

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Capteur de déformation en matériau polymère.

⑫② Date de dépôt : 16.06.22.

⑫③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SEALYNX INTERNATIONAL*
Société par actions simplifiée à associé unique — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 22.12.23 Bulletin 23/51.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 04.10.24 Bulletin 24/40.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : HOYAU Pierre, FROMONT Yann et
PERRIN Thierry.

⑦③ Titulaire(s) : SFC Solutions Automotive France
Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : FEDIT-LORIOT.



Description

Titre de l'invention : 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] 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

[0005] 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 :

- 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,

- 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 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.

- [0006] En réalisant un élément tubulaire constitué uniquement de deux types de matériaux élastomères 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.
- [0007] 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.
- [0008] 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.
- [0009] 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 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.
- [0010] Avantagusement, 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 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.

- [0011] 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, 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.
- [0012] 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.
- [0013] 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 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.
- [0014] 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,
 - (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.
- [0015] 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%.
- [0016] 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.

- [0017] 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.
- [0018] 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.
- [0019] 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.
- [0020] 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, polystyroles, 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.

- [0021] 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).
- [0022] 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. 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.
- [0023] 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.
- [0024] 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.
- [0025] 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.
- [0026] 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.

- [0027] 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.
- [0028] 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.
- [0029] 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.
- [0030] 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. 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. A cet effet, 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).

- [0031] 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 serpentín, 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.
- [0032] 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.
- [0033] 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.
- [0034] 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.
- [0035] 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.

[0036] 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

- (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, 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.

[0037] Le module de traitement peut être relié directement au circuit électrique, sans module de détection.

[0038] Alternativement, le module de traitement peut être relié au module de détection.

[0039] 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 donné du capteur.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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 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.

[0044] Le module de détection peut être un module de mesure de la tension, tel qu'un voltmètre numérique, par exemple un convertisseur analogique numérique (« CAN » ou « ADC » en anglais pour « analog to digital converter »).

[0045] Le module de détection peut notamment être intégré au module de traitement.

[0046] 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.

[0047] 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.

- [0048] 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

- [0049] L'invention est maintenant décrite en référence aux dessins annexés, non limitatifs, dans lesquels :
- [0050] [Fig.1] La [Fig.1] représente un système de capteur de déformation comprenant un capteur élastomère tubulaire selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0051] [Fig.2][Fig.3][Fig.4][Fig.5][Fig.6] Les figures 2 à 6 sont des vues en coupe transversale d'un capteur de déformation selon différents modes de réalisation.
- [0052] [Fig.7][Fig.8] Les figures 7 et 8 sont des vues en perspectives d'agencement de capteur élastomère tubulaire selon différents modes de réalisation.
- [0053] Sur les figures, les mêmes références désignent les mêmes éléments.
- [0054] La [Fig.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.
- [0055] 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.
- [0056] 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.

[0057] 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.

[0058] 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.

[0059] 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.

[0060] [Tableaux1]

Norme	Propriété	Unité	Premier matériau polymère	Deuxième matériau polymère
ISO 48-4:2018	Dureté Shore A (3 sec.)	Points	72	85
ISO 37 :2017 Type 2 500 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

- [0061] 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.
- [0062] Dans l'exemple représenté [Fig.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.
- [0063] 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 [Fig.1]).
- [0064] 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.
- [0065] 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.
- [0066] 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 puissent être détecté 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

- [0067] Le module de traitement 7 est quant à lui configuré (programmé) pour :
- [0068] (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
- [0069] (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
- [0070] (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.
- [0071] 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 17 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 .
- [0072] 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.
- [0073] 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.

- [0074] 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.
- [0075] 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 différents 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.
- [0076] Cette base de données pourra notamment être établie par l'utilisateur, le capteur étant agencé en spirale et/ou en serpentins sur un support.
- [0077] 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.
- [0078] Dans l'exemple représenté [Fig.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.
- [0079] Ainsi, tel que représenté [Fig.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 [Fig.2], la distance séparant les parties conductrices peut être de 1,6 à 2mm, 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.

[0080] 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.

[0081] D'autres formes de section de l'élément tubulaire 10 sont néanmoins possibles, tel que représenté schématiquement sur les figures 3 à 6.

[0082] Notamment, [Fig.3], le capteur tubulaire 10 présente un méplat 20 s'étendant 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 [Fig.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.

[0083] Dans le mode de réalisation de la [Fig.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 [Fig.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 [Fig.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.

- [0084] Dans le mode de réalisation de la [Fig.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 [Fig.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 li 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.
- [0085] Le mode de réalisation de la [Fig.6] est similaire à celui de la [Fig.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 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.
- [0086] 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 transversale trapézoïdale, ovoïde ou autre.
- [0087] Les parties conductrices et isolantes peuvent en outre être définies de la manière suivante :
- [0088] (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, et/ou
- [0089] (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 minimale de la cavité.

- [0090] Le capteur élastomère tubulaire selon l'invention peut ainsi être disposé sur un support présentant une face de support plane, soit en serpentín, soit en spirale ou combinant les deux arrangements.
- [0091] La [Fig.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 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 être détectée par le capteur 1. Le capteur 1 est fixé au moyen d'agrafes 44. Ce support 42 peut notamment former un boítier 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 boítier 42 via un orifice 45.
- [0092] La [Fig.8] représente un agencement 40' selon l'invention comportant un support 42', ici en forme de plaque rectangulaire, sur une face de support 43' duquel est disposé un capteur 1 selon l'invention en serpentín. Comme dans le mode de réalisation de la [Fig.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.
- [0093] 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 serpentín dans d'autres zones du support, ou qu'il y ait plusieurs spirales ou plusieurs serpentíns.
- [0094] 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.
- [0095] Quel que soit le mode de fixation du capteur et l'arrangement de celui-ci en serpentín 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. Cette couche peut être relativement mince, par exemple de 0,5 à 20 mm. Elle est représentée partiellement sur la [Fig.8].

Revendications

- [Revendication 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 :
- 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 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.
- [Revendication 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 troisième dureté Shore A supérieure à la première dureté Shore A d'au moins 10 points.
- [Revendication 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.
- [Revendication 4] Capteur élastomère tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le premier matériau polymère conducteur électrique comprend une matrice en matériau polymère élastique isolant et une charge conductrice.
- [Revendication 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 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.

- [Revendication 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, 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.
- [Revendication 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.
- [Revendication 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).
- [Revendication 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.
- [Revendication 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.

[Revendication 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.

[Revendication 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').

[Revendication 13]

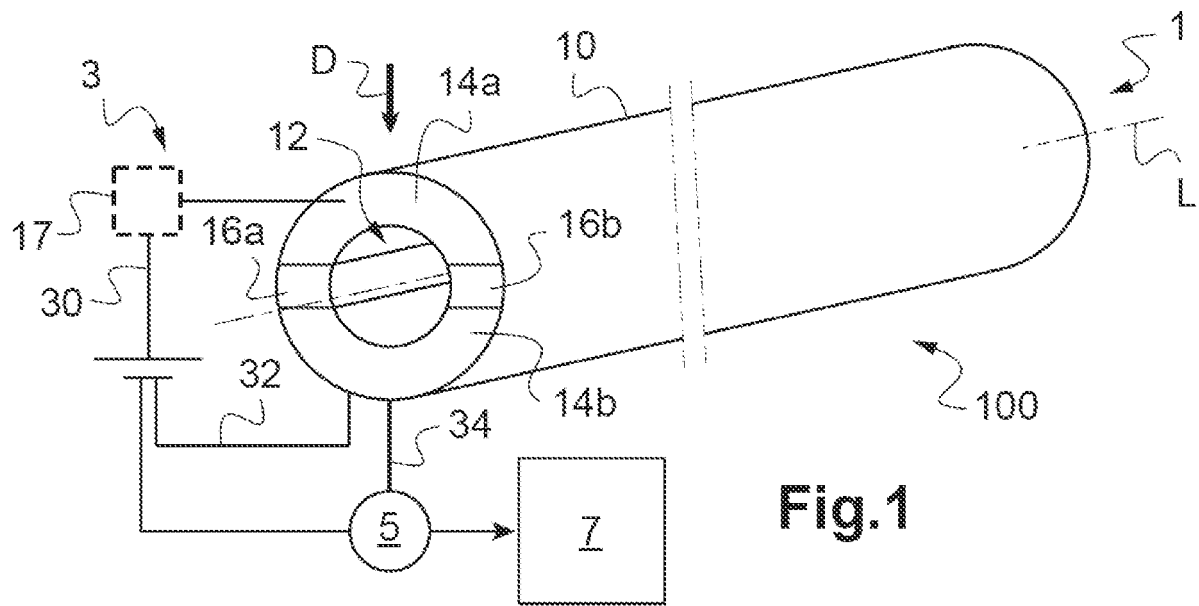
Système de capteur de déformation (100) comprenant :

- 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
 - (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

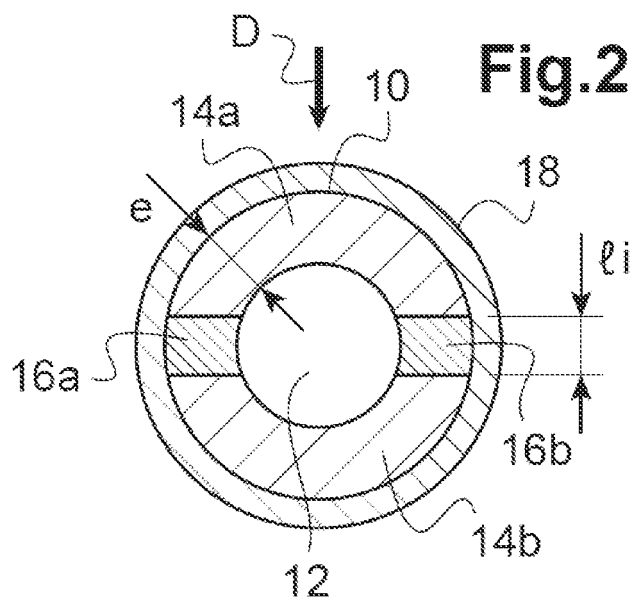
exercée sur le capteur élastomère tubulaire, et optionnellement une information proportionnelle à une amplitude de la pression exercée sur le capteur élastomère tubulaire, puis générer un signal représentatif d'une information de position, et optionnellement un signal représentatif d'une information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

