



- (51) Classification internationale des brevets :
G01R 15/06 (2006.01) **G01B 17/00** (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2013/073881
- (22) Date de dépôt international :
14 novembre 2013 (14.11.2013)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
12 60922 16 novembre 2012 (16.11.2012) FR
- (71) Déposant : **ALSTOM TECHNOLOGY LTD** [CH/CH];
Brown Boveri Strasse 7, CH-5400 Baden (CH).
- (72) Inventeurs : **CHATREFOU, Denis**; 68 impasse des Ro-
siers, F-13320 Bouc Bel Air (FR). **MIRONNEAU, Jean-**
François; 73 cours Richard Vitton, F-69003 Lyon (FR).
TROUBAT, Vincent; 18 Avenue du parc, F-38300 Bour-
goin Jallieu (FR).
- (74) Mandataires : **AHNER, Philippe** et al.; Brevaalex, 95, rue
d'Amsterdam, F-75378 Paris Cedex 8 (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, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (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))

(54) Title : VERY HIGH VOLTAGE DC LINE VOLTAGE SENSOR

(54) Titre : CAPTEUR DE TENSION DE LIGNE A TRES HAUTE TENSION A COURANT CONTINU

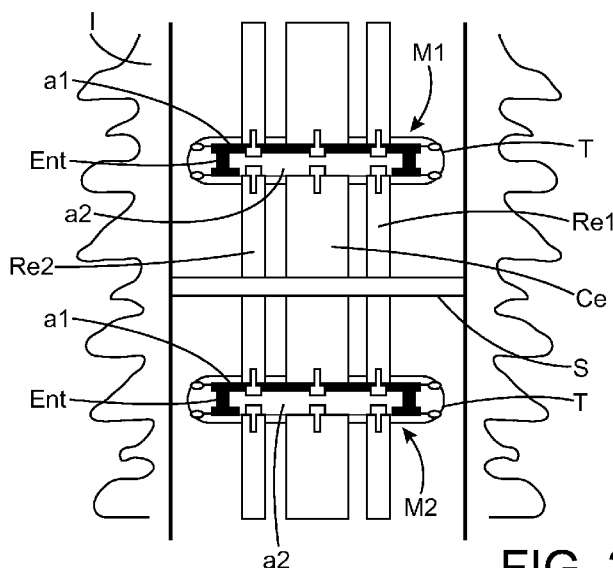


FIG. 3

(57) Abstract : The invention relates to a very high vol-
tage DC line voltage sensor, the sensor being made up
of a voltage divider comprising two series-connected
voltage division stages, a first voltage division stage
(E1) being made up of at least two elementary voltage
division stages (Em) arranged in series and distributed
in a composite insulator (I), each elementary stage (Em)
comprising at least one capacitor (Ce) and at least one
resistor (Re) in parallel that are fixed to electrically
conductive plates (a1, a2), at least one electrically insu-
lating holding piece (S) that encloses the resistor and
the capacitor being in contact with the internal wall of
the composite insulator (I) in order to fix the capacitor
and the resistor to the inside of the composite insulator.

(57) Abrégé : L' invention concerne un capteur de ten-
sion de ligne à très haute tension à courant continu, le
capteur étant constitué d'un diviseur de tension compren-
nant deux étages de division de tension connectés en sé-
rie, un premier étage de division de tension (E1) étant
constitué d'au moins deux étages élémentaires de divi-
sion de tension (Em) montés en série et répartis dans un
isolateur composite (I), chaque étage élémentaire (Em)
comprenant au moins un condensateur (Ce) et au moins
une résistance (Re) en parallèle fixés à des plaques élec-
triquement conductrices (a1,

[Suite sur la page suivante]



CAPTEUR DE TENSION
DE LIGNE A TRES HAUTE TENSION A COURANT CONTINU

DESCRIPTION

Domaine technique et art antérieur

5 La présente invention concerne un capteur de tension de ligne à très haute tension à courant continu.

 Le domaine d'application de l'invention est celui de la transmission de l'énergie électrique sur
10 les lignes à très haute tension à courant continu. Par « très haute tension à courant continu », il faut entendre, par exemple, des tensions pouvant atteindre 1100kV en courant continu.

 La connaissance de la tension sur une ligne
15 à très haute tension ou entre les jeux de barres de sous-stations électriques est nécessaire pour réaliser les fonctions de protection, de contrôle et de comptage de l'énergie. La solution qui existe, à ce jour, pour mesurer cette tension est d'utiliser des diviseurs de
20 tension.

 Le schéma de principe d'un diviseur de tension est donné en figure 1.

 Le diviseur de tension est constitué de deux impédances $Z1$ et $Z2$ montées en série et qui
25 relie la ligne haute tension de potentiel Va à la ligne de masse de potentiel Vo . Un courant i parcourt les impédances $Z1$ et $Z2$. Le point milieu entre les impédances $Z1$ et $Z2$ est au potentiel Vb . Il vient :

$$(Va - Vb) = Z1 \times i, \text{ et}$$

$$(V_b - V_o) = Z_2 \times i$$

En conséquence :

$$(V_a - V_o) = (Z_1 + Z_2) \times i, \text{ et donc :}$$

$$(V_b - V_o) = (Z_2 / (Z_1 + Z_2)) \times (V_a - V_o)$$

5 La quantité $(Z_2 / (Z_1 + Z_2))$ est par définition le rapport R_p du diviseur de tension. La tension $(V_b - V_o)$ qui est mesurée par le diviseur de tension est l'image de la tension $(V_a - V_o)$ qui est présente sur la ligne.

10 Les capteurs de mesure de très haute tension à courant continu doivent être aptes à mesurer des tensions continues et des tensions alternatives. Les tensions alternatives qui sont mesurées correspondent aux fluctuations de la tension continue.
15 Les fréquences concernées peuvent atteindre, par exemple, 5 kHz. De façon préférentielle, les capteurs de mesure sont calculés pour être indépendants de la fréquence.

Afin de réaliser une division de tension
20 indépendante de la fréquence, le rapport R_p doit être indépendant de la fréquence. Chaque impédance Z_i ($i=1, 2$) est alors constituée d'une résistance R_i ($i=1, 2$) et d'un condensateur C_i ($i=1, 2$) montés en parallèle, la condition suivante étant réalisée entre les éléments R_i
25 et C_i :

$$R_1 \times C_1 = R_2 \times C_2.$$

Il vient alors:

$$R_p = R_2 / (R_1 + R_2), \text{ ou encore :}$$

$$R_p = C_1 / (C_1 + C_2).$$

30 Le rapport R_p est alors indépendant de la fréquence. C'est ce type de diviseur de tension,

communément appelé diviseur résistif/capacitif ou diviseur RC, qui est préférentiellement utilisé pour les mesures de tension sur les lignes à très haute tension continue.

5 A ce jour, les diviseurs RC sont réalisés en utilisant des composants capacitifs à base de techniques d'isolation « papier/polypropylène - gaz SF6 », sous une pression élevée du gaz SF6. Ces technologies conduisent souvent à des défauts internes
10 d'isolement et leurs applications sont souvent limitées à des tensions inférieures à 800 kV. Par ailleurs, la stabilité en température des mesures en DC (i.e. en courant continu) et en AC (i.e. en courant alternatif) ainsi que la précision des mesures des harmoniques en
15 AC pour les fréquences allant jusqu'à 5kHz, sont actuellement insuffisantes par rapport aux demandes spécifiées dans la plupart des cahiers des charges.

L'invention ne présente pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

20 Exposé de l'invention

En effet, l'invention concerne un capteur de tension de ligne à très haute tension à courant continu, le capteur étant constitué d'un diviseur de tension comprenant deux étages de division de tension
25 connectés en série, une tension intermédiaire étant prélevée au point de connexion des deux étages de division de tension, un premier étage de division de tension étant constitué d'au moins deux étages élémentaires de division de tension montés en série et
30 répartis dans un isolateur composite, caractérisé en ce qu'un étage élémentaire de division de tension comprend

au moins un condensateur et au moins une résistance en parallèle, le condensateur et la résistance ayant chacun une première borne fixée sur une première plaque électriquement conductrice et une deuxième borne, 5 opposée à la première borne, fixée sur une deuxième plaque électriquement conductrice, la première plaque électriquement conductrice et la deuxième plaque électriquement conductrice étant entourées, chacune, par un capot électriquement conducteur, au moins une 10 pièce électriquement isolante de maintien qui enserre la résistance et le condensateur étant en contact avec la paroi interne de l'isolateur composite afin de fixer le condensateur et la résistance à l'intérieur de l'isolateur composite.

15 Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, la première plaque électriquement conductrice est une plaque rigide d'une première pièce mécanique de maintien électriquement conductrice et la deuxième plaque électriquement conductrice est 20 constituée d'une feuille métallique souple en forme d'araignée solidaire d'une couronne en acier d'une deuxième pièce mécanique de maintien électriquement conductrice, une première plaque électriquement conductrice et une deuxième plaque électriquement 25 conductrice d'une même pièce mécanique de maintien électriquement conductrice étant reliées l'une à l'autre par des entretoises électriquement conductrices.

Selon une autre caractéristique 30 supplémentaire de l'invention, le deuxième étage de division de tension est constitué de composants

électroniques comprenant des condensateurs et/ou des résistances interchangeable.

Selon encore une autre caractéristique supplémentaire de l'invention, le deuxième étage de division de tension comprend au moins un condensateur et au moins une résistance en parallèle contenus dans un boîtier étanche, un câble blindé reliant électriquement le deuxième étage de division de tension au premier étage de division de tension.

10 Selon encore une autre caractéristique supplémentaire de l'invention, un circuit électronique a une entrée reliée à une sortie du deuxième étage de division de tension et le circuit électronique comprend des circuits de traitement du signal qu'il reçoit sur son entrée.

Selon encore une autre caractéristique supplémentaire de l'invention, les circuits de traitement comprennent un convertisseur analogique/numérique.

20 Selon encore une autre caractéristique supplémentaire de l'invention, le premier étage de division de tension est équipé de moyens de mesure de température aptes à délivrer une température du capteur.

25 Selon encore une autre caractéristique supplémentaire de l'invention, le circuit électronique comprend des moyens aptes à corriger des dérives en température des valeurs de résistance et/ou des valeurs de capacité de condensateur du premier et/ou du deuxième étage de division de tension, sur la base de

30

mesures de température délivrées par les moyens de mesure de température.

Selon encore une autre caractéristique supplémentaire de l'invention, la très haute tension
5 est comprise entre 100kV en continu et 1100kV en continu et la tension intermédiaire est comprise entre 100V et 200V en continu.

Selon encore une autre caractéristique supplémentaire de l'invention, l'isolateur composite
10 est un tube en fibre de verre époxy recouvert d'ailettes en silicone.

Un avantage du capteur de tension de l'invention est de permettre que soient absorbées les variations de dimension des condensateurs et des
15 résistances qui sont liées aux dispersions de fabrication et/ou aux dilatations différentielles desdits condensateurs et résistances.

Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de
20 l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention fait en référence aux figures jointes, parmi lesquelles :

- La figure 1, déjà décrite, représente le schéma de principe d'un diviseur de tension ;
- 25 - La figure 2 représente un schéma de capteur de tension selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention ;
- La figure 3 représente une vue de détail du capteur de tension représenté en figure 2 ;
- 30 - La figure 4 représente une vue de détail de l'isolateur composite qui participe à la réalisation

du capteur de tension selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention.

Sur toutes les figures, les mêmes références désignent les mêmes éléments.

5 Exposé détaillé d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention

La figure 2 représente un schéma de capteur de tension selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention et la figure 3 représente une vue de détail
10 du capteur de tension représenté en figure 2.

Le capteur de tension comprend deux étages de division de tension E1, E2 montés en série. Une première borne du premier étage de division E1 prélève la tension sur une ligne à très haute tension LHT et la
15 deuxième borne du premier étage E1 est électriquement reliée à la première borne du deuxième étage E2 dont la deuxième borne est reliée à la ligne de masse LM.

Une ou deux pièces électriquement conductrices P1, P2 sont placées au niveau où la
20 première borne du premier étage E1 prélève la tension sur la ligne LHT de façon à protéger, d'un point de vue électrique, la connexion entre la ligne et le diviseur de tension (suppression des effets de pointe).

Le premier étage de division E1 comprend
25 une pluralité d'étages de division élémentaires Em montés en série, chaque étage de division élémentaire comprenant un condensateur Ce et une résistance Re montés en parallèle et maintenus à l'intérieur d'un isolateur composite I. Le condensateur Ce et la
30 résistance Re sont des composants discrets de technologie standard aptes à supporter les valeurs de

tension assignées au bon fonctionnement du capteur (valeurs typiquement comprises entre 100kV et 1100kV en continu divisés par le nombre N d'étages du diviseur). A titre d'exemple non limitatif, les dimensions

5 géométriques d'un condensateur C_e sont de l'ordre de la trentaine de centimètres et la tension maximale assignée à ce condensateur de l'ordre de 50kV en courant continu. Il en est de même pour une résistance

10 R_e dont la longueur est environ de trente centimètres et supporte une tenue électrique de 50kV en courant continu. De façon préférentielle, comme cela est représenté sur la figure 3, une résistance R_e est réalisée par la mise en parallèle de deux résistances R_{e1} et R_{e2} .

15 Dans le mode de réalisation préférentiel de l'invention représenté en figure 3, les résistances et les condensateurs de deux étages élémentaires voisins sont fixés à même une pièce mécanique de maintien électriquement conductrice $M_i (i=1, 2, \dots)$, qui comprend

20 une plaque électriquement conductrice épaisse et rigide a_1 et une feuille métallique souple, par exemple en acier, en forme d'araignée solidaire d'une couronne épaisse en acier a_2 .

Les condensateurs et les résistances d'un

25 même étage élémentaire E_m sont fixés entre deux pièces mécaniques de maintien électriquement conductrices. Chaque résistance et chaque condensateur d'un étage de division élémentaire E_m a ainsi une première borne fixée, par exemple par vissage, à la plaque a_1 d'une

30 première pièce mécanique de maintien M_1 et une deuxième borne fixée, par exemple par vissage, dans la feuille

métallique souple en forme d'araignée solidaire d'une couronne épaisse en acier a2 d'une deuxième pièce mécanique de maintien M2.

Un tel montage permet avantageusement que
5 des variations de dimension des condensateurs et des résistances liées à leurs dispersions de fabrication et/ou aux dilatations différentielles soient absorbées. La cohésion entre la plaque a1 et la plaque a2 d'une même pièce mécanique électriquement conductrice de
10 maintien est assurée par des entretoises électriquement conductrices Ent.

Un capot électriquement conducteur T entoure les plaques a1, a2 d'une même pièce mécanique de maintien. Ce capot a pour fonction de répartir
15 correctement les lignes de champ électrique entre les différents étages de division élémentaires. Sa forme est avantageusement calculée pour tenir les tensions de claquage. A titre d'exemple non limitatif, selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention, chaque
20 capot électriquement conducteur T est équipé d'un élément métallique plat soudé sur la face interne du capot et qui présente une série de trous filetés dans lesquels des vis fixent le capot aux éléments conducteurs a1 et a2.

25 Pour chaque étage de division élémentaire Em, une pièce électriquement isolante de maintien S (cf. figure 3) enserre le condensateur Ce et les résistances Re1 et Re2 et prend appui sur la paroi interne de l'isolateur composite I. La pièce de
30 maintien S permet de centrer les condensateurs et les résistances dans l'isolateur composite avec un jeu

suffisant pour réaliser un montage facile. L'isolateur composite I contient de l'air sec sous une atmosphère dont la pression est préférentiellement supérieure de 3×10^4 Pa à la pression atmosphérique, ce qui évite
5 avantageusement que le capteur ne soit placé en dépression lorsque les températures deviennent négatives.

Avantageusement, l'édifice mécanique que constitue le premier étage E1 est un système
10 « flottant » qui assure le maintien mécanique des condensateurs et des résistances sans contraintes (dilatations thermiques ; flexion de l'isolateur composite). Par ailleurs, la continuité électrique qui existe entre le haut et le bas du premier étage E1
15 assure une excellente tenue diélectrique lorsque le capteur est soumis aux tensions assignées (présence des capots arrondis dont la forme est calculée pour tenir les tensions diélectriques).

Un câble blindé relie le premier étage et
20 le deuxième étage. Le deuxième étage E2 comprend des résistances et des condensateurs dont le schéma équivalent est constitué d'un condensateur C2 en parallèle avec une résistance R2. De façon avantageuse, il est possible de changer la capacité de un ou
25 plusieurs condensateurs du deuxième étage E2 afin de régler la tension intermédiaire délivrée par le deuxième étage.

La sortie du deuxième étage de division de tension est reliée à l'entrée d'un circuit de
30 traitement C. Le circuit de traitement C comprend un convertisseur analogique/numérique qui convertit la

tension analogique intermédiaire délivrée par le deuxième étage en un signal numérique.

Selon un perfectionnement de l'invention, des moyens de mesure de température aptes à délivrer
5 une température du capteur sont placés dans le premier étage E1 et la mesure de température délivrée par ces moyens de mesure est transmise au circuit de traitement C. Le circuit de traitement C comprend alors des moyens aptes à corriger les dérives en température des valeurs
10 de résistance et/ou de capacité de condensateur du premier et/ou du deuxième étage de division de tension, sur la base des mesures de température délivrées par les moyens de mesure de température.

La figure 4 représente une vue de détail de
15 l'isolateur composite qui participe à la réalisation du capteur de tension selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention.

L'isolateur composite est de type monolithique, c'est-à-dire fabriqué d'un seul tenant en
20 utilisant un tube en fibre de verre époxy recouvert d'ailettes en silicone. Les ailettes en silicone présentent un profil capable d'atteindre la ligne de fuite qui est spécifiée dans le cahier des charges du capteur de tension. Pour un capteur de tension apte à
25 mesurer une tension égale à 800kV en continu, la ligne de fuite spécifiée est de 54,5mm/kV. La figure 4 illustre un profil d'ailettes de l'isolateur contenant le capteur de tension apte à mesurer une tension de 800kV en continu. Du haut en bas de l'isolateur les
30 ailettes, orientées vers le sol, se succèdent de sorte qu'une ailette de petite dimension b1 succède à une

aillette de grande dimension b2. Par ailette de petite dimension, il faut entendre, par exemple, une ailette dont la distance h qui sépare son extrémité du corps de l'isolateur est égale à 50mm. De même, par ailette de grande dimension, il faut entendre, par exemple, une ailette dont la distance H qui sépare son extrémité du corps de l'isolateur est égale à 70mm. La distance d qui sépare deux ailettes de même dimension est égale, par exemple, à 60mm. L'angle θ que fait chaque ailette (petite ou grande) avec l'horizontale est sensiblement égal à 30° .

A titre d'exemple non limitatif, le choix des composants constitutifs d'un capteur de tension selon l'invention va maintenant être décrit. Le capteur de tension a, par exemple, les caractéristiques suivantes :

- tension d'usage de 800kV en continu ;
- tension maximale continue devant être tenue durant une heure : 1230kV ;
- tension de tenue aux chocs de foudre : 2250kV (onde de tension dont le temps de montée est de 1,2 μ s et le temps de descente de 50 μ s) ;
- tension de tenue aux fréquences industrielles (50Hz) : 1070kV en courant alternatif (avec mesure de décharges partielles et limite maximale à 10pC) ;
- précision des mesures en continu: classe 0,1% à 0,2% ;
- précision des mesures en alternatif : classe 1% à 3% jusqu'à 5kHz ;

- courant parcourant le capteur compris entre 1mA et 2mA.

Pour la conception d'un tel capteur, chaque étage élémentaire E_m est choisi pour tenir une tension continue maximale de 52kV avec un espace inter-étage d'environ 40cm. Il s'en suit que le nombre N d'étages élémentaires du premier étage de division de tension est égal à 24 ($1230/52$) et que la hauteur du premier étage est sensiblement égale à 9,6m.

Comme cela est apparu en référence à la figure 1, un rapport de division R_p indépendant de la fréquence s'écrit :

$$(a) R_p = R_2 / (R_1 + R_2), \text{ ou encore}$$

$$(b) R_p = C_1 / (C_1 + C_2)$$

Lorsque la tension est purement continue, seules les résistances interviennent dans le calcul du rapport (équation (a)) et lorsque la tension est alternative de fréquence élevée, seules les capacités interviennent (équation (b)).

La technologie de fabrication des résistances haute tension utilise des barreaux de céramique sur lesquels sont déposées des pistes conductrices très fines qui utilisent un alliage (par exemple, un mélange d'Oxyde de Ruthenium RuO_2 et de silice) dont la résistivité est très stable en température. Il est donc relativement facile de réaliser des résistances ayant une grande stabilité thermique, typiquement comprise, par exemple, entre 10 et 20ppm/°C. Compte tenu de la disparité des coefficients de dérive des résistances, il est toutefois nécessaire de corriger la mesure pour des

dynamiques de température importantes (mesures de température associées à des tables de correction en fonction de la température).

Par ailleurs, la technologie de fabrication des condensateurs standards utilise des films isolants de polypropylène sur lesquels sont déposées des argentures qui forment les plaques conductrices des électrodes du condensateur. Un double enroulement imbriqué de ce type de film réalise alors le condensateur. Cette technologie ne permet pas d'obtenir une capacité ayant une grande stabilité thermique. Les mesures de température sont également ici aussi nécessaires pour corriger les mesures.

Choix des valeurs des résistances R1 et Re

La mesure de la tension continue doit être extrêmement précise (classe 0,1% à 0,2%). Pour cette mesure, seul le diviseur résistif intervient. Le choix de la valeur de la résistance R1 du premier étage E1 est imposé par deux contraintes contradictoires, à savoir :

- que la résistance R1 ait une valeur suffisamment basse pour ne pas être perturbée par des résistances parasites; et
- que la résistance R1 ait une valeur suffisamment élevée pour éviter que trop de courant ne soit dérivé dans le capteur.

Par ailleurs, comme cela a été mentionné ci-dessus, le cahier des charges limite le courant à une valeur comprise entre 1 et 2mA.

A titre d'exemple non limitatif, pour une valeur de courant égale à 1,33mA, la résistance R1 est

égale à $600\text{M}\Omega$ (en effet : $R1=800\text{kV}/1,33\text{mA}$). Le premier étage étant formé de 24 étages élémentaires, il s'en suit que la résistance R_e d'un étage élémentaire est égale à $25\text{M}\Omega$ ($600\text{M}\Omega = 24 \times 25 \text{M}\Omega$). De façon
5 préférentielle, la résistance R_e est alors réalisée à l'aide de deux résistances de $50\text{M}\Omega$ en parallèle. Cela permet d'homogénéiser la température dégagée par le passage du courant dans les résistances et de servir de redondance. En effet, en cas de défaut, par exemple la
10 coupure d'une piste d'une résistance, le diviseur peut continuer de fonctionner grâce à l'autre résistance qui pourra supporter le double de courant ; sa puissance est prévue pour cette alternative de fonctionnement. La précision sera légèrement dégradée (différence du
15 rapport de résistances égale à $625/600$) mais suffisante pour continuer d'alimenter des systèmes de protection et de contrôle garantissant la sécurité de l'ouvrage électrique.

20 Choix des valeurs de capacité des condensateurs C_1 et C_e

Le choix de la valeur de la capacité du condensateur C_e est également imposée par deux contraintes contradictoires, à savoir :

- avoir une valeur suffisamment basse pour
25 ne pas influencer la précision du diviseur de tension aux basses fréquences ; et

- avoir une valeur suffisamment élevée pour éviter d'être perturbée par la présence de capacités parasites qui peuvent apparaître entre les parties
30 médianes du diviseur de tension et la terre ou de la ligne à haute tension.

Un calcul de valeur de capacité lié au seul premier critère est effectué ci-dessous.

Il existe une fréquence du signal pour laquelle l'impédance liée à la résistance R1 est égale
5 à l'impédance liée au condensateur C1. C'est le cas où autant de courant passe dans le condensateur C1 et dans la résistance R1. Dans la suite de la description, cette fréquence du signal est appelé « fréquence de basculement ». Il est souhaitable que la fréquence de
10 basculement soit assez éloignée du continu afin que la résistance R1 l'emporte sur le condensateur C1 pour l'écoulement du courant.

A la fréquence de basculement, comme indiqué ci-dessus, la relation suivante est vérifiée :

15
$$R1 = 1 / (C1 \times \omega) \text{ avec } \omega = 2\pi f_{\text{basc}}$$

La fréquence de basculement f_{basc} s'écrit en conséquence :

$$f_{\text{basc}} = 1 / (2\pi \times R1 \times C1),$$

et la capacité C1 :

20
$$C1 = 1 / (2\pi \times R1 \times f_{\text{basc}})$$

Si l'on choisit comme valeur de fréquence de basculement 1Hz, il vient, pour la résistance R1 de 600M Ω mentionnée ci-dessus :

$$C1 = 300 \text{ pF}$$

25 Une telle valeur de capacité est un peu trop faible pour être insensible aux capacités parasites. La valeur choisie dans le cadre du mode de réalisation préférentiel de l'invention est alors légèrement supérieure à la valeur calculée ci-dessus,
30 par exemple 500pF. Il a été constaté que cette valeur

de capacité du condensateur remplit correctement les critères souhaités.

Il est alors possible d'en déduire la valeur de la capacité d'un condensateur d'étage
5 élémentaire :

$$C_e = 24 \times 500 \text{ pF},$$

soit :

$$C_e = 12\text{nF}$$

10 Choix des valeurs de la résistance R2 et de la capacité du condensateur C2.

Ce sont les valeurs de la capacité C2 et de la résistance R2 qui fixent la tension intermédiaire de sortie. Comme cela a été mentionné précédemment, la
15 valeur choisie de la tension de sortie pour le mode de réalisation préférentiel de l'invention est égale à 200V. Une telle valeur de tension permet de choisir une valeur de capacité du condensateur C2 suffisamment importante pour que la capacité du câble de connexion
20 entre le premier et le deuxième étage soit négligeable (la capacité linéique du câble de connexion est, par exemple, comprise entre 10pF/m et 100pF/m).

Pour calculer les valeurs de R2 et de C2, la tension de sortie du diviseur de tension est
25 imposée, par exemple égale à 200V. Dans ce cas, le rapport du diviseur de tension Rp est imposé et sa valeur est :

$$R_p = 200\text{V} / 800000\text{V}$$

soit :

30 $R_p = 1/4000$

Compte tenu, par ailleurs, des équations reliant les composants du diviseur de tension au rapport de division R_p , il vient :

$$R_p = R_2 / (R_1 + R_2), \text{ et aussi}$$

5 $R_p = C_1 / (C_1 + C_2)$

On en déduit alors que :

$$R_2 = R_1 / (4000-1)$$

$$C_2 = (4000-1) \times C_1$$

D'où :

10 $R_2 \approx 150k\Omega \text{ et } C_2 \approx 2000nF$

Un avantage essentiel du capteur de tension de l'invention est de permettre un ajustement très précis du rapport de tension. La valeur du condensateur C_2 est modifiée en ajoutant ou en retranchant des condensateurs montés en parallèle, à cette fin, sur le circuit C. Le choix de ces condensateurs résulte, par exemple, de simulations mathématiques. La tension intermédiaire est alors ajustée, par un diviseur résistif large bande, à une valeur (par exemple +/-10V) compatible avec les convertisseurs analogique/numérique. Le circuit électronique C comprend, à cette fin, un convertisseur analogique-numérique qui convertit la tension intermédiaire en un signal numérique qui est transmis par un système de transmission numérique sur fibre optique.

15
20
25

La numérisation du signal s'effectue ainsi avantageusement dans le circuit C qui est situé au pied du capteur et les données de mesure peuvent alors être avantageusement transportées sur une longue distance, à partir du circuit C, par transmission numérique sur la fibre optique.

30

La numérisation du signal conserve toutes les caractéristiques de bande passante du signal. A titre d'exemple non limitatif, le signal est échantillonné à 200kHz après avoir été filtré par un
5 filtre analogique passe-bas anti repliement (« anti-aliasing » en langue anglaise) qui garantit la précision et la stabilité en fréquence. Le signal est ensuite décimé à 42kHz puis transporté par voie optique numérique, par exemple à 100Mbit/s.

10 En plus des avantages précédemment cités, d'autres avantages du capteur de tension de l'invention peuvent être cités, à savoir :

- une sécurité accrue du capteur du fait d'une probabilité d'explosion très faible ;
- 15 - un respect des conditions environnementales (pas d'huile, pas de gaz SF₆, mais une isolation sous air sec à la pression atmosphérique) ;
- une simplification du câblage de l'étage secondaire ;
- une maintenance facilitée par un logiciel d'interface
- 20 homme-machine intelligent ;
- la possibilité de supporter une panne sur un canal de mesure sans interruption du service, grâce aux redondances électroniques, évitant ainsi les interruptions intempestives de la sous-station qui sont
- 25 généralement très coûteuses.

REVENDICATIONS

5 1. Capteur de tension de ligne à très haute
tension à courant continu, le capteur étant constitué
d'un diviseur de tension comprenant deux étages de
division de tension connectés en série, une tension
intermédiaire étant prélevée au point de connexion des
10 deux étages de division de tension, un premier étage de
division de tension (E1) étant constitué d'au moins
deux étages élémentaires de division de tension (Em)
montés en série et répartis dans un isolateur composite
(I), caractérisé en ce qu'un étage élémentaire de
15 division de tension (Em) comprend au moins un
condensateur (Ce) et au moins une résistance (Re) en
parallèle, le condensateur et la résistance ayant
chacun une première borne fixée sur une première plaque
électriquement conductrice (a1) et une deuxième borne,
20 opposée à la première borne, fixée sur une deuxième
plaque électriquement conductrice (a2), la première
plaque électriquement conductrice (a1) et la deuxième
plaque électriquement conductrice (a2) étant entourées,
chacune, par un capot électriquement conducteur (T), au
25 moins une pièce électriquement isolante de maintien (S)
qui enserme la résistance et le condensateur étant en
contact avec la paroi interne de l'isolateur composite
(I) afin de fixer le condensateur et la résistance à
l'intérieur de l'isolateur composite.

2. Capteur de tension de ligne à très haute tension à courant continu selon la revendication 1, dans lequel la première plaque électriquement conductrice (a1) est une plaque rigide d'une première
5 pièce mécanique de maintien électriquement conductrice et la deuxième plaque électriquement conductrice (a2) est constituée d'une feuille métallique souple en forme d'araignée solidaire d'une couronne en acier d'une deuxième pièce mécanique de maintien électriquement
10 conductrice, une première plaque électriquement conductrice (a1) et une deuxième plaque électriquement conductrice (a2) d'une même pièce mécanique de maintien électriquement conductrice étant reliées l'une à l'autre par des entretoises (Ent) électriquement
15 conductrices.

3. Capteur de tension selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel le deuxième étage de division de tension (E2) est constitué de composants
20 électroniques comprenant des condensateurs et/ou des résistances interchangeables.

4. Capteur de tension de ligne à très haute tension à courant continu selon la revendications 3,
25 dans lequel le deuxième étage de division de tension (E2) comprend au moins un condensateur et au moins une résistance en parallèle contenus dans un boîtier étanche, un câble blindé reliant électriquement le deuxième étage de division de tension au premier étage
30 de division de tension.

5. Capteur de tension de ligne à très haute tension à courant continu selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel un circuit électronique (C) a une entrée reliée à une sortie du deuxième étage de division de tension et le circuit électronique (C) comprend des circuits de traitement du signal qu'il reçoit sur son entrée.

6. Capteur de tension de ligne à très haute tension à courant continu selon la revendication 5, dans lequel les circuits de traitement comprennent un convertisseur analogique/numérique.

7. Capteur de tension de ligne à très haute tension à courant continu selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier étage de division de tension est équipé de moyens de mesure de température aptes à délivrer une température du capteur.

8. Capteur de tension de ligne à très haute tension à courant continu selon la revendication 7, lorsque la revendication 7 dépend de la revendication 5 ou 6, dans lequel le circuit électronique (C) comprend des moyens aptes à corriger des dérives en température des valeurs de résistance et/ou des valeurs de capacité de condensateur du premier et/ou du deuxième étage de division de tension, sur la base de mesures de température délivrées par les moyens de mesure de température.

9. Capteur de tension de ligne à très haute tension à courant continu selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la très haute tension est comprise entre 100kV en continu et 1100kV en continu et la tension intermédiaire est comprise entre 100V et 200V en continu.

10. Capteur de tension de ligne à très haute tension à courant continu selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'isolateur composite (I) est un tube en fibre de verre époxy recouvert d'ailettes en silicone (b1, b2).

1 / 2

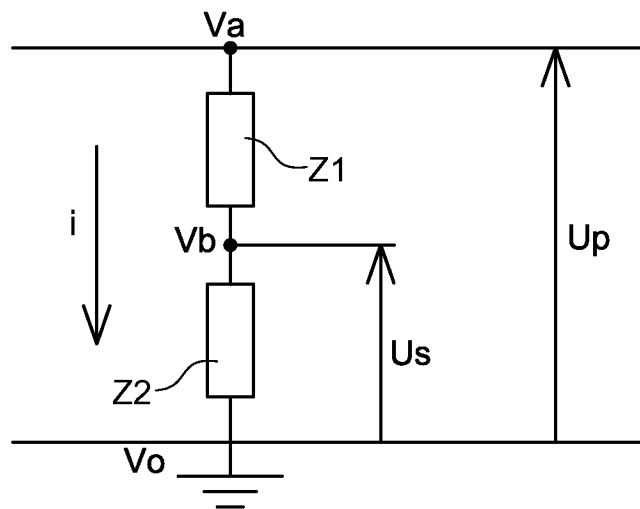


FIG. 1

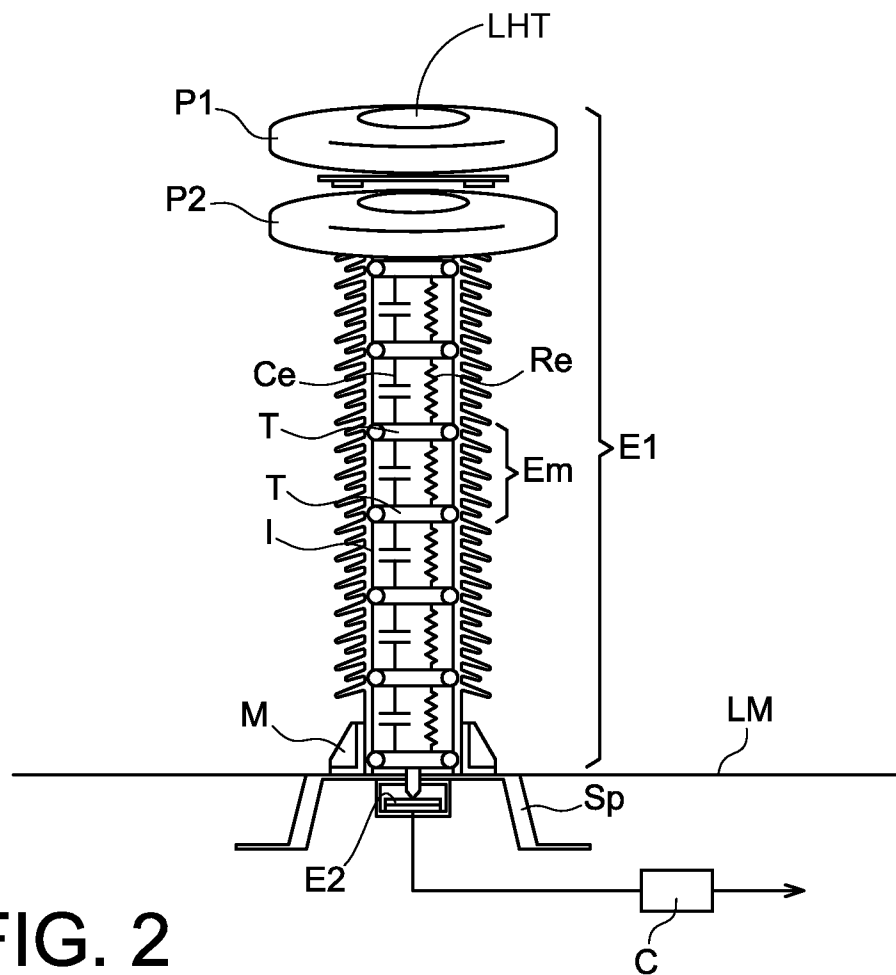


FIG. 2

2 / 2

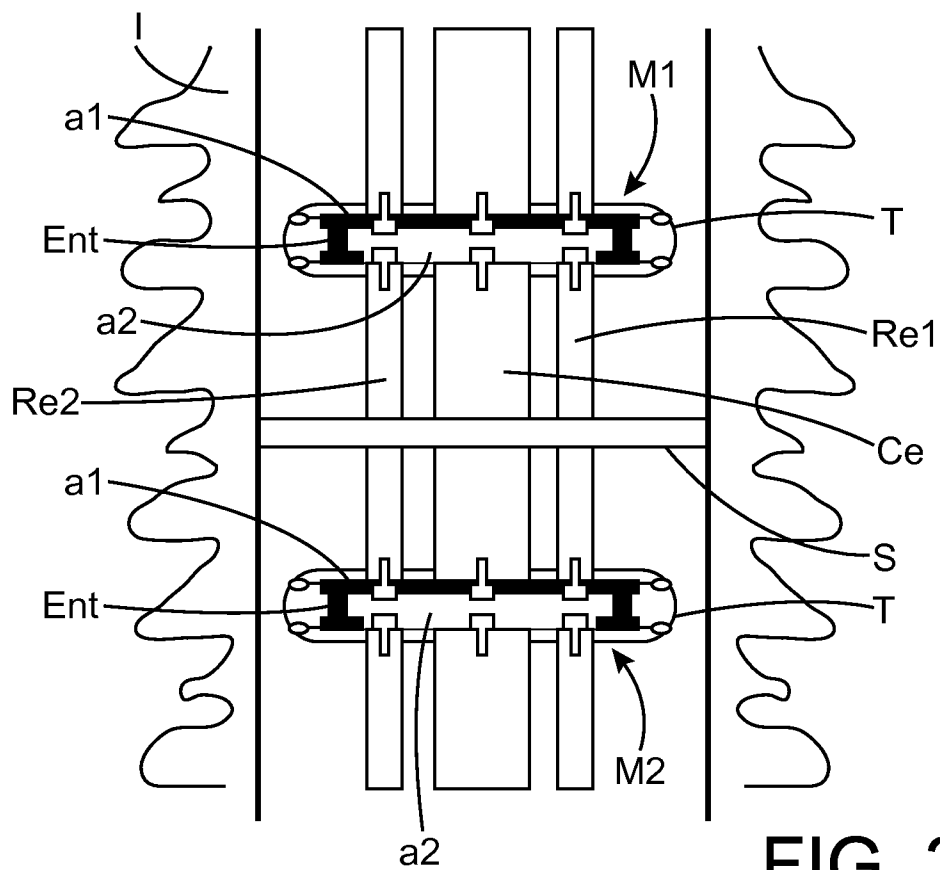
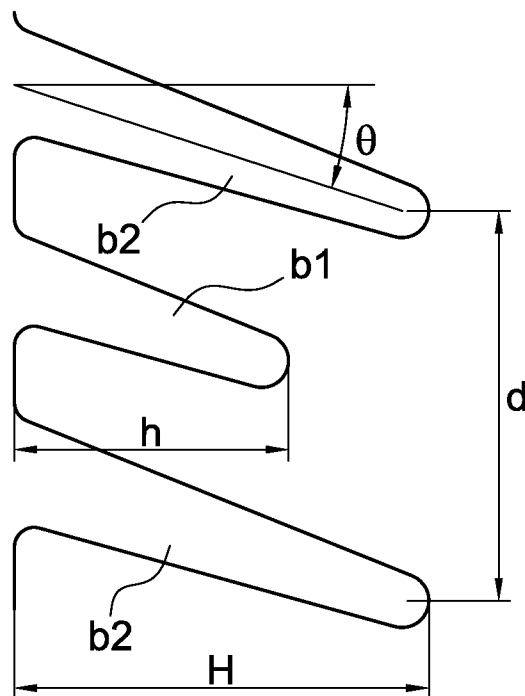


FIG. 3

FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/073881

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01R15/06 H01B17/00
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)

G01R H01B

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.
A	WO 2008/148727 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]; BJOERKLUND HANS [SE]; NYBERG KRYSTER [SE]) 11 December 2008 (2008-12-11) page 1, line 6 - page 2, line 20; claims 1,3-5,7,12,13; figures 1,2,3 page 6, line 4 - page 17, line 2 -----	1-10
A	EP 0 980 003 A1 (TRENCH SWITZERLAND AG [CH]) 16 February 2000 (2000-02-16) paragraphs [0001] - [0007], [0018] - [0032]; figures 1,2,5-12 -----	1-10
A	WO 99/15906 A1 (HAEFELY TRENCH AG [CH]; MINKNER RUTHARD [CH]; SCHMID JOACHIM [DE]) 1 April 1999 (1999-04-01) page 1, line 3 - page 5, line 5; figures 1,3,4 page 11, line 3 - page 12, line 35 -----	1-10



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

30 January 2014

Date of mailing of the international search report

06/02/2014

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

Bilzer, Claus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/073881

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2008148727 A1	11-12-2008	CN 101523678 A	02-09-2009
		EP 2156529 A1	24-02-2010
		HK 1136093 A1	05-07-2013
		KR 20100023024 A	03-03-2010
		US 2010244865 A1	30-09-2010
		WO 2008148727 A1	11-12-2008
		ZA 200908167 A	25-08-2010

EP 0980003 A1	16-02-2000	AT 320011 T	15-03-2006
		EP 0980003 A1	16-02-2000

WO 9915906 A1	01-04-1999	DE 59802264 D1	10-01-2002
		EP 1018024 A1	12-07-2000
		WO 9915906 A1	01-04-1999

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2013/073881

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01R15/06 H01B17/00 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) G01R H01B		
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
A	WO 2008/148727 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]; BJOERKLUND HANS [SE]; NYBERG KRYSTER [SE]) 11 décembre 2008 (2008-12-11) page 1, ligne 6 - page 2, ligne 20; revendications 1,3-5,7,12,13; figures 1,2,3 page 6, ligne 4 - page 17, ligne 2 -----	1-10
A	EP 0 980 003 A1 (TRENCH SWITZERLAND AG [CH]) 16 février 2000 (2000-02-16) alinéas [0001] - [0007], [0018] - [0032]; figures 1,2,5-12 -----	1-10
A	WO 99/15906 A1 (HAEFELY TRENCH AG [CH]; MINKNER RUTHARD [CH]; SCHMID JOACHIM [DE]) 1 avril 1999 (1999-04-01) page 1, ligne 3 - page 5, ligne 5; figures 1,3,4 page 11, ligne 3 - page 12, ligne 35 -----	1-10
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ 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 30 janvier 2014		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 06/02/2014
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 Bilzer, Claus

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2013/073881

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2008148727 A1	11-12-2008	CN 101523678 A	02-09-2009
		EP 2156529 A1	24-02-2010
		HK 1136093 A1	05-07-2013
		KR 20100023024 A	03-03-2010
		US 2010244865 A1	30-09-2010
		WO 2008148727 A1	11-12-2008
		ZA 200908167 A	25-08-2010

EP 0980003 A1	16-02-2000	AT 320011 T	15-03-2006
		EP 0980003 A1	16-02-2000

WO 9915906 A1	01-04-1999	DE 59802264 D1	10-01-2002
		EP 1018024 A1	12-07-2000
		WO 9915906 A1	01-04-1999
