 0,6 mm. Chaque partie isolante peut s'étendre sur une longueur  $Li$  de la périphérie (mesurée en section transversale) de 0,8 à 1,2 mm, le diamètre externe maximal de l'élément tubulaire peut être de 3,5 à 4 mm.

[0089] Dans le mode de réalisation de la figure 4, l'élément tubulaire 10 présente une section de forme hémicirculaire. L'une des parties conductrices 14b est ici plane sur toute sa longueur (formant ainsi le méplat 20 de la figure 3), et l'autre partie conductrice 14a ainsi que les parties isolantes 16a, 16b présentant une section transversale hémicirculaire. Dans cet exemple, la partie conductrice 14a opposée à la partie conductrice formant un méplat comporte, du côté de la cavité 12, une nervure longitudinale 15 augmentant localement l'épaisseur de l'élément tubulaire 10. Cette nervure 15 pourrait également être prévue sur les autres modes de réalisation décrits. Dans ce mode de réalisation, l'élément tubulaire 10 peut être enrobé d'une gaine 18 optionnelle, qui présente alors le méplat 20'. A titre d'exemple, dans le mode de réalisation de la figure 4, la distance séparant les parties conductrices au travers de la cavité peut être de 0,1 à 0,4 mm, l'épaisseur des parties conductrices et isolantes peut être de 0,6 à 1 mm. Chaque partie isolante peut s'étendre sur une longueur  $Li$  de la périphérie (mesurée en section transversale) de 0,8 à 1,2 mm, la hauteur  $h$  de l'élément tubulaire (mesurée dans la section transversale) peut être de 2,4 à 3 mm, la largeur  $L$  de l'élément tubulaire (mesurée dans la section transversale) peut être de 5 à 6 mm.

[0090] Dans le mode de réalisation de la figure 5, l'élément tubulaire 10 présente une section de forme rectangulaire. Ici, chaque partie conductrice 14a, 14b se présente sous la forme d'une bande plane séparée par les deux parties isolantes 16a, 16b qui s'étendent perpendiculairement entre elles. A noter que les parties isolantes pourraient s'étendre sur toute la hauteur de la section transversale de l'élément tubulaire 10. Ici, le méplat 20 est donc formé par la face externe de la partie conductrice, comme dans les exemples des figures 3 ou 4. Lorsque la gaine 18 optionnelle est présente, un méplat 20' est réalisé sur la gaine. A titre d'exemple, dans le mode de réalisation de la figure 5, la distance séparant les parties conductrices au travers de la cavité peut être de 0,4 à 2,5 mm, l'épaisseur  $e$  des parties conductrices et isolantes peut être de



0,4 à 5,5 mm. Chaque partie isolante peut s'étendre sur une longueur  $l_i$  de la périphérie (mesurée en section transversale) de 0,5 à 4 mm, la hauteur  $h$  de l'élément tubulaire (mesurée dans la section transversale) peut être de 1 à 6 mm, la largeur  $l$  de l'élément tubulaire (mesurée dans la section transversale) peut être de 8 à 20 mm.

5 [0091] Le mode de réalisation de la figure 6 est similaire à celui de la figure 5, mais ici les parties isolantes 16a et 16b font partie de la gaine 18. Les parties conductrices 14a et 14b sont ainsi situées partiellement en regard l'une de l'autre suivant la direction D d'exercice de la pression. La section transversale du capteur est ainsi de forme rectangulaire, de même que la section de la gaine 18, mais chaque partie conductrice présente une section en forme de L. Le  
10 méplat 20' fait ici partie de la gaine 18. Dans ce mode de réalisation, l'épaisseur de la gaine peut également être inférieure à l'épaisseur des parties conductrices.

[0092] L'invention n'est toutefois pas limitée par les formes décrites en référence aux figures 2 à 6, pourvue que les parties conductrices soient isolées électriquement l'une de l'autre par les parties isolantes et que les matériaux utilisés présentent des élasticités différentes définies par leur dureté Shore A. On pourrait notamment prévoir un élément tubulaire de section  
15 transversale trapézoïdale, ovoïde ou autre.

[0093] Les parties conductrices et isolantes peuvent en outre être définies de la manière suivante :

[0094] (i) chaque partie électriquement isolante 16a, 16b s'étend sur une longueur de la  
20 périphérie de l'élément tubulaire, mesurée dans un plan transversal à la direction longitudinale de l'élément tubulaire, qui est de 0,5 à 3 fois une épaisseur minimale de l'élément tubulaire, et/ou

[0095] (ii) chaque partie électriquement isolante 16a, 16b s'étend sur une longueur de la  
25 périphérie de l'élément tubulaire, mesurée dans un plan transversal à la direction longitudinale de l'élément tubulaire, qui est de 0,2 à 6 fois une dimension minimale de la cavité.

[0096] Le capteur élastomère tubulaire selon l'invention peut ainsi être disposé sur un support présentant une face de support plane, soit en serpent, soit en spirale ou combinant les deux arrangements.

[0097] La figure 7 représente ainsi un agencement 40 selon l'invention comportant un support 42, ici en forme de disque, sur une face de support 43 duquel est disposé un capteur 1 selon  
30 l'invention en spirale. Le capteur est positionné de sorte que l'une de ses parties conductrices (de préférence une partie conductrice présentant un méplat 20 ou le méplat 20' de la gaine 18 lorsqu'elle est présente) soit en contact avec le support. De cette manière, une pression exercée dans une direction D sensiblement perpendiculaire à la face du support recevant le capteur, peut  
35 être détectée par le capteur 1. Le capteur 1 est fixé au moyen d'agrafes 44. Ce support 42 peut notamment former un boîtier rigide lequel peut recevoir le circuit électrique 3, le module de détection 5 et le module de traitement 7. L'une des extrémités du capteur 1 (celle raccordée au circuit électrique 3) peut alors être insérée à l'intérieur du boîtier 42 via un orifice 45.

[0098] La figure 8 représente un agencement 40' selon l'invention comportant un support  
40 42', ici en forme de plaque rectangulaire, sur une face de support 43' duquel est disposé un

capteur 1 selon l'invention en serpentin. Comme dans le mode de réalisation de la figure 7, l'une des parties conductrices du capteur est en contact avec le support. Le capteur 1 est fixé au support 42' par collage. Le support 42' peut former une plaque rigide ou souple, servant par exemple de base à un tapis.

5 [0099] L'invention n'est pas limitée par ces modes de réalisation : notamment le mode de fixation du capteur au support peut être différent et plusieurs modes de fixation peuvent être combinés. L'invention n'est pas limitée non plus à une forme et épaisseur du support, ni par l'arrangement du capteur. Notamment, selon la forme du support, on peut envisager que le capteur soit agencé en spirale dans certaines zones du support et agencé en serpentin dans d'autres  
10 zones du support, ou qu'il y ait plusieurs spirales ou plusieurs serpentins.

[0100] Dans ces deux modes de réalisation, on remarque ainsi qu'avec un unique capteur il est possible de détecter une pression exercée sur quasiment toute la surface du support, notamment une pression exercée par un pied ou une main.

[0101] Quel que soit le mode de fixation du capteur et l'arrangement de celui-ci en serpentin et/ou spirale, l'agencement peut comprendre une couche de recouvrement 46 en matériau polymère élastique recouvrant le capteur élastomère tubulaire 1 et au moins la face de support.  
15 Cette couche peut être relativement mince, par exemple de 0,5 à 20 mm. Elle est représentée partiellement sur la figure 8.

## Revendications

1. Capteur élastomère tubulaire (1) comprenant un élément tubulaire (10) en matériau polymère élastique présentant une cavité (12) s'étendant sur toute sa longueur, caractérisé en ce que :
- 5 - l'élément tubulaire (10) est constitué sur toute sa longueur d'un premier matériau polymère conducteur électrique et d'un deuxième matériau polymère isolant électrique, le premier matériau polymère formant deux parties conductrices (14a, 14b) de l'élément tubulaire s'étendant au moins partiellement en regard l'une de l'autre, le deuxième matériau polymère formant deux parties électriquement isolantes (16a, 16b) s'étendant entre les deux parties conductrices afin de les isoler électriquement,
- 10 - le premier matériau polymère présente une première dureté Shore A mesurée selon la norme ISO 48-4 :2018, le deuxième matériau polymère présente une deuxième dureté Shore A mesurée selon la norme ISO48-4 :2018, la deuxième dureté Shore A étant supérieure de la première dureté Shore A d'au moins 5 points, optionnellement de 5 à 50 points.
- 15 2. Capteur élastomère tubulaire (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une gaine flexible (18) constituée d'un troisième matériau polymère élastique isolant électriquement entourant l'élément tubulaire sur toute sa longueur, et présentant optionnellement une épaisseur inférieure à une épaisseur des parties conductrices (14a, 14b) de l'élément tubulaire, optionnellement le troisième matériau polymère présente une
- 20 troisième dureté Shore A supérieure à la première dureté Shore A d'au moins 10 points.
3. Capteur élastomère tubulaire selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque matériau polymère présente une dureté Shore A mesurée selon la norme ISO 48-4:2018 qui est de 40 à 90 points.
4. Capteur élastomère tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé
- 25 en ce que le premier matériau polymère conducteur électrique comprend une matrice en matériau polymère élastique isolant et une charge conductrice.
5. Capteur élastomère tubulaire selon la revendication 4, caractérisé en ce que la matrice en matériau polymère élastique isolant, le deuxième matériau polymère, et optionnellement le troisième matériau polymère, sont choisis indépendamment les uns des autres parmi du
- 30 caoutchouc, du caoutchouc synthétique, du polypropylène, du polyéthylène, du poly(styrene-butadiene-styrene), du poly(styrene-ethylene-butadiene-styrene), de l'acide polylactique, du silicone, du polyuréthane et un élastomère thermoplastique.
6. Capteur élastomère tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la cavité (12) de l'élément tubulaire (10) présente une dimension interne minimale,
- 35 mesurée dans un plan perpendiculaire à la direction longitudinale du capteur, de 0,1 mm à 3 mm, de préférence de 0,3 à 2,5mm.
7. Capteur élastomère tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'élément tubulaire (10) comprend au moins une des caractéristiques suivantes :
- (i) chaque partie électriquement isolante (16a, 16b) s'étend sur une longueur de la périphérie