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

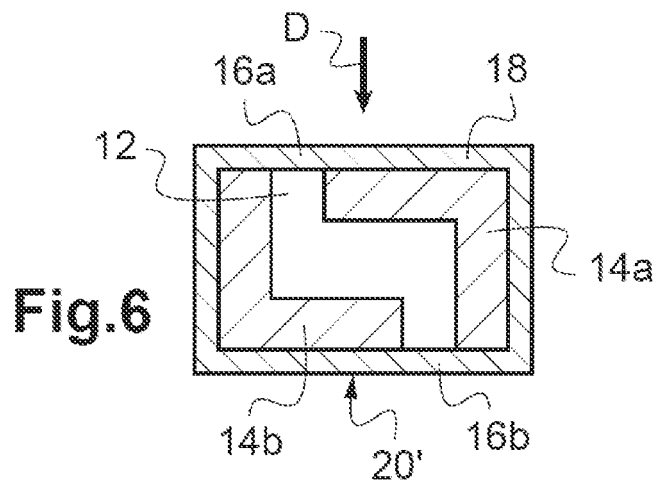
[Fig. 1]



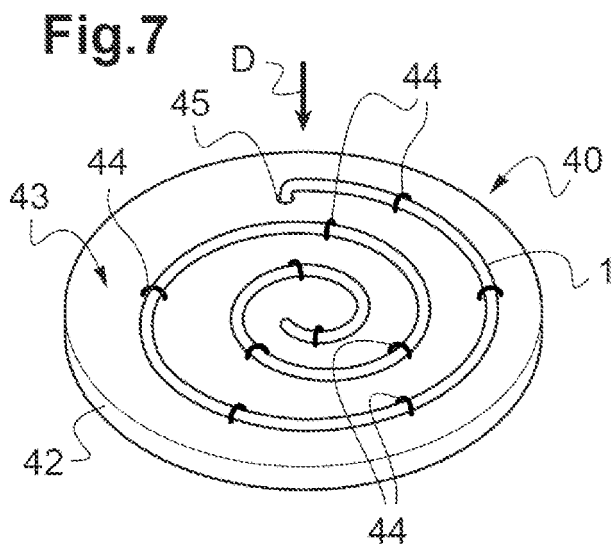
[Fig. 2]



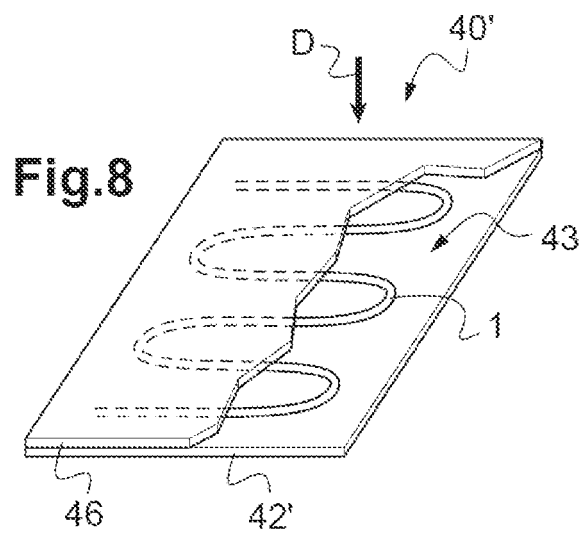
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

EP 3 109 609 A1 (HITACHI METALS LTD [JP])
28 décembre 2016 (2016-12-28)

WO 2017/056240 A1 (HITACHI METALS LTD
[JP]) 6 avril 2017 (2017-04-06)

FR 2 564 971 A1 (SAINT GOBAIN VITRAGE
[FR]) 29 novembre 1985 (1985-11-29)

US 2005/092061 A1 (TAKAFUJI TETSUYA [JP]
ET AL) 5 mai 2005 (2005-05-05)

JP 2001 174348 A (SUMITOMO WIRING SYSTEMS)
29 juin 2001 (2001-06-29)

WO 2020/149793 A1 (NAT UNIV SINGAPORE
[SG]; SINGAPORE HEALTH SERV PTE LTD [SG])
23 juillet 2020 (2020-07-23)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT