

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/121877 A1

(43) Date de la publication internationale
27 juin 2019 (27.06.2019)

(51) Classification internationale des brevets :
G01M 3/16 (2006.01)

[FR/FR] ; 25 rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", 75015
PARIS (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2018/085782

(72) Inventeurs : **REY, Frédéric** ; 10 Avenue Auguste Bastide,
04860 PIERREVERT (FR). **ALBALADEJO, Serge** ; 44
Coteau des Vignes, 13530 TRETTS (FR).

(22) Date de dépôt international :
19 décembre 2018 (19.12.2018)

(74) Mandataire : **BRONCHART, Quentin** ; CABINET
HAUTIER, 20 RUE DE LA LIBERTE, 06000 NICE (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1763054 22 décembre 2017 (22.12.2017) FR

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,

(54) Title: SYSTEM FOR DETECTING A LEAKAGE OF AN ELECTRICALLY CONDUCTIVE FLUID FROM A CASING

(54) Titre : SYSTÈME DE DÉTECTION DE FUITE D'UN FLUIDE CONDUCTEUR D'ÉLECTRICITÉ DEPUIS UNE ENVELOPPE

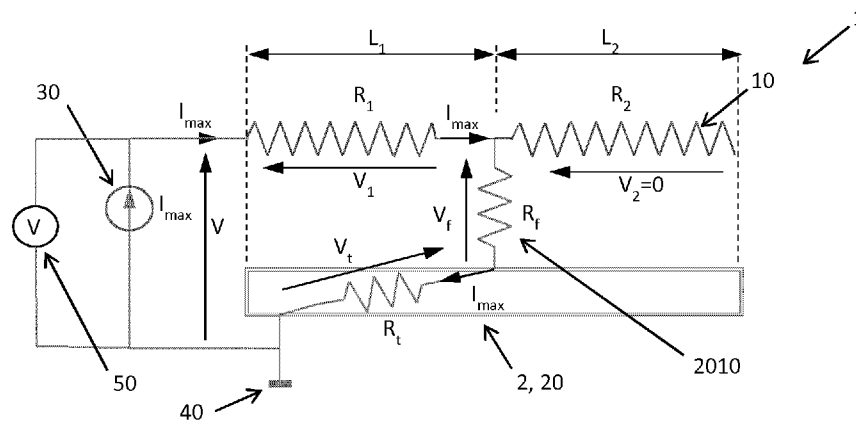


Fig. 2b

(57) Abstract: The invention relates to the detection and the location of a leakage from a casing 2 containing an electrically conductive fluid. A detection and location system and method are proposed. The cable 10 is intended to be arranged, with a conductive element 20, jointly with the casing. It comprises a conductive wire 13 and an electrical insulator 14 configured so as to electrically insulate the conductive wire in the absence of conductive fluid and allow an electrical connection 2010 between the conductive wire and the conductive element in the presence of conductive fluid, such that a leakage of conductive fluid generates said electrical connection. The system comprises a device for checking its functionality, which comprises a driven switch linked firstly to the conductive wire of the detection cable and secondly to the conductive element, so as to be able to measure the ohmic resistance of the conductive wire of the detection cable when the switch is closed.

(57) Abrégé : L'invention concerne la détection et la localisation de fuite hors d'une enveloppe 2 contenant un fluide conducteur de l'électricité. Un système et un procédé de détection et de localisation sont proposés. Le câble 10 est destiné à être agencé, avec un



WO 2019/121877 A1

SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasienn (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

élément conducteur 20, conjointement avec l'enveloppe. Il comprend un fil conducteur 13 et un isolant électrique 14 configuré pour isoler électriquement le fil conducteur en absence de fluide conducteur et permettre une jonction électrique 2010 entre le fil conducteur et l'élément conducteur en présence de fluide conducteur, de sorte qu'une fuite de fluide conducteur génère ladite jonction électrique. Le système comprend un dispositif de vérification de sa fonctionnalité qui comprend un interrupteur piloté relié d'une part au fil conducteur du câble de détection, d'autre part à l'élément conducteur, de sorte à pouvoir mesurer la résistance ohmique du fil conducteur du câble de détection lorsque l'interrupteur est fermé.

5

10

15 « Système de détection de fuite d'un fluide conducteur d'électricité depuis une
enveloppe »

20 DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention concerne la détection et la localisation de fuite hors d'une enveloppe contenant un fluide conducteur de l'électricité, tel qu'un liquide ionique ou un métal liquide. En pratique, le système et le procédé de détection et de localisation proposés s'appliquent plus particulièrement à des éléments de tuyauterie. Ils sont néanmoins applicables à toute enceinte sur laquelle on souhaite assurer la détection et la localisation, d'une fuite de fluide conducteur de l'électricité. Elle trouve pour application particulièrement avantageuse le domaine de la surveillance des installations dans lesquelles circulent des métaux liquides, telles que des circuits réacteurs à caloporteur métal liquide dont certaines centrales nucléaires sont pourvus.

30

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

Il existe plusieurs systèmes et procédés de détection et de localisation de fuite d'un fluide conducteur de l'électricité hors d'une enveloppe le contenant.

Les systèmes de détection de fuite les plus couramment employés informent de l'apparition d'une fuite. La localisation de la fuite nécessite une installation et une mise en œuvre lourdes avec les systèmes actuels.

35

Il est par exemple fait usage de systèmes, tel que celui illustré sur la figure 1, reposants sur la sectorisation du moyen de détection en plusieurs segments.

Dans l'exemple illustré, une enceinte 2 à surveiller (on définit l'enceinte comme le contenant d'un liquide conducteur de l'électricité) est associée à un système de
5 détection 200 de fuite segmenté de résolution Δl égale à la longueur de chaque segment 210. Chaque segment est relié à un générateur de tension V et à un dispositif d'alerte 220. Chaque dispositif d'alerte détecte l'apparition d'un courant sur sa ligne respectives en cas de fuite et de mise en contact du segment avec l'enceinte. Dans l'exemple illustré, l'enceinte 2 est conductrice de l'électricité et est utilisée comme
10 conducteur dans le circuit électrique. Une fuite peut être localisée avec une précision courante de Δl .

Dans le cas particulier de l'apparition d'une fuite au niveau des extrémités de deux segments consécutifs, la prévision est sensiblement améliorée. En effet, on peut estimer qu'elle est de l'ordre de grandeur du diamètre de la tuyauterie d'implantation.
15 Dans le cas illustré, il y a plus particulièrement huit segments, donc $\Delta l = L / 8$, où L est la longueur de l'enceinte. Pour une enceinte qui est une tuyauterie de diamètre égal à 1 m et de longueur égale à $L = 100$ m, Δl vaut 12,5 m. Si la fuite met en contact deux segments consécutifs avec l'enceinte 2, alors la localisation peut être estimée à environ 2 mètres près pour une tuyauterie de diamètre égal à 1 m, soit six fois plus
20 précise que dans le cas plus courant de l'apparition d'une fuite au niveau d'un unique segment. Toutefois, il n'est pas possible de distinguer sous lequel des deux segments se trouve la fuite.

Ce type de système nécessite de remonter autant de liaisons électriques que de segments de détection et la localisation est une information discrète, non continue
25 spatialement.

Par ailleurs, le document de brevet US 5,382,909 divulgue un système de détection comprenant un fil de source, un fil de localisation et un fil de retour, une alimentation en énergie électrique reliée par une première borne au fil de source et par une seconde borne au fil de localisation, et un voltmètre monté en parallèle aux deux
30 extrémités du fil de localisation via le fil de retour. Les fils, à base d'un matériau bon conducteur électrique, sont configurés de sorte qu'une fuite provoque une jonction électrique, par liaison ionique, entre le fil de source et le fil de localisation au niveau de la fuite. Un circuit de test est ainsi formé qui, en mesurant une chute de tension à l'aide du voltmètre, permet de localiser la fuite selon une fonction de détection spatiale
35 continue.

Le système selon le document de brevet US 5,382,909 repose sur la sélection de matériaux dont la résistance ohmique ne dépend pas d'autre paramètre que de ses dimensions. Cela se traduit par une restriction de la plage thermique d'utilisation ou du choix de matériaux dont la résistivité ohmique doit dépendre faiblement de la température. Sans cela, le système selon US 5,382,909 est peu précis, voire inopérant.

Un objet de la présente invention est donc de proposer une solution de détection et de localisation de fuite qui permettent de pallier au moins en partie les inconvénients susmentionnés. Il existe notamment un besoin de s'affranchir de la dépendance aux fluctuations de résistance ohmique du matériau conducteur constituant le fil de localisation en fonction de la température. Il existe également un besoin de simplification des systèmes de détection actuels, sans dégrader les performances de détection et de localisation. Il existe en outre un besoin de réduction des coûts des systèmes de détection actuels, de leur installation et/ou de leur maintenance. Il existe encore un besoin consistant à proposer une solution de détection plus fiable qui permette de réduire, voire annihiler, le risque d'occurrence d'une fausse alarme.

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

Pour atteindre cet objectif, la présente invention prévoit, selon un premier aspect, un système de détection et de localisation de fuite d'un fluide conducteur d'électricité depuis une enveloppe destinée à le contenir, comprenant :

- au moins un câble de détection destiné à être agencé conjointement avec l'enveloppe, et
- au moins un élément conducteur d'électricité agencé conjointement avec le câble de détection.

Le câble de détection comprend au moins un fil conducteur et un isolant électrique, tel qu'un revêtement, agencé conjointement avec le fil conducteur. L'isolant électrique est configuré pour isoler électriquement le fil conducteur et l'élément conducteur en absence de fluide conducteur et permettre une jonction électrique entre le fil conducteur et l'élément conducteur en présence de fluide conducteur, de sorte qu'une fuite de fluide conducteur depuis l'enveloppe génère ladite jonction électrique entre le fil conducteur du câble de détection et l'élément conducteur au niveau de la fuite.

Le système de détection et de localisation comprend en outre :

- un générateur électrique configuré pour être électriquement relié d'une part à un premier point, de préférence à une première extrémité, du câble de détection,

d'autre part à l'élément conducteur, de préférence à une première extrémité de l'élément conducteur, et

- un instrument d'identification d'un paramètre électrique configuré pour identifier l'établissement de ladite jonction électrique.

5 Le système est tel qu'il comprend en outre un dispositif de vérification de sa fonctionnalité. Le dispositif de vérification peut plus particulièrement comprendre un interrupteur piloté relié d'une part à un deuxième point, de préférence à une seconde extrémité, du câble de détection, d'autre part à l'élément conducteur, de préférence à une seconde extrémité de l'élément conducteur.

10 Il est ainsi possible de mesurer la résistance ohmique du fil conducteur du câble de détection lorsque l'interrupteur est fermé. Cette résistance ohmique mesurée peut dès lors être utilisée comme référence par rapport à une mesure de résistance ohmique réalisée en cas d'identification subséquente de l'établissement d'une jonction électrique, entre le fil conducteur du câble de détection et l'élément conducteur,
15 générée par une fuite de fluide conducteur depuis l'enveloppe.

Selon une première particularité optionnelle, le fil conducteur du câble de détection est à base d'un alliage métallique choisi de sorte que le fil conducteur du câble de détection présente une résistance ohmique linéique supérieure à 0,1 Ω/m , de préférence sensiblement égale à 0,95 Ω/m . De préférence, l'alliage métallique est
20 choisi de sorte que le fil conducteur du câble de détection présente une résistance ohmique linéique supérieure à 1,5 Ω/m , par exemple sensiblement égale à 1,85 Ω/m .

Le câble de détection peut plus particulièrement être destiné à être agencé au moins en partie en vis-à-vis d'au moins une partie d'un pourtour extérieur de l'enveloppe. Plus particulièrement, le système peut comprendre un unique câble de
25 détection agencé conjointement avec ladite enveloppe de sorte à s'étendre en vis-à-vis de toute la partie du pourtour de l'enveloppe où une fuite est susceptible d'apparaître, voire en vis-à-vis d'au moins toute une longueur du pourtour extérieur de l'enveloppe.

De préférence, l'alliage métallique présente une résistivité supérieure à $6 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$, par exemple sensiblement égale à $7,5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$, de préférence supérieure à
30 $1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, voire supérieure à $1,2 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, par exemple sensiblement égale à $1,45 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$.

Selon un deuxième aspect, l'invention prévoit un procédé de détection et de localisation de fuite mettant en œuvre un système tel qu'introduit ci-dessus. Le procédé comprend les étapes suivantes :

35 - appliquer, à l'aide du générateur électrique, une tension électrique d'une part en un premier point du câble de détection, de préférence à une première extrémité du

câble de détection, d'autre part à l'élément conducteur, de préférence à une première extrémité de l'élément conducteur,

- surveiller, à l'aide de l'instrument d'identification, une variation du paramètre électrique mesuré par l'instrument d'identification, de sorte à identifier, en fonction
5 d'une consigne prédéterminée, une variation correspondante à l'établissement d'une jonction électrique entre le câble de détection et l'élément conducteur et ainsi détecter l'apparition d'une fuite de fluide conducteur depuis l'enveloppe, et

- en cas d'apparition d'une fuite, déterminer, par exemple à l'aide de
10 l'instrument d'identification et en fonction de la mesure du paramètre électrique, la résistance ohmique R_1 du câble de détection entre ledit premier point et ladite jonction électrique, pour en déduire la localisation de la fuite selon une fonction de détection spatiale continue.

Le procédé est tel que la surveillance de la variation du paramètre électrique comprend, à intervalles temporels sensiblement réguliers :

- 15 - piloter la fermeture d'un interrupteur d'un dispositif de vérification de la fonctionnalité du système, l'interrupteur piloté étant relié à un premier point, de préférence à une seconde extrémité, du câble de détection, et à l'élément conducteur, de préférence à une seconde extrémité de l'élément conducteur,
- mesurer, à l'aide de l'instrument d'identification, le paramètre électrique dans le
20 circuit électrique comprenant le câble de détection de préférence depuis sa première extrémité jusqu'à sa seconde extrémité, l'élément conducteur, le générateur électrique et l'interrupteur,
- déduire en fonction du résultat de la mesure et mémoriser, par exemple à l'aide
de l'instrument d'identification, la résistance ohmique R du câble de détection,
25 de préférence depuis sa première extrémité jusqu'à sa seconde extrémité, et
- piloter l'ouverture de l'interrupteur,

de sorte que, en cas d'apparition d'une fuite après l'ouverture de l'interrupteur et de préférence avant une prochaine fermeture de l'interrupteur, la détermination de la résistance ohmique R_1 du câble de détection entre ledit premier point et ladite jonction
30 électrique soit fonction de la résistance ohmique R du câble de détection, de préférence depuis sa première extrémité jusqu'à sa seconde extrémité, telle que mémorisée.

L'invention selon ses différents aspects permet de localiser de manière spatialement continue la fuite d'un fluide conducteur de l'électricité depuis l'enveloppe
35 surveillée. La continuité spatiale de la localisation permet d'atteindre une meilleure précision qu'avec un système de détection segmenté. Elle comprend un matériel

simple à installer et à mettre en œuvre, notamment du fait de la réduction du nombre de fils électriques qu'elle comprend vis-à-vis des systèmes de détection et de localisation de l'art antérieur. Potentiellement, il ne subsiste qu'un seul fil, à savoir le câble de détection, pour assurer les fonctions de détection et de localisation, le fil

5 conducteur du câble de détection.

L'invention permet de s'affranchir de la dépendance aux fluctuations de résistance ohmique du fil conducteur constituant le câble de détection en fonction de la température ; le choix du matériau à base duquel le fil conducteur du câble de détection est formé n'est plus contraint. En particulier, il est avantageusement possible

10 de choisir un fil conducteur présentant des dimensions lui conférant une résistance ohmique linéique élevée et/ou un matériau présentant une résistivité ohmique élevée, pour un meilleur résultat de localisation y compris au niveau des extrémités du câble de détection, même si ce choix implique que le matériau ait un coefficient thermique élevé.

L'invention permet d'améliorer considérablement la fiabilité du système de détection également par rapport aux solutions dans lesquelles un circuit de détection distinct est prévu pour chaque portion d'enceinte. En particulier, le risque de détection de faux contacts est d'autant plus réduit que le nombre de fils mis en œuvre est réduit.

L'invention selon ses différents aspects est avantageusement peu sensible à

20 d'éventuelles opérations de maintenance ou de réparation d'une part du système, et plus particulièrement du câble de détection, d'autre part de l'enveloppe à surveiller. Les opérations de maintenance ou de réparation sont par ailleurs simplifiées au moins du fait de la réduction du nombre de fils électriques requis. En effet, lors d'une réparation, de nombreuses remontées de fils d'un système discret viendraient compliquer

25 l'intervention ; leur réduction est donc pertinente de ce point de vue. Cela simplifie également le câblage électrique à l'installation.

Les autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à l'examen de la description suivante et des dessins d'accompagnement. Il est entendu que d'autres avantages peuvent être incorporés.

30

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

Les buts, objets, ainsi que les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description détaillée d'un mode de réalisation de cette dernière qui est illustré par les dessins d'accompagnement suivants dans lesquels :

35 La FIGURE 1 illustre schématiquement un système de détection de fuite segmenté selon l'art antérieur ;

La FIGURE 2a représente schématiquement le système de détection et de localisation de fuite selon un mode de réalisation du premier aspect de l'invention à l'état de repos ;

5 La FIGURE 2b représente schématiquement le système de la FIGURE 2a en présence d'une fuite ;

La FIGURE 3 représente schématiquement un système de détection et de localisation de fuite selon un mode de réalisation du premier aspect de l'invention équipé d'un dispositif de vérification de sa fonctionnalité à l'état de repos ;

10 La FIGURE 4 représente schématiquement le système de la FIGURE 3 équipé du dispositif de vérification de sa fonctionnalité à l'état actif ;

Les FIGURES 5a et 5b représentent chacune schématiquement une section d'une variante de réalisation du câble de détection selon le premier aspect de l'invention ;

15 La FIGURE 6 représente graphiquement la fonction de détection continue selon laquelle l'invention permet de localiser une éventuelle fuite de fluide conducteur d'électricité ;

La FIGURE 7 est un ordinogramme illustrant un mode de réalisation du procédé de détection et de localisation de fuite selon le troisième aspect de l'invention ;

20 La FIGURE 8 représente schématiquement un système de détection et de localisation de fuite selon un mode de réalisation du premier aspect de l'invention équipé d'un dispositif de vérification de sa fonctionnalité à l'état de repos, le dispositif de vérification étant une variante de celui illustré sur la FIGURE 3 ; et

La FIGURE 9 représente schématiquement le système de la FIGURE 8 équipé du dispositif de vérification de sa fonctionnalité à l'état actif, selon la variante illustrée sur la FIGURE 8.

25 Les dessins sont donnés à titre d'exemples et ne sont pas limitatifs de l'invention. Ils constituent des représentations schématiques de principe destinées à faciliter la compréhension de l'invention et ne sont pas nécessairement à l'échelle des applications pratiques. En particulier les épaisseurs relatives des différents fils, revêtements et couches ne sont pas nécessairement représentatives de la réalité.

30

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

Avant d'entamer une revue détaillée de modes de réalisation de l'invention, sont énoncées ci-après des caractéristiques optionnelles qui peuvent éventuellement être utilisées en association ou alternativement.

De manière facultative, le système de détection et de localisation de fuite selon le premier aspect de l'invention peut en outre présenter au moins l'une quelconque des caractéristiques suivantes :

- 5 - le système comprend en outre une masse reliée au générateur électrique, de préférence à la seconde borne du générateur électrique, et à l'élément conducteur ;
- le câble de détection et l'élément conducteur sont configurés pour former un circuit électrique alimenté par le générateur électrique, le circuit électrique étant configuré pour être fermé lorsqu'une fuite de fluide conducteur depuis l'enveloppe génère ladite jonction électrique entre le câble de détection et l'élément conducteur au
10 niveau de la fuite ;
- l'alliage métallique est choisi parmi :
 - o un alliage couramment utilisé pour constituer un fil résistif chauffant, tel qu'un alliage à base de Fer-Chrome-Aluminium, et
 - o un acier inoxydable de préférence austénitique, par exemple l'acier 304 ou
15 l'acier 316 ;
- le câble de détection présente une résistance ohmique linéique et/ou l'alliage métallique présente une résistivité telle(s) qu'une opération de raboutage en un ou deux endroits du câble de détection induit une variation de résistance ohmique linéique du fil conducteur inférieure à 20 %, de préférence inférieure à 5 %, par exemple
20 sensiblement égale à 1 %, par rapport à la résistance ohmique R du câble de détection non rabouté. Une réparation du système peut consister (par exemple suite à détection de fuite réelle et réparation de l'enveloppe contenant le fluide, nécessitant une coupe du câble de détection rendue nécessaire par sa détérioration au niveau du contact avec le fluide de la fuite ou pour rendre la zone accessible à la réparation de
25 l'enveloppe) à couper le câble de détection, puis à le rabouter avec une portion de câble neuve, générant ainsi deux soudures participant à la résistance globale du câble de détection ;
- l'isolant électrique du câble de détection est à base de céramique ;
- l'isolant électrique couvre le fil conducteur du câble de détection :
30 o à intervalles sensiblement réguliers, par exemple en formant des perles enfilées sur le fil conducteur du câble de détection, ou
o continûment sur toute sa longueur,
d'un côté du fil conducteur ou de tout côté du fil conducteur ;
- pour permettre la jonction électrique avec le fil conducteur en présence
35 localisée de fluide conducteur, le revêtement présente au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- l'isolant électrique est poreux pour permettre au fluide conducteur de s'y infiltrer de part en part,
 - l'isolant électrique est propre à s'effacer au contact avec le fluide conducteur, par exemple par réaction chimique, et
- 5 ○ l'isolant électrique est propre à devenir conducteur électrique au contact ou à proximité du fluide conducteur, par exemple sous l'effet de la chaleur dégagée par le fluide conducteur ; et
- le câble de détection comprend en outre au moins une couche d'interface à base d'un matériau de préférence métallique, par exemple à base de Nickel, entre le fil
- 10 conducteur et le revêtement. La couche d'interface permet l'accroche du revêtement sur le fil conducteur et permettre aussi la compatibilité de déformation entre le fil conducteur à fort coefficient de dilatation thermique et le revêtement céramique à plus faible coefficient de dilatation thermique;
- le générateur électrique est un générateur de tension avec limiteur de courant
- 15 intégré et l'instrument d'identification est un voltmètre branché en parallèle aux bornes du générateur ;
- l'élément conducteur comprend au moins l'un parmi : un fil métallique conducteur et l'enveloppe lorsque l'enveloppe est conductrice d'électricité ;
 - l'élément conducteur est à base du même matériau conducteur de l'électricité,
- 20 métal ou alliage que le conducteur du câble de détection et présente une section résistante électrique d'un ou plusieurs ordres de grandeur inférieure à celle du câble de détection, de sorte que sa résistance ohmique linéique soit nettement plus faible que celle du câble de détection. Alternativement, l'élément conducteur présente une résistivité inférieure d'au moins un ordre de grandeur, de préférence d'au moins deux
- 25 ordres de grandeur, à la résistivité de l'alliage métallique constituant en partie le câble de détection, par exemple l'élément conducteur est à base d'un métal conducteur tel que le cuivre ou l'aluminium ; et
- l'enveloppe est une tuyauterie et le câble de détection est agencé d'une des façons suivantes : selon une génératrice de la tuyauterie et selon un enroulement
- 30 autour de la tuyauterie.
- De manière facultative, le câble de détection selon le deuxième aspect de l'invention peut en outre présenter au moins l'une quelconque des caractéristiques suivantes :
- l'alliage métallique présente l'une au moins parmi des caractéristiques
- 35 suivantes :

- il est choisi de sorte que le fil conducteur du câble de détection présente une résistance ohmique linéique supérieure à $0,1 \Omega/m$, par exemple sensiblement égale à $0,95 \Omega/m$, de préférence supérieure à $1 \Omega/m$, voire supérieure à $1,5 \Omega/m$, par exemple sensiblement égale à $1,85 \Omega/m$; et
 - sa résistivité est supérieure à $6 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$, par exemple sensiblement égale à $7,5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$, de préférence supérieure à $1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, voire supérieure à $1,2 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, par exemple sensiblement égale à $1,45 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, et
- 10 - l'alliage métallique présente un coefficient thermique en moyenne strictement supérieur à $0,003$, de préférence supérieur à $0,01$, par degré Celsius entre $10^\circ C$ et $500^\circ C$.

De manière facultative, le procédé de détection et de localisation de fuite selon le troisième aspect de l'invention peut en outre présenter au moins l'une quelconque des caractéristiques suivantes :

- le générateur électrique étant un générateur de tension avec limiteur de courant intégré et l'instrument d'identification étant un voltmètre branché en parallèle aux bornes du générateur,
 - l'application d'un courant électrique comprend l'application, à l'aide du générateur de tension, d'un premier potentiel électrique au fil conducteur du câble de détection et d'un second potentiel électrique, différent du premier potentiel électrique, à l'élément conducteur,
 - la surveillance de la variation du paramètre électrique comprend la surveillance d'une variation de tension aux bornes du générateur de tension à l'aide du voltmètre, et
 - en cas d'apparition d'une fuite, la détermination de ladite résistance ohmique $R1$ comprend :
 - limiter, à l'aide du générateur de tension, l'intensité du courant électrique à une valeur prédéterminée I_{max} , et
 - mesurer la tension aux bornes du générateur de tension à l'aide du voltmètre à ladite intensité limitée,
- pour en déduire ladite résistance ohmique $R1$;
- l'élément conducteur présentant une résistivité inférieure d'au moins un ordre de grandeur, de préférence d'au moins deux ordres de grandeur, à la résistivité de l'alliage métallique constituant en partie le câble de détection, étant du même matériau conducteur de l'électricité, métal ou alliage que le conducteur du câble de détection

mais de section résistante électrique d'un ou plusieurs ordres de grandeur supérieure à celle du câble de détection, de sorte que sa résistance ohmique linéique soit nettement plus faible que celle du câble de détection ; la détermination de ladite résistance ohmique R_1 comprend : négliger la résistance ohmique R_f du liquide conducteur
5 générant la jonction électrique entre le câble de détection et l'élément conducteur, négliger la résistance ohmique R_t de l'élément conducteur entre ladite jonction électrique et le générateur électrique, devant la résistance ohmique R_1 du câble de détection entre ledit premier point et ladite jonction électrique ; et

- le pilotage de l'interrupteur peut être réalisé pour le maintenir fermé pendant
10 un temps, compris entre 10 ms et 1s, de préférence sensiblement égal à 100 ms, par intervalle temporel, compris entre 100 ms et 1 min, de préférence sensiblement égal à 1 s. Ainsi, de préférence, un temps de surveillance/scrutation de 900 ms est prévu toutes les secondes pour éventuellement détecter et localiser une fuite.

On entend par « agencé conjointement avec » la relation fonctionnelle de deux
15 éléments structurels entre eux selon laquelle l'un au moins est agencé en fonction de l'autre élément. En particulier, l'un des éléments peut être agencé en fonction des dimensions et forme de l'autre élément et/ou selon une disposition particulière définie par rapport à une implantation de l'autre élément, pour réaliser ensemble une fonction particulière. Ces termes visent donc à couvrir une multitude d'agencements relatifs de
20 deux éléments structurels entre eux, multitude qu'il serait nécessairement vain de vouloir détailler exhaustivement, même si quelques exemples de cette multitude sont décrits ci-après. Pour autant, chaque agencement relatif de cette multitude est réputé identifiable sans équivoque lorsque ledit agencement est observé *in situ* ou lorsque ledit agencement est décrit par une description écrite ou orale. Par exemple, un câble
25 de détection agencé conjointement avec une enveloppe peut être à distance ou au contact de l'enveloppe, mais s'étend vis-à-vis de l'enveloppe sur au moins une partie de la dimension principale (ou longueur) de cette dernière pour pouvoir réaliser sa fonction de détection d'une fuite au moins depuis ladite partie.

On entend par « sensiblement » constante ou régulière, la qualité d'une chose
30 qui ne nécessite pas d'être rigoureusement constante ou régulière, pour que la fonction à laquelle cette chose est liée puisse être réalisée. On entend par un paramètre « sensiblement égal/inférieur à » une valeur donnée, que le paramètre est égal/inférieur à la valeur donnée à plus ou moins 20 % de la valeur donnée près, de préférence à plus ou moins 10 % de la valeur donnée près.

Il est précisé que dans le cadre de la présente invention, le terme « sur »,
35 « surmonte », « recouvre » ou « sous-jacent » ou leurs équivalents ne signifient pas

forcément « au contact de ». Ainsi par exemple, le dépôt d'un isolant électrique, tel qu'un revêtement, sur un fil conducteur, ne signifie pas obligatoirement que l'isolant électrique est directement au contact du fil conducteur, mais cela signifie que l'isolant électrique recouvre au moins partiellement le fil conducteur en étant soit directement à son contact, soit en étant séparé du fil conducteur par au moins une autre couche ou au moins un autre élément.

On entend par « alliage métallique résistif », voire à forte résistivité :

- un alliage métallique qui ne serait pas choisi par un homme du métier dans le but de jouer un rôle de bon conducteur électrique ; ou
- 10 - un alliage métallique prenant la forme d'un fil conducteur électrique dont la résistance ohmique linéique est significativement élevée. L'obtention de cette résistance ohmique linéique élevée dépend de la résistivité ohmique de l'alliage métallique et d'une section de passage électrique adéquates. En pratique, il sera retenu un fil avec une section de passage électrique permettant sa mise en œuvre
- 15 « industrielle » associé à la recherche d'un alliage métallique ayant la résistivité ohmique la plus élevée possible, notamment parmi celles des matériaux relativement courants. Un compromis doit donc être réalisé pour choisir le matériau conducteur. Le choix des matériaux peut donc être élargi dès lors qu'il répond au compromis recherché ; ou
- 20 - un alliage métallique auquel un homme du métier aurait préféré un métal ou un autre alliage métallique pour jouer un rôle de bon conducteur électrique.

Un alliage métallique résistif présente généralement une résistivité qui dépend significativement de sa température, notamment dans une gamme de température allant de 10°C à 500°C. Cette propriété de la plupart des alliages métalliques résistifs en font souvent des alliages propres à la confection de résistances chauffantes, utilisées habituellement dans les procédés thermiques (par exemple dans les fours).

L'invention met en œuvre un système de détection et de localisation de fuite 1 comprenant un câble de détection 10. Le câble de détection comprend un fil conducteur 13 à base d'un alliage métallique, de préférence dit résistif.

30 Dans les utilisations électrothermiques, l'alliage métallique résistif n'est pas revêtu d'un isolant électrique (faisant le plus souvent aussi effet d'isolant thermique) car il s'agit de faciliter le transfert de chaleur du fil conducteur vers la matière environnante (fluide, solide).

Dans les applications visées ici, le fil conducteur 13 n'est pas utilisé comme source de puissance par effet Joule, on peut donc le revêtir d'un isolant électrique 14,

tel qu'un revêtement, nécessaire à une fonction d'isolement électrique dans le système 1 telle que décrite plus bas. Notons toutefois que, dans son acceptation la plus large, l'isolant électrique 14 peut être une lame d'air ; le fil conducteur 13 peut être simplement posé au sol sous une enveloppe 2 à surveiller, cette dernière étant par exemple légèrement surélevée par rapport au sol pour ménager ladite lame d'air entre le fil conducteur 13 et l'enveloppe 2. Une éventuelle contribution au titre d'isolant thermique de l'isolant électrique 14 est sans effet dans le système 1.

Cette association entre fil conducteur en alliage métallique résistif et revêtement isolant électrique amène à deux avantages majeurs afin de détection et de localisation d'une fuite d'un fluide conducteur d'électricité depuis l'enveloppe 2 destinée à le contenir. Premièrement, l'augmentation de la résistance ohmique du fil conducteur 13 par rapport aux fils habituellement utilisés (cuivre, aluminium) permet d'augmenter d'autant la sensibilité du système 1. Deuxièmement, elle amène à la réduction de la sensibilité à la réparation du câble de détection 10 par rapport à l'emploi d'un fil bon conducteur de l'électricité.

Plus particulièrement, l'alliage métallique peut être choisi de sorte que le fil conducteur 13 du câble de détection 10 présente une résistance ohmique linéique, de préférence sensiblement constante le long du fil conducteur 13, supérieure à $0,1 \Omega/m$, par exemple sensiblement égale à $0,95 \Omega/m$, de préférence supérieure à $1 \Omega/m$, voire supérieure à $1,5 \Omega/m$, par exemple sensiblement égale à $1,85 \Omega/m$. Cette condition est de préférence vérifiée à température ambiante. Cette condition suppose que l'alliage métallique soit choisi en prenant en compte la forme et les dimensions, notamment d'une section, du fil conducteur 13. Ces dernières peuvent être relativement imposées par l'application spécifique visée et par les coûts liés à sa confection. Plus particulièrement, plus la résistivité de l'alliage métallique sera faible, plus la section du fil conducteur sera grande pour pouvoir se conformer à l'exigence susmentionnée relative à la résistance ohmique linéique du fil conducteur. Une plus grande section du fil conducteur 13 implique une plus grande quantité d'alliage métallique, ce qui représente un coût à maîtriser, et une telle section n'est pas toujours raisonnablement compatible avec une mise en place dans des conditions d'encombrement spécifiques. Il est donc préférable de trouver un compromis raisonnable entre la résistivité de l'alliage métallique choisi et la section du fil conducteur 13 à base de cet alliage métallique, pour respecter la consigne de résistance ohmique linéique susmentionnée.

En complément ou alternativement, l'alliage métallique peut présenter une résistivité supérieure à $6 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$, par exemple sensiblement égale à $7,5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$, de préférence supérieure à $1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, voire supérieure à $1,2 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, par exemple

sensiblement égale à $1,45 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$. Cette condition est de préférence vérifiée à température ambiante.

L'alliage métallique résistif est par exemple à base de Fer-Chrome-Aluminium (FeCrAl) qui présente généralement une résistivité sensiblement égale à $1,45 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ et qui présente une résistance ohmique linéique sensiblement égale à $1,85 \Omega/m$, lorsque sous la forme d'un fil de diamètre égale à 1 mm, à température ambiante.

D'un point de vue strictement électrique, il est également possible d'utiliser un fil conducteur 13 constitué à base d'acier inoxydable austénitique par exemple (comme l'acier 304, 304L, 316, 316L, 321 ou autre). A température ambiante, la résistivité électrique de l'acier inoxydable est sensiblement égale à $7,5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$, soit environ 2 fois plus faible que pour un alliage FeCrAl. A température ambiante, la résistante ohmique linéique de l'acier inoxydable, lorsqu'il est sous la forme d'un fil de diamètre égale à 1 mm, est sensiblement égale à $0,95 \Omega/m$, soit environ 2 fois plus faible que pour un fil de même diamètre en alliage FeCrAl.

En utilisant de l'acier inoxydable plutôt que de l'alliage FeCrAl, la sensibilité à la mesure est donc divisée par 2 et la sensibilité à une réparation est augmentée par 2. Notons toutefois que le système est alors moins précis, mais pas pour autant non-opérationnel, la précision pouvant rester acceptable, notamment par rapport à un cahier des charges à respecter.

En outre, il est envisagé que l'isolant électrique 14 soit à base de céramique. Les procédés industriels actuels ne permettent pas de réaliser un dépôt de céramique sur un acier inoxydable. Dans le cas d'un fil conducteur 13 constitué à base d'acier inoxydable, un mode de réalisation de l'isolant électrique 14 sous forme de perles est envisageable.

L'utilisation d'un alliage FeCrAl pour constituer au moins en partie le fil conducteur 13 permet de rendre négligeable l'influence d'un rabotage liée à une opération de maintenance. On estime que la réparation introduit deux résistances ohmiques locales de contact évaluées chacune à $0,1 \Omega$. Électriquement, leur contribution est sous forme de résistances ohmiques supplémentaires en série avec la résistance ohmique du fil conducteur 13 du câble de détection 10. Par exemple, ces résistances ohmiques supplémentaires sont à comparer à celle d'un fil conducteur 13 à base d'un alliage de FeCrAl et de section égale à 1 mm^2 qui présente une résistance ohmique sensiblement égale à $1,8 \Omega/m$; on voit dans cet exemple qu'elles sont relativement négligeable dès lors que le fil conducteur 13 présente une longueur de l'ordre de 1 m, ce qui sera généralement le cas étant donné les dimensions des enceintes à surveiller.

Le paramètre consistant en la résistance ohmique ou plus précisément la résistance ohmique linéique est intéressant car si, contrairement à la résistivité d'un matériau, il dépend encore des dimensions donnés à ce matériau, il est tout de même limité du fait que n'importe quelles dimensions ne sont envisageables en vue d'une mise en œuvre raisonnable de la présente invention. Par exemple, en fonction de ces dimensions, un tube d'inox peut avoir une résistance linéique (en Ohms/m) du même ordre de grandeur qu'un fil de cuivre de bien plus faible section. De plus, comme nous le verrons plus loin, le système 1 permet de mesurer une résistance ohmique.

Le paramètre consistant en la résistivité du matériau n'est pas inutile pour autant. Par exemple, en fonction de leur résistivité respective, on sait que la résistance ohmique d'un conducteur électrique en cuivre par rapport à celle d'un conducteur électrique en FeCrAl ou en inox est négligeable, dès lors que les conducteurs ont les mêmes dimensions ou des dimensions d'un même ordre de grandeur.

Notons que la résistance ohmique de l'enceinte à surveiller peut aussi être négligeable devant celle d'un conducteur électrique en FeCrAl ou en inox. Considérons par exemple une tuyauterie au format DN25 en cuivre, cet exemple constituant sans doute l'enceinte à surveiller dont la résistance ohmique est la plus grande ; c'est donc un cas pénalisant. Cette tuyauterie peut être agencée conjointement avec un câble de détection comprenant un fil conducteur 13 en FeCrAl ou en inox dont le diamètre est de l'ordre de 1mm (en général moins). Cet exemple présente un dimensionnement raisonnable pour la réalisation d'un système de détection de fuite 1 selon l'invention.

L'utilisation d'un alliage métallique résistif va à l'encontre de ce qui est préconisé. En effet, de tels alliages présentent généralement un coefficient thermique, mesurant la variabilité de sa résistance ohmique en fonction de sa température, qui est significative et se prête donc mal, selon l'art, à leur application comme constituant d'un câble de détection 10. Au contraire un avantage majeur lié au choix d'un matériau conducteur à faible dépendance thermique est de rendre le système immun aux variations de température des enveloppes ou enceintes à surveiller ; la température de ces enceintes étant en effet souvent sujette à de fortes variations que ce soit dans le temps ou le long du chemin de détection. Nous verrons que la présente invention permet de s'affranchir de cette variabilité de résistance ohmique en fonction de la température. Ainsi, contrairement à l'état de l'art, la présente invention autorise avantageusement l'utilisation d'un alliage métallique dit résistif présentant un coefficient thermique en moyenne strictement supérieur à 0,003, et éventuellement supérieur à 0,01, par degré Celsius entre 10°C et 500°C. Ainsi, le cuivre dont le coefficient thermique est sensiblement inférieur à 0,004 peut *a priori* être rendu

utilisable en tant que matériau à base duquel le fil conducteur 13 du câble de détection est constitué.

Plus particulièrement, un revêtement en tant qu'isolant électrique 14 peut couvrir le fil conducteur 13 de plusieurs façons. Il peut le couvrir sensiblement à intervalles réguliers. Il prend alors par exemple la forme de perles enfilées sur le fil conducteur 13 du câble de détection 10. Il peut également le couvrir continûment sur toute sa longueur. Que la couverture du fil conducteur 13 par le revêtement 14 soit continue ou à intervalles réguliers, elle peut encore consister à couvrir un côté du fil conducteur 13 ou tous les côtés du fil conducteur 13. Par exemple, il est possible d'intercaler des plots de revêtement 14 entre le fil conducteur 13 du câble de détection 10 est l'enveloppe, et éventuellement de tendre le conducteur 13 du câble de détection 10, de sorte que le fil conducteur 13 soit maintenu tendu à une distance sensiblement constante de l'enveloppe 2, et plus généralement d'un élément conducteur 20 tel que décrit plus bas.

15 1/ Cas de la détection avec un fil cuivre isolé par un dépôt d'isolant électrique :

Le cuivre présentant une résistivité de $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ (à $20^\circ C$), un fil de cuivre de 10 m de long et de section égale à 1 mm^2 présente une résistance ohmique égale à $0,022 \Omega$.

L'introduction de deux résistances ohmiques locales de contact modifie la résistance ohmique du fil et la porte à une valeur d'environ $0,222 \Omega$, soit une variation de plus de 900 %.

Pour cette raison, l'utilisation de cuivre en tant que matériau à base duquel le fil conducteur 13 est constitué ne semble pas réaliste, indépendamment de la variabilité de sa résistance ohmique en fonction de la température.

25 2/ Cas de la détection avec fil FeCrAl isolé par dépôt isolant électrique :

Un alliage à base de FeCrAl présentant une résistivité d'environ $1,45 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ (à $20^\circ C$), un fil conducteur 13 à base d'un tel alliage, de 10m de long et de section égale à 1 mm^2 , présente une résistance ohmique égale à $18,46 \Omega$.

L'introduction des deux résistances ohmiques locales de contact modifie la résistance ohmique du fil conducteur 13 et la porte à une valeur de $18,66 \Omega$, soit une variation de 1,08 %.

Plus généralement, l'alliage métallique résistif constituant le fil conducteur 13 du câble de détection 10 selon le premier aspect de l'invention peut présenter une résistivité et/ou une résistance ohmique par mètre telle qu'une opération de rabotage en un ou deux endroits du câble de détection 10 induit une variation de résistance ohmique linéique du fil conducteur 13 inférieure à 20 %, de préférence inférieure à

5 %, par exemple sensiblement égale à 1 %, par rapport à la résistance ohmique R du câble de détection 10 non rabouté. Ainsi, l'utilisation d'un acier inoxydable, tel que ceux énumérés plus haut, est envisageable puisqu'un fil conducteur 13 à base d'un tel acier, de 10m de long et de section égale à 1 mm², offre une variation liée à l'introduction des deux résistances ohmiques locales de contact sensiblement limitée à 2%.

En référence aux figures 5a et 5b, le fil conducteur 13 peut constituer l'âme du câble de détection 10. De façon non limitative, et à titre purement exemplatif, il peut être élaboré à partir d'un alliage fortement résistif de type FeCrAl. Le fil conducteur 13 peut être revêtu d'un revêtement 14 isolant électrique. Typiquement, le revêtement peut être réalisé par dépôt de céramique permettant d'éviter le contact électrique entre le fil conducteur 13 du câble de détection 10 et l'enveloppe 2 contenant le fluide lorsque l'enveloppe est en un matériau conducteur d'électricité.

De manière fonctionnelle, l'isolant électrique 14 peut être poreux pour permettre l'infiltration du fluide conducteur d'électricité jusqu'à l'âme du câble de détection 10 ou disparaître au contact avec le fluide (par exemple par réaction chimique) ou devenir conducteur électrique au contact ou à proximité du fluide (par exemple par le transfert de chaleur au revêtement 14 depuis un métal liquide en tant que fluide conducteur électrique), pour permettre l'établissement d'une jonction électrique 2010 entre d'une part le fil conducteur 13 du câble de détection 10, d'autre part l'enveloppe 2 conductrice et/ou l'élément conducteur 20. On peut réaliser le revêtement 14 sur le fil conducteur 13 à base d'une céramique sur un alliage FeCrAl avec un dépôt préalable d'une couche d'interface 15 à base d'un métal, par exemple à base de Nickel, sur le fil conducteur 13, pour permettre l'accroche de la céramique et l'absorption des dilatations thermiques différentielles entre le fil conducteur et le revêtement, lesdites dilatations résultant de coefficient de dilatation thermique potentiellement très différents entre le fil conducteur et le revêtement.

Dans le cas où l'enveloppe 2 contenant le fluide n'est pas conductrice de l'électricité, elle ne peut jouer le rôle d'un élément conducteur 20 tel que détaillé ci-dessous. On associe alors le câble de détection 10 à forte résistivité et/ou à forte résistance ohmique par mètre à un élément conducteur 20 de résistance ohmique négligeable (pouvant prendre par exemple la forme d'un fil conducteur d'électricité ayant une âme en cuivre ou en aluminium). Le fil conducteur 13 du câble de détection 10 et l'élément conducteur 20 sont de préférence déployés côte à côte le long de l'enveloppe 2 à surveiller. L'isolant électrique 14 du câble de détection 10 empêche le contact électrique avec l'élément conducteur 20 et donc avec la masse 40, comme il le ferait avec une enveloppe 2 conductrice de l'électricité.

Dans les modes de réalisation décrits ci-dessous, l'enceinte 2 à surveiller est un tuyau transportant un fluide conducteur de l'électricité, tel qu'un métal liquide. Le tuyau mesure L mètres de longueur. Le câble de détection 10 est par exemple disposé selon une génératrice du tuyau et mesure également L mètres de longueur. En alternatives, le câble de détection 10 peut être enroulé en une bobine autour du tuyau, disposé en colimaçon sur un fond plat de l'enveloppe pour permettre de localiser une fuite dans le plan du fond selon un azimuth et une côte radiale ou disposé en zig-zag sur une tuyauterie pour localiser une fuite selon un azimuth. En alternative également, l'enveloppe 2 peut être un récipient ouvert ou fermé dans lequel le fluide conducteur d'électricité est destiné à être stocké.

Exemple d'une détection de fuite sur une tuyauterie de longueur 10 m

En référence aux figures 2a, 2b et 7, le système 1 et le procédé 100 selon un premier mode de réalisation de l'invention sont décrits ci-dessous.

En référence aux figures 2a et 2b, le système 1 de détection comprend :

- un câble de détection 10 tel que décrit ci-dessus,
- l'élément conducteur d'électricité 20 susmentionné, qui peut être constitué au moins en partie de l'enveloppe 2 lorsque celle-ci est conductrice de l'électricité,
- un générateur électrique 30,
- le cas échéant une masse 40, et
- un instrument d'identification 50 d'un paramètre électrique.

L'élément conducteur 20 est agencé conjointement avec le câble de détection 10 de sorte qu'une fuite de fluide conducteur d'électricité depuis l'enveloppe 2 destinée à le contenir génère une jonction électrique 2010 entre l'élément conducteur 20 et une portion du câble de détection 10 au niveau de la fuite.

Le générateur électrique 30 présente une première borne 31 reliée à un premier point du câble de détection 10, de préférence à une première extrémité 11 du câble de détection 10, et une seconde borne 32 reliée à l'élément conducteur 20, de préférence à une première extrémité 21 de l'élément conducteur 20. Selon l'agencement conjoint du câble de détection 10 et de l'élément conducteur 20, la première extrémité 11 du câble de détection 10 est de préférence sensiblement plus proche de la première extrémité 21 de l'élément conducteur 20 que de tout autre point dudit élément conducteur 20.

La masse 40 peut être reliée à la seconde borne 32 du générateur électrique 30 et à l'élément conducteur 20.

L'instrument d'identification 50 est configuré et agencé pour mesurer un paramètre électrique (intensité, tension et/ou puissance) dans le circuit électrique

comprenant le câble de détection 10, l'élément conducteur 20 et le générateur électrique 30.

En référence à la figure 7, le générateur électrique 30 est configuré pour appliquer 110 une tension électrique aux bornes dudit circuit électrique. L'instrument d'identification 50 est configuré pour surveiller 120 une variation de paramètre électrique, de sorte à détecter, en fonction d'une consigne prédéterminée, une variation de paramètre électrique qui corresponde à l'apparition d'une fuite de fluide conducteur depuis l'enveloppe 2.

En référence aux figures 2b et 7, l'instrument d'identification 50 est en outre configuré pour, en cas d'apparition d'une fuite, déterminer 130, en fonction de la mesure de paramètre électrique, la résistance ohmique R_1 du câble de détection 10 entre ledit premier point, de préférence sa première extrémité 11, et la jonction électrique 2010 générée par le fluide conducteur entre l'élément conducteur 20 et le câble de détection 10. Dès lors, il est possible d'en déduire 140 la localisation de la fuite. Cette déduction peut être réalisée, par un opérateur du système 1 ou directement par l'instrument d'identification 50, selon une fonction de détection continue telle qu'illustrée sur la figure 6.

Sur le graphe de la figure 6, en effet, la fonction $S(x, R_1) \in \mathbb{R}^+$, avec $R_1 \in \mathbb{R}^+$, où x est une grandeur binaire caractérisant l'état du système, et en particulier la présence ou non d'une fuite et S prend une valeur dont la dimension est une longueur éventuellement curviligne, de la jonction électrique 2010 le long du câble de détection 10. Une seule fonction $S(x, R_1)$, éventuellement calibrée, voire auto-calibrée comme décrit plus bas, définit la loi à laquelle obéit le système 1. La mesure R_1 permet de déduire l'abscisse, et donc la localité correspondante, de la fuite. L'existence de la fonction S est liée à la présence d'une fuite. L'application $S(x, R_1)$ est une bijection. Pour tout R_1 , $S(x, R_1)$ est unique et réciproquement.

Il est avantageusement envisagé d'associer le câble de détection 10 à un générateur de tension avec limiteur de courant intégré, en tant que générateur électrique 30.

En référence à la figure 2a, à l'état de repos, défini par une absence de défaut d'isolement du fil conducteur 13 du câble de détection 10, et donc à une absence de fuite, la tension appliquée 110 au fil conducteur 13 par le générateur de tension est V_{\max} (égale à la différence entre deux potentiels électriques, un premier appliqué au câble de détection 10 et un second appliqué à l'élément conducteur 20). Aucun courant ne circule dans le fil conducteur 13 de résistance ohmique R ; le circuit

électrique comprenant le câble de détection 10, l'élément conducteur 20, le générateur électrique 30 et le cas échéant la masse 40 est ouvert.

En référence aux figures 2a, 2b et 7, une fuite a lieu à une côte ou abscisse L1 du câble de détection 10. A l'état de détection, défini par l'apparition de la fuite, le courant circulant dans la portion L1 de fil conducteur 13 du câble de détection 10 prend l'intensité I_{max} . Il ne circule aucun courant dans la portion L2 de fil conducteur 13 du câble de détection 10. Le générateur électrique 30 travaille en limitation 131 d'intensité (générateur de courant). Pour cela, la tension V à ces bornes est réduite à la valeur nécessaire pour limiter 131 l'intensité du courant à I_{max} .

On identifie R_f , la résistance ohmique du fluide conducteur générant la jonction électrique 2010 entre l'élément conducteur 20 et le câble de détection 10, et R_t , la résistance ohmique de l'élément conducteur 20 entre ladite jonction électrique 2010 et le générateur électrique 30. R_f est donc la résistance ohmique au niveau du contact entre le fluide s'écoulant hors de l'enceinte à surveiller et le câble de détection 10. Par expérience ou par hypothèse, on sait que R_f est une valeur très faible devant R (ordre de grandeur 0,1 Ω pour le sodium liquide en tant que fluide par exemple). R_f est donc négligée. R_t est la résistance ohmique vue par le courant d'intensité I_{max} lorsqu'il traverse l'enceinte 2 à surveiller pour retourner au générateur 30. Par expérience, ou du fait que l'élément conducteur 20 présente une résistivité inférieure d'au moins un ordre de grandeur, de préférence d'au moins deux ordres de grandeur, à la résistivité de l'alliage métallique résistif constituant en partie le câble de détection 10, on sait que R_t est une valeur très faible devant R (ordre de grandeur 0,005 $\Omega \cdot m^{-1}$, même dans le cas où l'enceinte 2 à surveiller est un tube de petite dimension par exemple DN1"). R_t est donc négligée.

Il s'agit de déterminer la distance L_1 grâce au système 1 de détection et de localisation de fuite. La mesure 132 de la tension V, en tant que paramètre électrique, aux bornes du générateur électrique 30 permet de déterminer 130 la position de la fuite. En effet, les grandeurs I_{max} , V, R, L étant supposées connues ou déterminées comme expliqué plus bas, R_f et R_t étant négligeables, on a donc V_f et V_t négligeables également, et par voie :

$$R_1 = V_1 / I_{max}, \text{ et}$$

$$V_1 \approx V,$$

$$\text{donc } R_1 \approx V / I_{max}, \text{ et}$$

$$R_1 = R / L \times L_1,$$

donc $L_1 = R_1 / R \times L$, et finalement

$$L_1 = V / I_{max} / R \times L.$$

La résistance R peut être connue ou déterminée par le choix de matériau conducteur du câble de détection, en particulier lorsque ce matériau présente une résistivité électrique peu dépendante à la température ; la connaissance initiale de la résistance ohmique R du système permet alors de déduire la localisation de la fuite (éventuellement en mesurant la température et en en tenant compte dans le calcul aussi). La résistance R peut encore être connue ou déterminée, par exemple initialement après installation du système 1 et/ou régulièrement suite à cette installation, par mise en œuvre du système 1 selon un mode de réalisation décrit ci-après, de sorte à s'affranchir de toute variabilité du système 1, et en particulier de toute variabilité de résistance du câble de détection 10, par rapport à la température.

Selon l'invention, le mode de réalisation décrit ci-dessus peut avantageusement être associé à un dispositif de vérification 60 de la fonctionnalité du système 1. Cette association est décrite ci-dessous, en référence aux figures 3, 4 et 7, du moins pour ce qui relève de ses différences avec le mode de réalisation décrit ci-dessus.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention et tel qu'illustré sur les figures 3 et 4, le dispositif de vérification 60 de la fonctionnalité du système 1 comprend un interrupteur C piloté 61 relié d'une part à un deuxième point du câble de détection 10, de préférence à la seconde extrémité 12 du câble de détection 10, d'autre part à l'élément conducteur 20, de préférence à une seconde extrémité 22 de l'élément conducteur 20. Selon l'agencement conjoint du câble de détection 10 et de l'élément conducteur 20, la deuxième extrémité 12 du câble de détection 10 est de préférence sensiblement plus proche de la deuxième extrémité 22 de l'élément conducteur 20 que de tout autre point dudit élément conducteur 20. L'interrupteur C est plus particulièrement piloté par un système de contrôle 70 (dans l'absolu, il pourrait être piloté par un opérateur). Le système de contrôle 70 peut comprendre une ligne de relais 71, une bobine de contrôle 72, une alimentation 73 en énergie électrique de la bobine de contrôle 72 et un interrupteur de commande 74. Une borne de l'alimentation 73 peut être reliée à l'élément conducteur 20, de préférence à la seconde extrémité 22 de l'élément conducteur 20, et l'autre borne de l'alimentation 73 peut être reliée à la bobine de contrôle 72, par exemple via l'interrupteur de commande 74. La bobine de contrôle 72 est agencée conjointement avec l'interrupteur C pour en contrôler, par induction magnétique, l'ouverture et la fermeture. Sur la figure 3, l'interrupteur de commande 74 est ouvert, et la bobine de contrôle 72 laisse ou maintient l'interrupteur 61 ouvert, tandis que, sur la figure 4, l'interrupteur de commande 74 est fermé, et la bobine de contrôle 72 maintient ou laisse l'interrupteur fermé, respectivement. De préférence, l'interrupteur C est ouvert dans une position non contrainte par la bobine

72 et est fermé par la bobine de contrôle 72 lorsqu'elle lui applique une contrainte magnétique.

En mode 'scrutation' pour détecter une éventuelle fuite, l'interrupteur C piloté 61 est ouvert 124. Pendant les périodes de scrutation, le procédé 100 est mis en œuvre de la façon décrite ci-dessus.

En référence à la figure 7, l'interrupteur C piloté 61 est régulièrement fermé 121. La fermeture 121 de l'interrupteur C permet de simuler une fuite en faisant intervenir l'ensemble de la longueur du fil conducteur 13 du câble de détection 10. La fermeture de l'interrupteur C peut être par exemple réalisée à une fréquence de 1 Hz pendant un temps de l'ordre de 100 ms. De la sorte, on vérifie l'absence de coupure sur le câble de détection 10 à chaque seconde.

Plus particulièrement, en référence aux figures 4 et 7, la fermeture 121 de l'interrupteur C entraîne la circulation d'un courant d'intensité I_{\max} dans le circuit. Dans ce cas, la résistance ohmique R_t de l'élément conducteur 20 est négligeable devant R , la résistance ohmique du câble de détection 10 entier. Aussi, la chute de tension V_t aux bornes de l'élément conducteur 20 est négligeable. La mesure 122 du paramètre électrique par l'instrument d'identification correspond donc en une mesure de la chute de tension aux bornes du générateur électrique 30. Cette tension 122 dite de calibration est notée V_{cal} .

Si la détermination de la résistance ohmique R_1 du câble de détection entre ledit premier point et ladite jonction électrique en cas d'apparition d'une fuite est de préférence réalisée avant une prochaine fermeture de l'interrupteur C piloté 61, la fuite sera tout de même détectée comme ladite chute de tension aux bornes du générateur électrique 30 si l'interrupteur C piloté 61 est fermé lors de l'apparition de la fuite. Le système 1 n'est donc pas rendu temporairement inopérant du fait de l'ajout du dispositif de contrôle 60.

On propose d'utiliser cette opération de fermeture 121 périodique pour mesurer la résistance ohmique R du câble de détection 10 entier. L'intensité I_{\max} du courant est connue. La tension V_{cal} est mesurée 122. On en déduit et on mémorise 123 la résistance ohmique R du câble de détection 10 entier : $R = V_{\text{cal}} / I_{\max}$, en bonne approximation. De préférence, le système selon le deuxième aspect de l'invention est paramétré de sorte que la vitesse d'actualisation de la valeur de R soit très supérieure à la constante de temps thermique de l'installation. Ainsi, les variations de température sur l'installation sont sans impact sur la mesure liée à l'occurrence d'une fuite et donc sans impact sur sa localisation qui reste précise. Le système 1 selon le deuxième de

réalisation de l'invention fonctionne donc même avec un alliage thermiquement sensible.

La valeur de la résistance ohmique R du câble de détection 10 entier est stockée 123, par exemple dans l'instrument d'identification 50. Elle peut être actualisée à 5 chaque fermeture 121 de l'interrupteur C piloté 61, soit toutes les secondes. La résistance ohmique R du câble de détection 10 telle que mémorisée 123 intègre naturellement l'influence de la température sur la résistivité du fil conducteur 13 du câble de détection 10. Il s'agit donc là d'une opération d'auto-calibration qui permet d'éviter notamment d'avoir à mesurer ou maîtriser la résistance ohmique R du fil 10 conducteur du câble de détection 10, notamment lors de son installation. En particulier, la fonction de détection continue $S(x, R_1)$ est actualisée, par exemple par et dans 10 l'instrument d'identification 50, à chaque actualisation de la valeur de la résistance ohmique R du câble de détection 10 entier.

Dès lors, la détermination 130 de la résistance ohmique R1 du câble de détection 15 10 entre sa première extrémité 11 et la jonction électrique 2010 générée en cas de fuite du fluide conducteur peut être avantageusement fonction de la résistance ohmique R du câble de détection 10 depuis sa première extrémité 11 jusqu'à sa seconde extrémité 12 telle que dernièrement mémorisée 123, par exemple à l'aide de l'instrument d'identification 50 :

20 $L_1 = V / I_{\max} / R * L$, en bonne approximation.

Cette manière de procéder évite à un opérateur d'avoir à réaliser une quelconque calibration du système 1 à l'installation et la mise en service. Par ailleurs, le système 1 s'auto-calibre en permanence. L'influence de paramètres externes 25 comme la température, voire une humidité importante, est également prise en compte avec une vitesse d'actualisation potentiellement de plusieurs ordres de grandeurs supérieure à la cinétique de variations de la résistivité électrique du fil conducteur 13 du câble de détection 10.

Les échelles de temps associées au système 1 de détection de fuite permettent largement d'utiliser ce mode de fonctionnement. La détection est assurée à une 30 fréquence de 1 Hz et pour un temps de fermeture sensiblement égal à 100 ms, dans l'exemple donné, ce qui laisse donc un temps de scrutation sensiblement égale à 900 ms, soit pendant sensiblement 90 % du temps.

De cette manière également, lors de l'installation, il est possible de couper des longueurs de câble suffisantes et nécessaires à la surveillance d'une enceinte de taille 35 quelconque, sans contrainte par rapport à un système fonctionnant sur la base de longueurs de câble standardisées.

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisations précédemment décrits et s'étend à tous les modes de réalisation couverts par les revendications.

Par exemple, un système de détection et de localisation de fuite selon un mode de réalisation du premier aspect de l'invention est représenté sur les figures 8 et 9. Le système illustré sur ces figures est équipé d'un dispositif de vérification de sa
5 fonctionnalité qui constitue une variante à celui représenté sur les figures 3 et 4. Le dispositif de vérification selon cette variante est plus particulièrement illustré à l'état de repos sur la figure 8 et à l'état actif sur la figure 9.

Cette variante n'est décrite ci-dessous qu'en ce qu'elle a de différent avec le
10 dispositif de vérification tel que décrit ci-dessus en référence aux figures 3 et 4. Les mêmes fonctions sont réalisées et les mêmes avantages sont atteints par le dispositif de vérification illustré sur les figures 8 et 9, que par le dispositif de vérification illustré sur les figures 3 et 4.

Selon cette variante, la bobine de relais 72 n'est plus connectée à son
15 alimentation 73 via l'élément conducteur d'électricité 20. En effet, la bobine de relais 72 est branchée directement au bord de l'alimentation 73 via uniquement l'interrupteur 74. La bobine 72, l'alimentation 73 et l'interrupteur 74 un circuit différent et distinct du circuit formé par le système de détection et de localisation 1, l'interrupteur C piloté 61 et la ligne de relais 71. La bobine 72 est toujours agencée fonctionnellement par
20 rapport à l'interrupteur C piloté 61, de sorte à pouvoir le piloter. Le pilotage de l'interrupteur C piloté 61 par la bobine 72 est identique à celui décrit plus haut.

REVENDEICATIONS

1. Système de détection et de localisation de fuite (1) d'un fluide conducteur d'électricité depuis une enveloppe (2) destinée à le contenir, comprenant :

- 5 - un câble de détection (10) destiné à être agencé conjointement avec l'enveloppe (2) et comprenant au moins un fil conducteur (13) et un isolant électrique (14), tel qu'un revêtement, sur au moins une partie du fil conducteur,
- un élément conducteur d'électricité (20) agencé conjointement avec le câble de détection (10),
- 10 l'isolant électrique (14) étant configuré pour isoler électriquement le fil conducteur (13) par rapport à l'élément conducteur (20) en absence de fluide conducteur et permettre une jonction électrique (2010) entre le fil conducteur (13) et l'élément conducteur (20) en présence de fluide conducteur, de sorte qu'une fuite de fluide conducteur depuis l'enveloppe (2) génère ladite jonction électrique (2010) entre le câble de détection (10)
- 15 et l'élément conducteur (20) au niveau de la fuite,
- un générateur électrique (30) configuré pour être électriquement relié d'une part à un premier point, de préférence à une première extrémité (11), du câble de détection (10), d'autre part à l'élément conducteur (20), de préférence à une première extrémité (21) de l'élément conducteur (20), et
- 20 - un instrument d'identification d'un paramètre électrique (50) configuré pour identifier l'établissement de ladite jonction électrique,
- le système étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre un dispositif de vérification (60) de la fonctionnalité du système (1), le dispositif de vérification (60) comprenant un interrupteur piloté (61) relié d'une part à un second point, de préférence à une seconde
- 25 extrémité (12), du câble de détection (10), d'autre part à l'élément conducteur (20), de préférence à une seconde extrémité (22) de l'élément conducteur (20), de sorte à pouvoir mesurer la résistance ohmique du fil conducteur du câble de détection lorsque l'interrupteur (61) est fermé.

- 30 2. Système (1) selon la revendication précédente, comprenant un unique câble de détection (10) agencé conjointement avec ladite enveloppe (2) de sorte à s'étendre en vis-à-vis de toute la partie du pourtour de l'enveloppe (2) où une fuite est susceptible d'apparaître, voire en vis-à-vis d'au moins toute une longueur du pourtour extérieur de l'enveloppe (2).

3. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le fil conducteur (13) du câble de détection (10) est à base d'un alliage métallique choisi de sorte que le fil conducteur (13) du câble de détection (10) présente une résistance ohmique linéique supérieure à $0,1 \Omega/m$, de préférence sensiblement égale à $0,95 \Omega/m$.

4. Système (1) selon la revendication précédente, dans lequel l'alliage métallique est choisi de sorte que le fil conducteur (13) du câble de détection (10) présente une résistance ohmique linéique supérieure à $1,5 \Omega/m$, par exemple sensiblement égale à $1,85 \Omega/m$.

5. Système (1) selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, dans lequel l'alliage métallique présente une résistivité supérieure à $6 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$, par exemple sensiblement égale à $7,5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$, de préférence supérieure à $1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, voire supérieure à $1,2 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, par exemple sensiblement égale à $1,45 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$.

6. Système (1) selon l'une quelconque des trois revendications précédentes, dans lequel l'alliage métallique est choisi parmi :

- un alliage couramment utilisé pour constituer un fil résistif chauffant, tel qu'un alliage à base de Fer-Chrome-Aluminium, et
- un acier inoxydable de préférence austénitique, par exemple l'acier 304 ou l'acier 316.

7. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le fil conducteur (13) du câble de détection (10) présente une résistance ohmique linéique et/ou est à base d'un alliage métallique présentant une résistivité telle(s) qu'une opération de rabotage en un ou deux endroits du câble de détection (10) induit une variation de résistance ohmique linéique du fil conducteur (13) inférieure à 20 %, de préférence inférieure à 5 %, par exemple sensiblement égale à 1 %, par rapport à la résistance ohmique R du câble de détection (10) non raboté.

8. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'isolant électrique (14) est à base de céramique.

9. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'isolant électrique (14) couvre le fil conducteur (13) à intervalles réguliers, par exemple en formant des perles enfilées sur le fil conducteur du câble de détection (10).

5 10. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'isolant électrique (14) couvre le fil conducteur (13) d'une des façons suivantes : d'un côté du fil conducteur et de tout côté du fil conducteur.

10 11. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, pour permettre la jonction électrique (2010) entre le câble de détection (10) et l'élément conducteur (20) au niveau de la fuite, l'isolant électrique (14) est poreux pour permettre au fluide conducteur de s'y infiltrer de part en part.

15 12. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, pour permettre la jonction électrique (2010) le câble de détection (10) et l'élément conducteur (20) au niveau de la fuite, l'isolant électrique (14) est propre à s'effacer au contact avec le fluide conducteur, par exemple par réaction chimique.

20 13. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, pour permettre la jonction électrique (2010) le câble de détection (10) et l'élément conducteur (20) au niveau de la fuite, l'isolant électrique (14) est propre à devenir conducteur électrique au contact ou à proximité du fluide conducteur, par exemple sous l'effet de la chaleur dégagée par le fluide conducteur.

25 14. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le câble de détection (10) comprend en outre au moins une couche d'interface (15) à base d'un matériau de préférence métallique, par exemple à base de Nickel, entre le fil conducteur (13) et l'isolant électrique (14).

30 15. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le générateur électrique (30) est un générateur de tension avec limiteur de courant intégré et l'instrument d'identification (50) est un voltmètre branché en parallèle aux bornes du générateur (30).

35 16. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément conducteur (20) comprend au moins un fil métallique conducteur.

17. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément conducteur (20) comprend au moins une partie de l'enveloppe (2) lorsque l'enveloppe est conductrice d'électricité.

5

18. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément conducteur (20) est à base du même matériau conducteur de l'électricité, métal ou alliage que le fil conducteur du câble de détection (10) et présente une section résistante électrique d'un ou plusieurs ordres de grandeur inférieure à celle du câble de détection (10), de sorte que sa résistance ohmique linéique soit nettement plus faible que celle du câble de détection (10).

10

19. Procédé de détection et de localisation de fuite (100) d'un fluide conducteur d'électricité depuis une enveloppe (2) destinée à le contenir mettant en œuvre un système (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, comprenant les étapes suivantes :

15

- appliquer (110), à l'aide du générateur électrique (30), une tension électrique d'une part en un premier point, de préférence à une première extrémité (11), du câble de détection (10), d'autre part à l'élément conducteur (20), de préférence à une première extrémité (21) de l'élément conducteur (20),

20

- surveiller (120), à l'aide de l'instrument d'identification (50), une variation du paramètre électrique mesuré par l'instrument d'identification, de sorte à identifier, en fonction d'une consigne prédéterminée, une variation correspondante à l'établissement d'une jonction électrique (2010) entre le câble de détection (10) et l'élément conducteur (20) et ainsi détecter l'apparition d'une fuite de fluide conducteur depuis l'enveloppe (2), et

25

- en cas d'apparition d'une fuite, déterminer (130), en fonction de la mesure du paramètre électrique, la résistance ohmique R_1 du câble de détection (10) entre ledit premier point et ladite jonction électrique (2010),

30

pour en déduire (140) la localisation de la fuite, le système (1) comprenant en outre un dispositif de vérification (60) de la fonctionnalité du système (1), le dispositif de vérification (60) comprenant un interrupteur piloté (61) relié à un second point, de préférence à une seconde extrémité (12), du câble de détection (10) et à l'élément conducteur (20), de préférence à une seconde extrémité (22) de l'élément conducteur (20),

35

la surveillance (120) de la variation du paramètre électrique comprend en outre, à intervalles temporels sensiblement réguliers :

- piloter (121) la fermeture de l'interrupteur (61),
- mesurer (122), à l'aide de l'instrument d'identification (50), le paramètre électrique dans le circuit électrique comprenant le câble de détection (10), de préférence depuis sa première extrémité (11) jusqu'à sa seconde extrémité (12), l'élément conducteur (20), le générateur électrique (30), la masse (40) et l'interrupteur (61),
- déduire en fonction du résultat de la mesure (122) et mémoriser (123), par exemple à l'aide de l'instrument d'identification (50), la résistance ohmique R du câble de détection (10), de préférence depuis sa première extrémité (11) jusqu'à sa seconde extrémité (12), et
- piloter (124) l'ouverture de l'interrupteur (61),

de sorte que, en cas d'apparition d'une fuite après l'ouverture de l'interrupteur (61) et de préférence avant une prochaine fermeture de l'interrupteur (61), la détermination (130) de la résistance ohmique R1 du câble de détection (10) entre ledit premier point et ladite jonction électrique (2010) soit fonction de la résistance ohmique R du câble de détection (10), de préférence depuis sa première extrémité (11) jusqu'à sa seconde extrémité (12), telle que mémorisée (123).

20

20. Procédé (100) selon la revendication précédente, dans lequel, le générateur électrique (30) étant un générateur de tension avec limiteur de courant intégré et l'instrument d'identification (50) étant un voltmètre branché en parallèle aux bornes du générateur,

25 l'application (110) d'une tension électrique comprend l'application, à l'aide du générateur de tension, d'un premier potentiel électrique au fil conducteur (13) du câble de détection (10) et d'un second potentiel électrique, différent du premier potentiel électrique, à l'élément conducteur (20),

la surveillance (120) de la variation du paramètre électrique comprend la surveillance d'une variation de tension aux bornes du générateur de tension à l'aide du voltmètre, et en cas d'apparition d'une fuite, la détermination (130) de ladite résistance ohmique R1 comprend :

- limiter (131), à l'aide du générateur de tension, l'intensité du courant électrique à une valeur prédéterminée I_{max} , et
- mesurer (132) la tension aux bornes du générateur de tension à l'aide du voltmètre à ladite intensité limitée,

pour en déduire ladite résistance ohmique R1.

21. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications 19 et 20, dans lequel la détermination (130) de ladite résistance ohmique R1 comprend : négliger la
5 résistance ohmique R_f du fluide conducteur générant la jonction électrique (2010) entre le câble de détection (10) et l'élément conducteur (20), négliger la résistance ohmique R_t de l'élément conducteur (20) entre ladite jonction électrique (2010) et le générateur électrique (30), devant la résistance ohmique R1 du câble de détection (10) entre ledit
10 premier point et ladite jonction électrique (2010).

10

22. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications 19 à 21, dans lequel le pilotage (121, 124) de l'interrupteur (61) est réalisé pour le maintenir fermé pendant un temps sensiblement égal à 100 ms par intervalle temporel sensiblement
15 égal à 1 s.

15

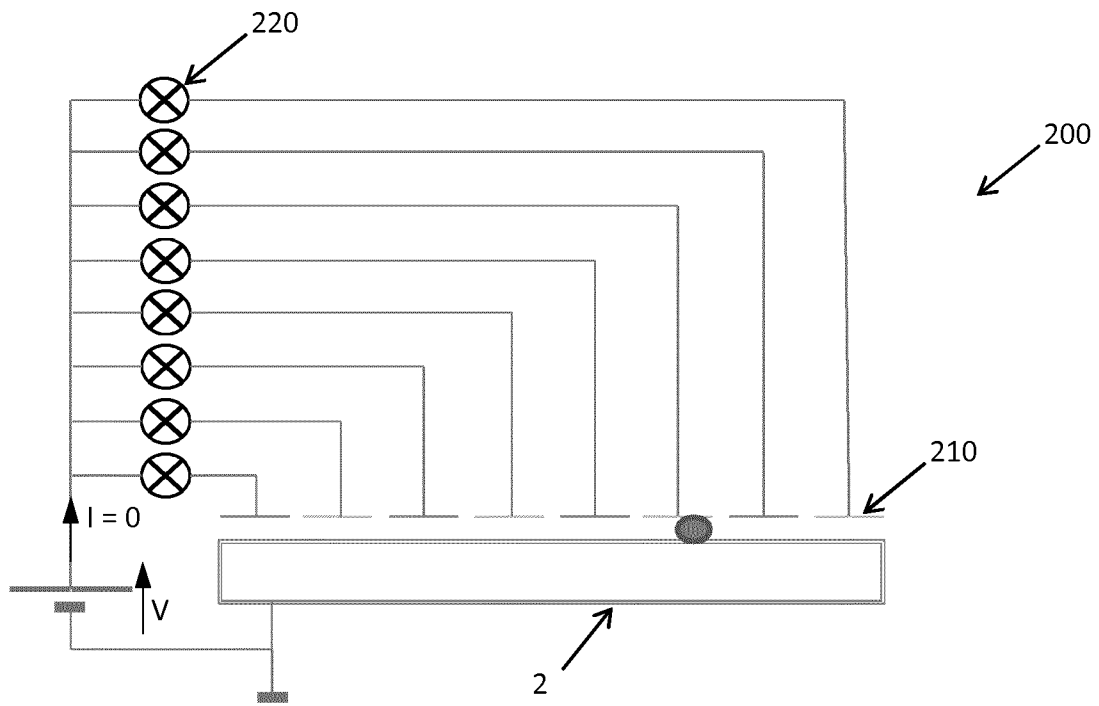
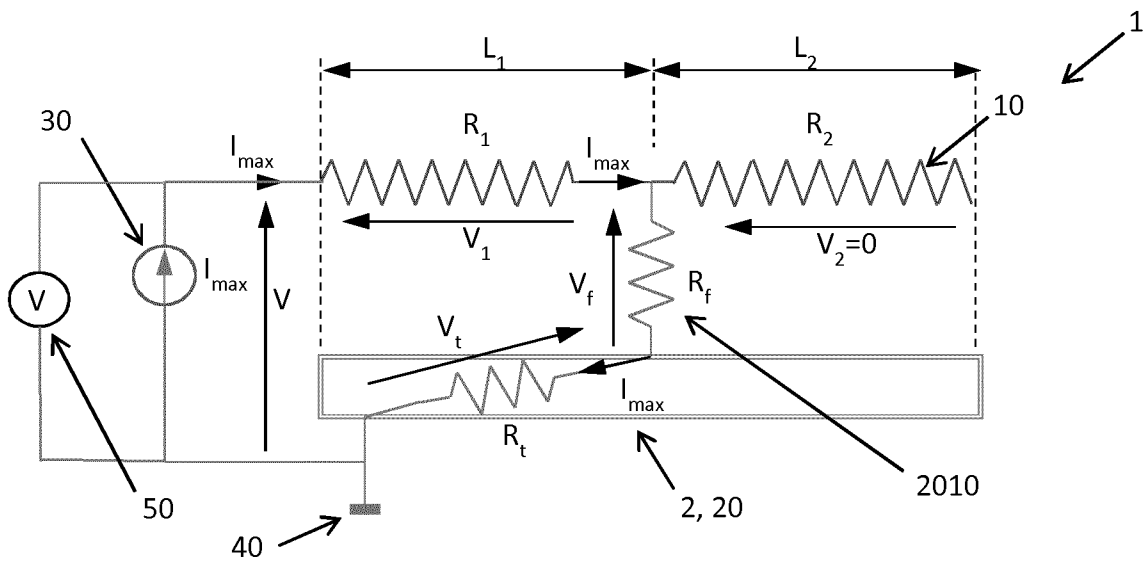
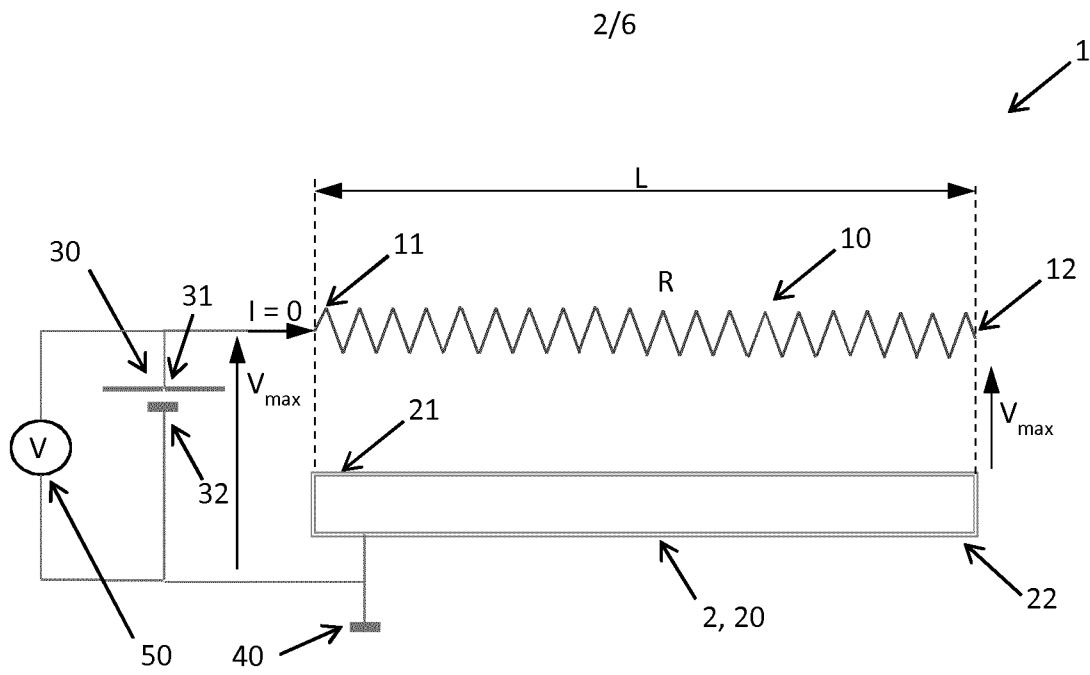


Fig. 1



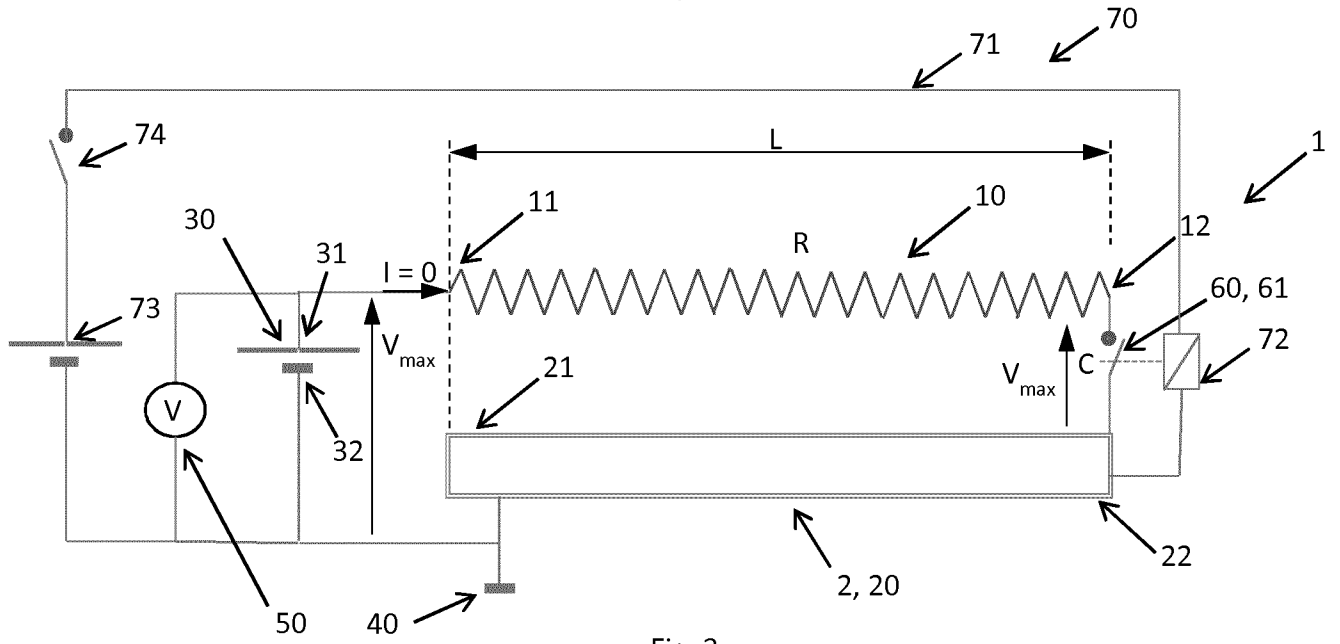


Fig. 3

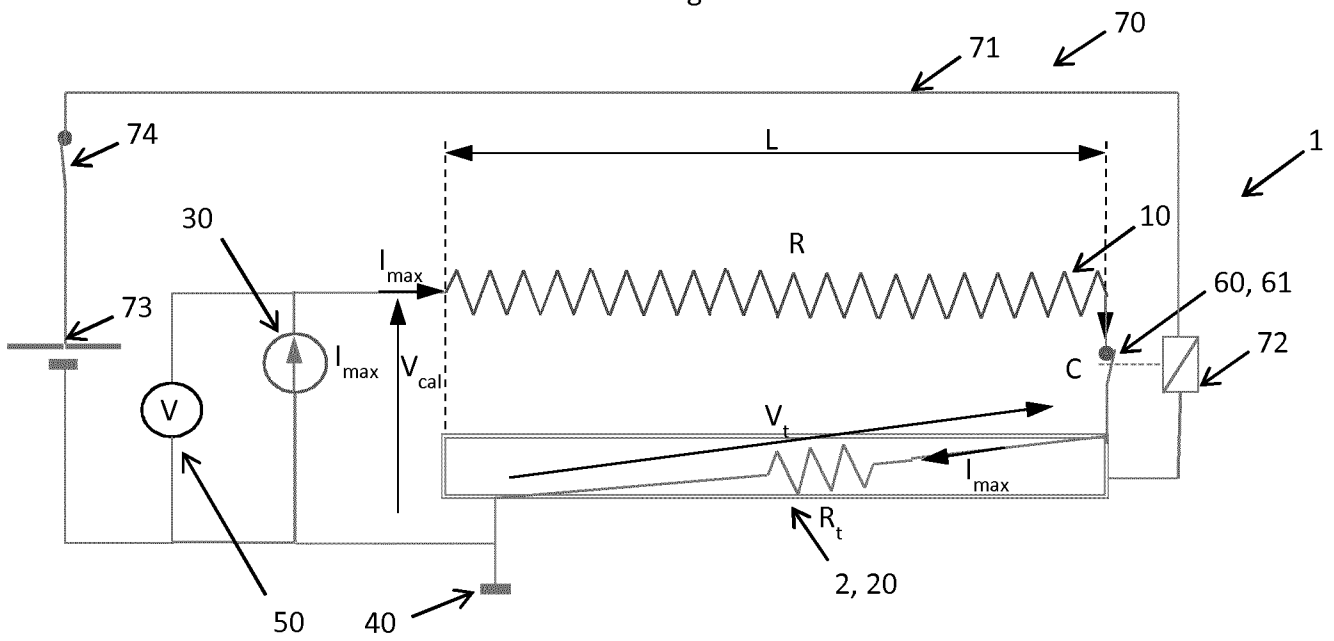


Fig. 4

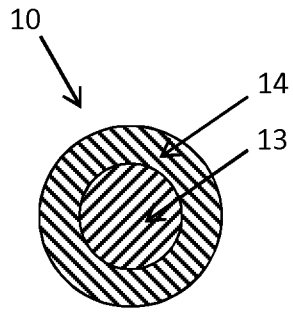


Fig. 5a

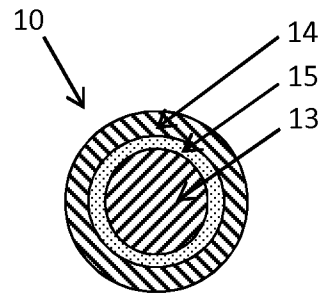


Fig. 5b

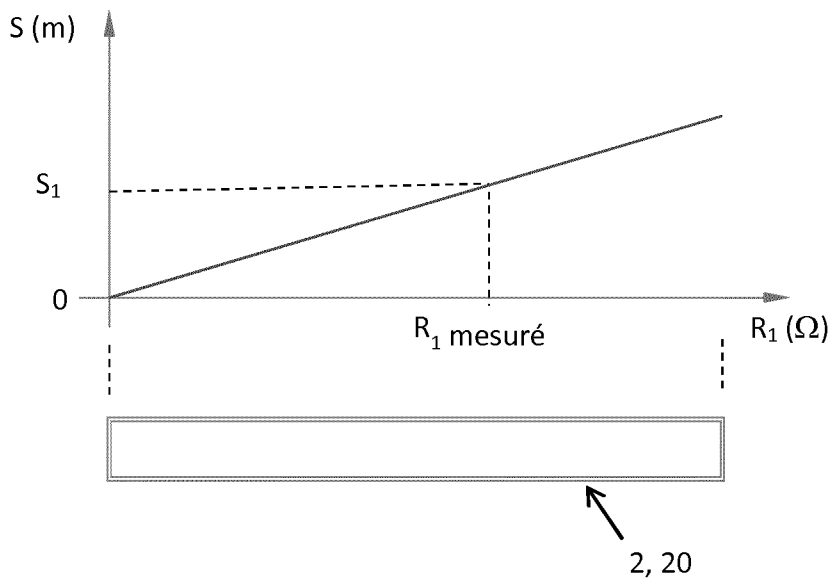


Fig. 6

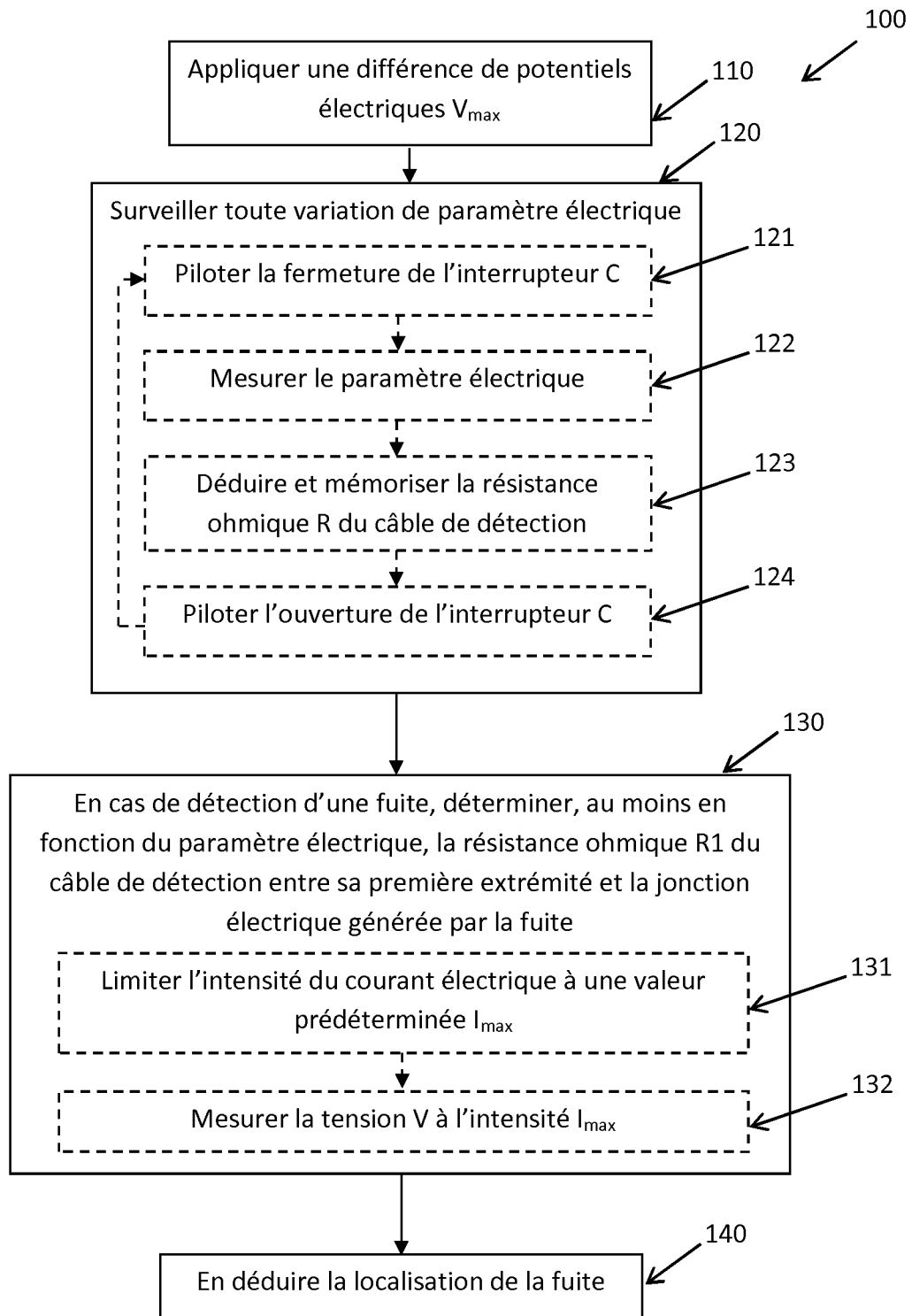


Fig. 7

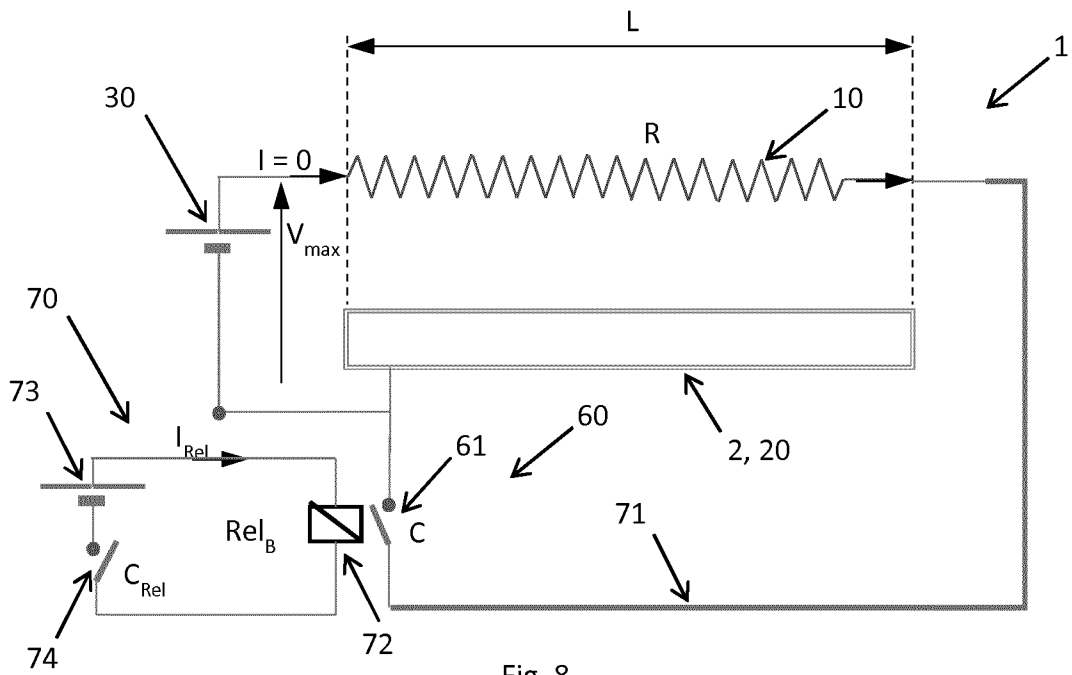


Fig. 8

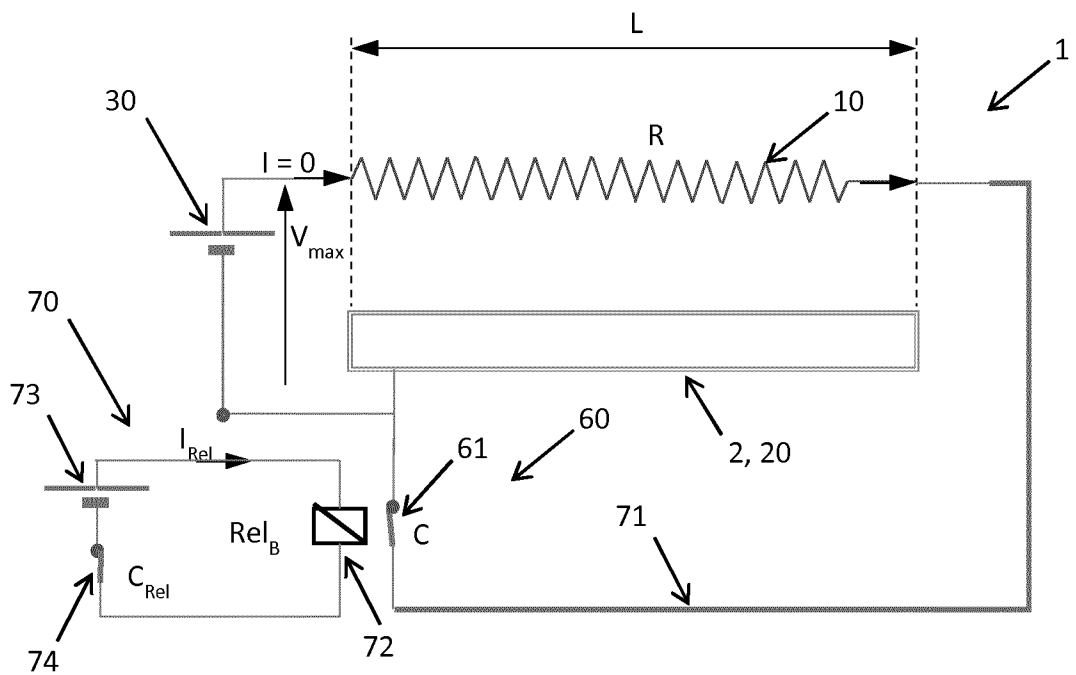


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/085782

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01M3/16
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 250 776 A1 (RAYCHEM CORP [US]) 7 January 1988 (1988-01-07)	1-6,8-22
A	abstract; figures 1,13-16,33-38 page 8, line 29 - page 9, line 7 page 16, line 15 - page 17, line 10 page 33, lines 11-16	7
A	----- EP 0 418 321 A1 (RAYCHEM CORP [US]) 27 March 1991 (1991-03-27) abstract; figures 1-3 column 2, lines 52-58 column 4, lines 3-37 column 5, line 20 - column 6, line 22	1-22
A	----- EP 2 444 797 A1 (NEXANS [FR]) 25 April 2012 (2012-04-25) the whole document	1-22

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "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)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "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
- "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
- "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
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 25 February 2019	Date of mailing of the international search report 04/03/2019
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Mihai Vasile
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2018/085782

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0250776	A1	07-01-1988	AT 77155 T 15-06-1992
			EP 0250776 A1 07-01-1988

EP 0418321	A1	27-03-1991	AT 131646 T 15-12-1995
			AU 3831789 A 05-01-1990
			CA 1338513 C 06-08-1996
			DE 68925118 D1 25-01-1996
			DE 68925118 T2 22-08-1996
			EP 0418321 A1 27-03-1991
			JP H03504764 A 17-10-1991
			US 4922183 A 01-05-1990
			WO 8912289 A1 14-12-1989

EP 2444797	A1	25-04-2012	EP 2444797 A1 25-04-2012
			FR 2966600 A1 27-04-2012
			US 2012126838 A1 24-05-2012

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2018/085782

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01M3/16 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01M		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 250 776 A1 (RAYCHEM CORP [US]) 7 janvier 1988 (1988-01-07)	1-6,8-22
A	abrégé; figures 1,13-16,33-38 page 8, ligne 29 - page 9, ligne 7 page 16, ligne 15 - page 17, ligne 10 page 33, lignes 11-16	7
A	----- EP 0 418 321 A1 (RAYCHEM CORP [US]) 27 mars 1991 (1991-03-27) abrégé; figures 1-3 colonne 2, lignes 52-58 colonne 4, lignes 3-37 colonne 5, ligne 20 - colonne 6, ligne 22	1-22
A	----- EP 2 444 797 A1 (NEXANS [FR]) 25 avril 2012 (2012-04-25) le document en entier	1-22
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "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) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"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 "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 "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 "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 25 février 2019		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/03/2019
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Mihai Vasile

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2018/085782

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0250776	A1	07-01-1988	AT 77155 T	15-06-1992
			EP 0250776 A1	07-01-1988

EP 0418321	A1	27-03-1991	AT 131646 T	15-12-1995
			AU 3831789 A	05-01-1990
			CA 1338513 C	06-08-1996
			DE 68925118 D1	25-01-1996
			DE 68925118 T2	22-08-1996
			EP 0418321 A1	27-03-1991
			JP H03504764 A	17-10-1991
			US 4922183 A	01-05-1990
			WO 8912289 A1	14-12-1989

EP 2444797	A1	25-04-2012	EP 2444797 A1	25-04-2012
			FR 2966600 A1	27-04-2012
			US 2012126838 A1	24-05-2012