de l'élément tubulaire, mesurée dans un plan transversal à la direction longitudinale de l'élément tubulaire, qui est de 0,5 à 3 fois une épaisseur minimale de l'élément tubulaire, (ii) chaque partie électriquement isolante (16a, 16b) s'étend sur une longueur de la périphérie de l'élément tubulaire, mesurée dans un plan transversal à la direction longitudinale de l'élément tubulaire, qui est de 0,2 à 6 fois une dimension interne minimale de la cavité.

8. Capteur élastomère tubulaire (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend un méplat (20, 20') s'étendant sur toute sa longueur le long de l'une des parties conductrices (14a, 14b).

9. Agencement (40, 40') de capteur élastomère tubulaire comprenant un support (42, 42') en matériau polymère électriquement isolant et un capteur élastomère tubulaire (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le support (42, 42') présente une face de support (43, 43') et en ce que le capteur élastomère tubulaire (1) est disposé sur la face de support en spirale et/ou en serpentín, l'une de ses parties conductrices (14a, 14b) s'étendant en regard de la face de support.

10. Agencement (40, 40') de capteur élastomère tubulaire selon la revendication 9, caractérisé en ce que le capteur élastomère tubulaire est fixé au support par un ou plusieurs des moyens suivants : (i) des agrafes, (ii) des brides, (iii) de la colle, (iv) une bande adhésive, notamment une bande adhésive double face et/ou repositionnable, (v) une bande de type Velcro®, (vi) emboîtement dans une rainure du support, (vii) couture et (viii) fusion.

11. Agencement (40, 40') de capteur élastomère tubulaire selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que le capteur élastomère tubulaire comprend un méplat (20, 20') s'étendant sur toute sa longueur le long de l'une des parties conductrices et en ce que ce méplat repose sur la face de support.

12. Agencement (40, 40') de capteur élastomère tubulaire selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend une couche de recouvrement (46) en matériau polymère élastique recouvrant le capteur élastomère tubulaire (1) et au moins la face de support (43').

13. Système de capteur de déformation (100) comprenant :

- un capteur élastomère tubulaire (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 ou un agencement (40, 40') de capteur élastomère tubulaire selon l'une quelconque des revendications 9 à 12,

- un circuit électrique (3) connecté électriquement aux parties conductrices de l'élément tubulaire du capteur élastomère tubulaire, ce circuit électrique étant fermé lorsque les parties conductrices sont en contact au travers de la cavité et ouvert lorsque les parties conductrices ne sont pas en contact,

- un module de détection (5) optionnel relié au circuit électrique et configuré pour générer un signal représentatif de la valeur d'une tension mesurée entre les parties conductrices,

- un module de traitement (7) relié au circuit électrique et configuré pour : (a1) générer un signal lorsqu'une tension du circuit électrique est supérieure à une valeur

seuil,

- ou un module de traitement (7) relié au module de détection (5) et configuré pour :

(a2) recevoir le signal généré par le module de détection et déterminer une valeur mesurée

(i) de tension, et optionnellement une valeur mesurée (ii) de résistance, et

5 (b1) déterminer, à partir de la valeur mesurée (i) de tension ou (ii) de résistance, si une pression est exercée sur le capteur élastomère tubulaire, puis générer un signal de détection d'une pression lorsqu'une pression est exercée, ou

(b2) déterminer, à partir de la valeur mesurée (i) de tension ou de (ii) résistance, au moins une information de position d'une pression exercée sur le capteur élastomère tubulaire,

10 et optionnellement une information proportionnelle à une amplitude de la pression exercée sur le capteur élastomère tubulaire, puis générer un signal représentatif d'une information de position, et optionnellement un signal représentatif d'une information d'amplitude de pression.

14. Système de capteur de déformation (100) selon la revendication 13, caractérisé en ce que

15 le module de traitement (7) relié au module de détection (5) est configuré pour :

(b1) comparer la valeur mesurée (i) de tension ou (ii) de résistance avec une valeur seuil et déterminer qu'une pression est exercée sur le capteur élastomère tubulaire lorsque la valeur

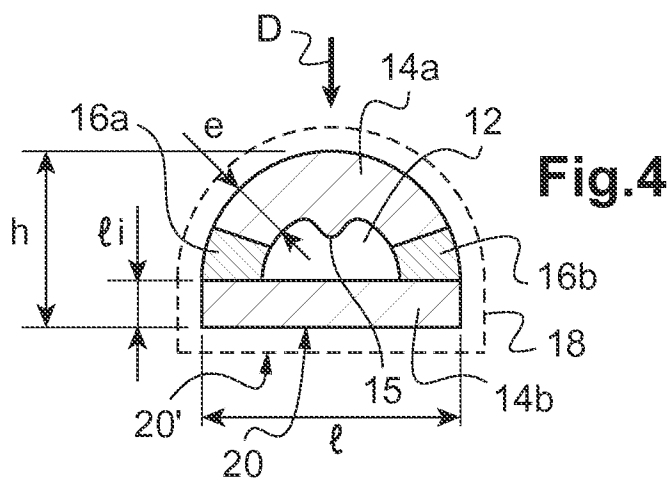
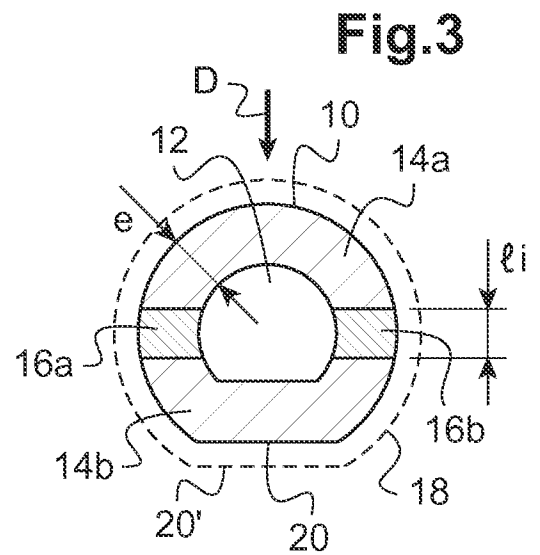
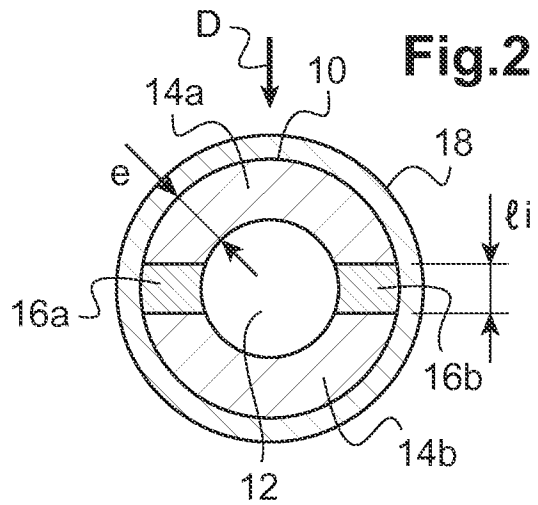
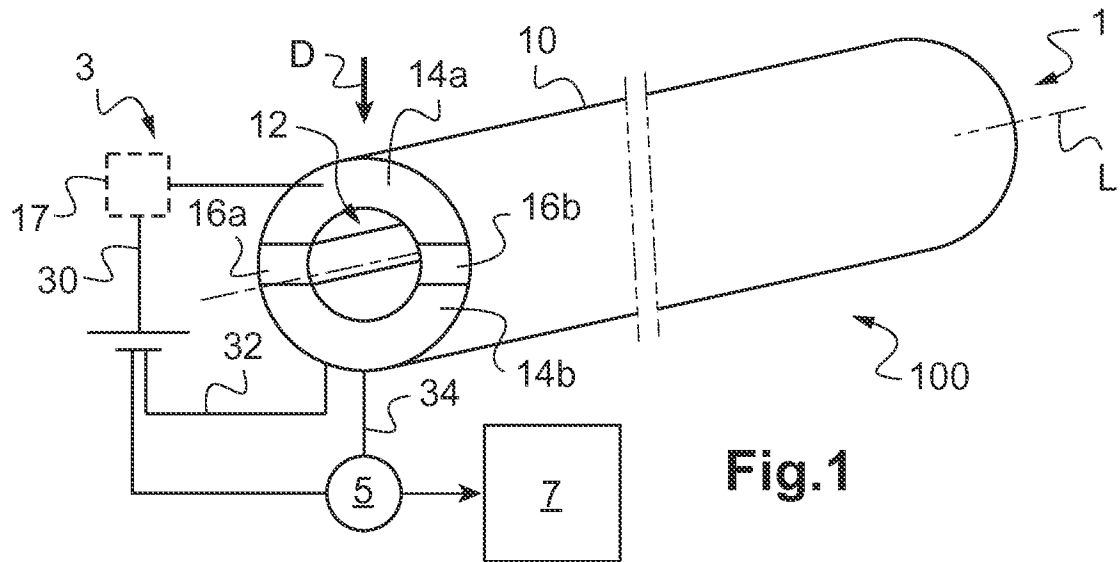
mesurée est supérieure à la valeur seuil, ou

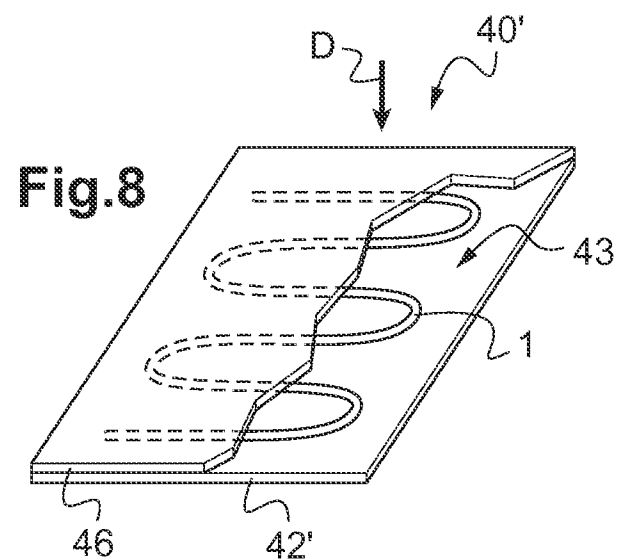
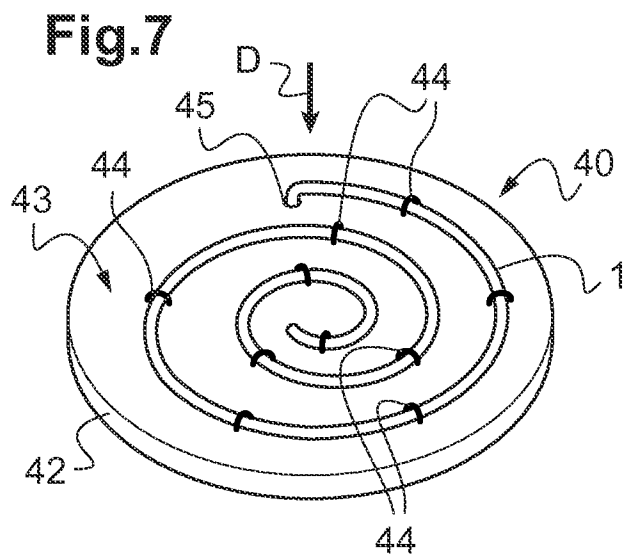
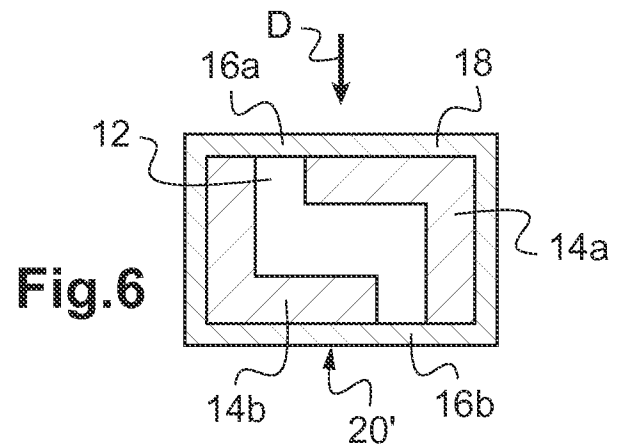
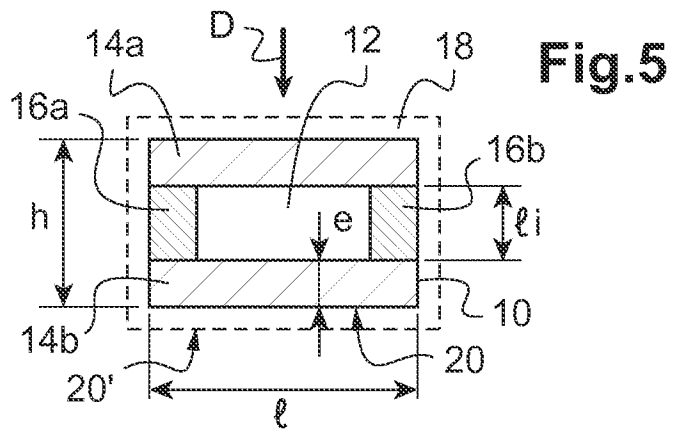
(b2) comparer la valeur mesurée (i) de tension ou (ii) de résistance avec une pluralité de

20 valeurs de référence, chaque valeur de référence correspondant à une tension mesurée, ou à une résistance mesurée, en une position spécifique de la longueur du capteur élastomère tubulaire, optionnellement pour une pression exercée d'une amplitude prédéterminée, puis déterminer l'information de position de la pression exercée sur le capteur élastomère tubulaire, optionnellement l'information d'amplitude de la pression exercée.

25

1/2





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/FR2023/050870**

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br><i>G01B 1/00</i> (2006.01)i; <i>G01B 7/16</i> (2006.01)i; <i>G01L 1/20</i> (2006.01)i; <i>G01L 1/22</i> (2006.01)i; <i>B32B 1/08</i> (2006.01)i;<br><i>H01H 3/14</i> (2006.01)i; <i>E05F 15/44</i> (2015.01)n<br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>G01B; G01L; B32B; H01B; H01H; E05G; E05F<br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>EPO-Internal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category*</th> <th style="width: 70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>EP 3109609 A1 (HITACHI METALS LTD [JP]) 28 December 2016 (2016-12-28)<br/>cited in the application<br/>paragraphs [0001], [0012] - [0031]; figures 1-3<br/>paragraphs [0032] - [0043], [0056]; tables 1, 2</td> <td style="text-align: center;">1-14</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>WO 2017056240 A1 (HITACHI METALS LTD [JP]) 06 April 2017 (2017-04-06)<br/>cited in the application<br/>abstract<br/>paragraphs [0013] - [0021], [0035]; figure 1<br/>paragraphs [0050], [0056]; figures 6, 7</td> <td style="text-align: center;">1-14</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>FR 2564971 A1 (SAINT GOBAIN VITRAGE [FR]) 29 November 1985 (1985-11-29)<br/>cited in the application<br/>abstract<br/>page 2, line 36 - page 4, line 2; figures 1, 2, 7, 8</td> <td style="text-align: center;">1-14</td> </tr> </tbody> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                       | Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Relevant to claim No. | A | EP 3109609 A1 (HITACHI METALS LTD [JP]) 28 December 2016 (2016-12-28)<br>cited in the application<br>paragraphs [0001], [0012] - [0031]; figures 1-3<br>paragraphs [0032] - [0043], [0056]; tables 1, 2 | 1-14 | A | WO 2017056240 A1 (HITACHI METALS LTD [JP]) 06 April 2017 (2017-04-06)<br>cited in the application<br>abstract<br>paragraphs [0013] - [0021], [0035]; figure 1<br>paragraphs [0050], [0056]; figures 6, 7 | 1-14 | A | FR 2564971 A1 (SAINT GOBAIN VITRAGE [FR]) 29 November 1985 (1985-11-29)<br>cited in the application<br>abstract<br>page 2, line 36 - page 4, line 2; figures 1, 2, 7, 8 | 1-14 |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Relevant to claim No.                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | EP 3109609 A1 (HITACHI METALS LTD [JP]) 28 December 2016 (2016-12-28)<br>cited in the application<br>paragraphs [0001], [0012] - [0031]; figures 1-3<br>paragraphs [0032] - [0043], [0056]; tables 1, 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1-14                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | WO 2017056240 A1 (HITACHI METALS LTD [JP]) 06 April 2017 (2017-04-06)<br>cited in the application<br>abstract<br>paragraphs [0013] - [0021], [0035]; figure 1<br>paragraphs [0050], [0056]; figures 6, 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1-14                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | FR 2564971 A1 (SAINT GOBAIN VITRAGE [FR]) 29 November 1985 (1985-11-29)<br>cited in the application<br>abstract<br>page 2, line 36 - page 4, line 2; figures 1, 2, 7, 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1-14                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |
| <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           * Special categories of cited documents:<br/>           "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br/>           "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br/>           "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)<br/>           "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br/>           "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed         </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           "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<br/>           "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<br/>           "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<br/>           "&amp;" document member of the same patent family         </td> </tr> </table> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                       | * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |
| Date of the actual completion of the international search<br><div style="text-align: center;"><b>05 September 2023</b></div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Date of mailing of the international search report<br><div style="text-align: center;"><b>14 September 2023</b></div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |
| Name and mailing address of the ISA/EP<br><div style="text-align: center;"> <b>European Patent Office</b><br/> <b>p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk</b><br/> <b>Netherlands</b><br/>         Telephone No. (+31-70)340-2040<br/>         Facsimile No. (+31-70)340-3016       </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Authorized officer<br><div style="text-align: center;"><b>Burkart, Johannes</b></div> Telephone No.                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |   |                                                                                                                                                                                                         |      |   |                                                                                                                                                                                                          |      |   |                                                                                                                                                                         |      |



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/FR2023/050870**

| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> |                                                                                                                                                                                                 |                       |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category*                                     | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                              | Relevant to claim No. |
| A                                             | US 2005092061 A1 (TAKAFUJI TETSUYA [JP] ET AL) 05 May 2005 (2005-05-05)<br>cited in the application<br>abstract<br>paragraphs [0030] - [0036]; figures 1-6                                      | 1-14                  |
| A                                             | JP 2001174348 A (SUMITOMO WIRING SYSTEMS) 29 June 2001 (2001-06-29)<br>cited in the application<br>paragraphs [0001] - [0004]<br>paragraphs [0028] - [0038]; figures 5-9                        | 1-14                  |
| A                                             | WO 2020149793 A1 (NAT UNIV SINGAPORE [SG]; SINGAPORE HEALTH SERV PTE LTD [SG]) 23 July 2020 (2020-07-23)<br>cited in the application<br>abstract<br>paragraphs [0029] - [0049]; figures 1-2, 12 | 1-14                  |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/FR2023/050870**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |              |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|--------------|----|--------------------------------------|
| EP                                        | 3109609    | A1 | 28 December 2016                     | CN                      | 106104240    | A  | 09 November 2016                     |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 3109609      | A1 | 28 December 2016                     |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 6152922      | B2 | 28 June 2017                         |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | WO2015140943 | A1 | 06 April 2017                        |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2017025199   | A1 | 26 January 2017                      |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2018277280   | A1 | 27 September 2018                    |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2015140943   | A1 | 24 September 2015                    |
| WO                                        | 2017056240 | A1 | 06 April 2017                        | DE                      | 112015006994 | T5 | 14 June 2018                         |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 6380684      | B2 | 29 August 2018                       |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | WO2017056240 | A1 | 19 July 2018                         |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2017056240   | A1 | 06 April 2017                        |
| FR                                        | 2564971    | A1 | 29 November 1985                     | NONE                    |              |    |                                      |
| US                                        | 2005092061 | A1 | 05 May 2005                          | DE                      | 102004051584 | A1 | 02 June 2005                         |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 4161270      | B2 | 08 October 2008                      |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2005134214   | A  | 26 May 2005                          |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2005092061   | A1 | 05 May 2005                          |
| JP                                        | 2001174348 | A  | 29 June 2001                         | JP                      | 3473530      | B2 | 08 December 2003                     |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2001174348   | A  | 29 June 2001                         |
| WO                                        | 2020149793 | A1 | 23 July 2020                         | SG                      | 10201900359T | A  | 28 August 2020                       |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2020149793   | A1 | 23 July 2020                         |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2023/050870

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b><br><b>INV.</b> G01B1/00 G01B7/16 G01L1/20 G01L1/22 B32B1/08<br>H01H3/14<br><b>ADD.</b> E05F15/44<br>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                           |
| <b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b><br>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)<br><b>G01B G01L B32B H01B H01H E05G E05F</b><br><br>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche<br><br>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)<br><b>EPO-Internal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                           |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                           |
| Catégorie*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                                                                                                            | no. des revendications visées                                                             |
| <b>A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>EP 3 109 609 A1 (HITACHI METALS LTD [JP])</b><br><b>28 décembre 2016 (2016-12-28)</b><br><b>cité dans la demande</b><br><b>alinéas [0001], [0012] - [0031]; figures 1-3</b><br><b>alinéas [0032] - [0043], [0056]; tableaux 1, 2</b><br><br>-----      | <b>1-14</b>                                                                               |
| <b>A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>WO 2017/056240 A1 (HITACHI METALS LTD [JP]) 6 avril 2017 (2017-04-06)</b><br><b>cité dans la demande</b><br><b>abrégé</b><br><b>alinéas [0013] - [0021], [0035]; figure 1</b><br><b>alinéas [0050], [0056]; figures 6, 7</b><br><br>-----<br><br>--/-- | <b>1-14</b>                                                                               |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                           |
| * Catégories spéciales de documents cités:<br><div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <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> </div> <div style="flex: 1;"> <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>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                           |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée<br><br><b>5 septembre 2023</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                           | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale<br><br><b>14/09/2023</b> |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale<br>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                           | Fonctionnaire autorisé<br><br><b>Burkart, Johannes</b>                                    |

| C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS |                                                                                                                                                                                                     |                               |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Catégorie*                                      | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                                                      | no. des revendications visées |
| A                                               | FR 2 564 971 A1 (SAINT GOBAIN VITRAGE [FR]) 29 novembre 1985 (1985-11-29)<br>cité dans la demande<br>abrégé<br>page 2, ligne 36 - page 4, ligne 2;<br>figures 1, 2, 7, 8<br>-----                   | 1-14                          |
| A                                               | US 2005/092061 A1 (TAKAFUJI TETSUYA [JP] ET AL) 5 mai 2005 (2005-05-05)<br>cité dans la demande<br>abrégé<br>alinéas [0030] - [0036]; figures 1-6<br>-----                                          | 1-14                          |
| A                                               | JP 2001 174348 A (SUMITOMO WIRING SYSTEMS) 29 juin 2001 (2001-06-29)<br>cité dans la demande<br>alinéas [0001] - [0004]<br>alinéas [0028] - [0038]; figures 5-9<br>-----                            | 1-14                          |
| A                                               | WO 2020/149793 A1 (NAT UNIV SINGAPORE [SG]; SINGAPORE HEALTH SERV PTE LTD [SG]) 23 juillet 2020 (2020-07-23)<br>cité dans la demande<br>abrégé<br>alinéas [0029] - [0049]; figures 1-2, 12<br>----- | 1-14                          |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2023/050870

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| EP 3109609                                      | A1 | 28-12-2016             | CN 106104240 A                          | 09-11-2016             |
|                                                 |    |                        | EP 3109609 A1                           | 28-12-2016             |
|                                                 |    |                        | JP 6152922 B2                           | 28-06-2017             |
|                                                 |    |                        | JP WO2015140943 A1                      | 06-04-2017             |
|                                                 |    |                        | US 2017025199 A1                        | 26-01-2017             |
|                                                 |    |                        | US 2018277280 A1                        | 27-09-2018             |
|                                                 |    |                        | WO 2015140943 A1                        | 24-09-2015             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| WO 2017056240                                   | A1 | 06-04-2017             | DE 112015006994 T5                      | 14-06-2018             |
|                                                 |    |                        | JP 6380684 B2                           | 29-08-2018             |
|                                                 |    |                        | JP WO2017056240 A1                      | 19-07-2018             |
|                                                 |    |                        | WO 2017056240 A1                        | 06-04-2017             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| FR 2564971                                      | A1 | 29-11-1985             | AUCUN                                   |                        |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| US 2005092061                                   | A1 | 05-05-2005             | DE 102004051584 A1                      | 02-06-2005             |
|                                                 |    |                        | JP 4161270 B2                           | 08-10-2008             |
|                                                 |    |                        | JP 2005134214 A                         | 26-05-2005             |
|                                                 |    |                        | US 2005092061 A1                        | 05-05-2005             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| JP 2001174348                                   | A  | 29-06-2001             | JP 3473530 B2                           | 08-12-2003             |
|                                                 |    |                        | JP 2001174348 A                         | 29-06-2001             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| WO 2020149793                                   | A1 | 23-07-2020             | SG 10201900359T A                       | 28-08-2020             |
|                                                 |    |                        | WO 2020149793 A1                        | 23-07-2020             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |