

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
16 janvier 2014 (16.01.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/009366 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01N 27/90 (2006.01) **G21C 17/017** (2006.01)
F22B 37/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2013/064480

(22) Date de dépôt international :
9 juillet 2013 (09.07.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1256584 9 juillet 2012 (09.07.2012) FR

(71) Déposant : **ELECTRICITE DE FRANCE** [FR/FR]; 22-30, avenue de Wagram, F-75008 Paris (FR).

(72) Inventeurs : **PAUL, Nicolas**; 88 rue de la fédération, F-93100 Montreuil (FR). **EL-GUEDRI, Mabrouka**; 37 rue Voltaire, Pavillon 1, F-92800 Puteaux (FR). **BOLDO, Didier**; 27 rue du docteur Guionis, F-92500 Rueil Malmaison (FR). **GIRARD, Alexandre**; 54 avenue de la République, F-92500 Rueil-Malmaison (FR). **AUDIBERT, Lorenzo**; 10 rue de la Condamine, F-75017 Paris (FR).

(74) Mandataire : **REGIMBEAU**; 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (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, 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, 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.

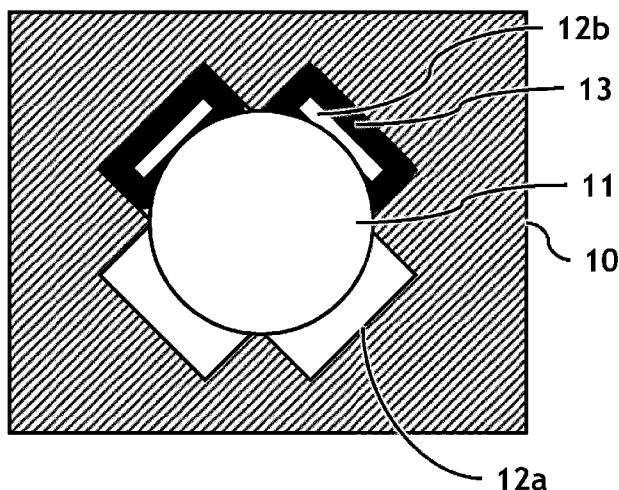
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, 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).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD OF DETECTING THE BLOCKAGE OF A HEAT EXCHANGER

(54) Titre : PROCÉDÉ DE DÉTECTION DU COLMATAGE D'UN ÉCHANGEUR THERMIQUE

FIG 1



(57) Abstract : The invention relates to a method of detecting various impairments, for example blockage, of a heat exchanger, in which a multifrequency eddy current probe is passed around a tube of said exchanger and said probe is used to measure a measurement signal dependent on the environment in which the probe is located, in which, to identify the parts of this signal corresponding to the traversing of the probe past the spacer plates, - various components of the measurement signal are combined (S1) to determine a detection signal, the combination thus effected being chosen so as to minimize the energy of the detection signal, - detection peaks are detected (S2) on this signal, - from among these peaks (S3) are selected those which exhibit a regular spacing, the peaks thus selected corresponding to the traversing of the probe past the spacer plates.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2014/009366 A1

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)*

Publiée :

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

L'invention concerne un procédé de détection de différentes dégradations, par exemple le colmatage, d'un échangeur thermique, dans lequel on fait circuler dans un tube dudit échangeur une sonde à courant de Foucault multifréquence et on mesure avec celle-ci un signal de mesure fonction de l'environnement dans lequel la sonde se trouve, dans lequel, pour identifier les parties de ce signal correspondant au passage de la sonde au niveau des plaques entretoises, - on combine (S1) différentes composantes du signal de mesure pour déterminer un signal de détection, la combinaison ainsi effectuée étant choisie pour minimiser l'énergie du signal de détection, - on détecte (S2) sur ce signal des pics de détection, - on sélectionne parmi ces pics (S3) ceux qui présentent un espacement régulier, les pics ainsi sélectionnés correspondant au passage de la sonde au niveau des plaques entretoises.

Procédé de détection du colmatage d'un échangeur thermique

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

La présente invention se rapporte d'une façon générale au domaine de l'inspection des tubes d'un échangeur de chaleur à tubes. Plus précisément, elle concerne un procédé de détection de différentes dégradations, par exemple le colmatage, d'un échangeur thermique à tubes, dans lequel on fait circuler dans un tube dudit échangeur une sonde à courant de Foucault multifréquence et on mesure avec celle-ci un signal de mesure fonction de l'environnement dans lequel la sonde se trouve.

CONTEXTE DE L'INVENTION

Un générateur de vapeur est généralement composé d'un faisceau de tubes dans lesquels circule le fluide chaud, et autour desquels circule le fluide à chauffer. Par exemple, dans le cas d'un générateur de vapeur d'une centrale nucléaire de type REP, les générateurs de vapeur sont des échangeurs de chaleur qui utilisent l'énergie du circuit primaire issue de la réaction nucléaire pour transformer l'eau du circuit secondaire en vapeur qui alimentera la turbine et ainsi à produire de l'électricité.

Le générateur de vapeur amène le fluide secondaire d'un état d'eau liquide à l'état de vapeur juste en limite de saturation, en utilisant la chaleur de l'eau primaire. Celle-ci circule dans des tubes autour desquels circule l'eau secondaire. La sortie du générateur de vapeur est le point le plus haut en température et pression du circuit secondaire.

La surface d'échange, séparant physiquement les deux circuits, est ainsi constituée d'un faisceau tubulaire, composé de 3500 à 5600 tubes, selon le modèle, dans lesquels circule l'eau primaire portée à haute température (320°C) et haute pression (155bars).

Ces tubes du générateur de vapeur sont maintenus par des plaques entretoises disposés généralement perpendiculaires aux tubes qui les traversent au niveau de passages des plaques entretoises.

Afin de laisser passer le fluide qui se vaporise, les passages de ces plaques entretoises sont foliés, c'est-à-dire dont la forme présente des lobes autour des tubes. Comme l'eau passe de l'état liquide à l'état vapeur, elle dépose toutes les

matières qu'elle contenait. Si les dépôts de matière se font dans les lobes, ils diminuent le passage libre : c'est le colmatage, qui est donc l'obturation progressive, par des dépôts, des trous destinés au passage du mélange eau/vapeur.

5 La figure 1 illustre schématiquement un passage folié dans une plaque entretoise 10, dans lequel passe un tube 11. Les lobes 12a et 12b permettent à l'eau de traverser la plaque entretoise 10 le long du tube 11, permettant ainsi la circulation de l'eau dans le générateur de vapeur. Un dépôt 13 est visible au niveau du lobe 12b, colmatant ledit lobe 12b.

10 Le colmatage conduit à des modifications de l'écoulement de l'eau dans le générateur de vapeur, et ainsi à favoriser l'apparition de vibrations excessives des tubes, ainsi qu'induire des efforts mécaniques importants sur les structures internes des générateur de vapeur. Cette dégradation a donc des effets à la fois sur la sûreté et sur les performances des installations. Il est donc indispensable de
15 bien connaître la nature et l'évolution de cette dégradation.

 Actuellement, le seul système d'examen non destructif qui soit capable d'accéder à la totalité des tubes des générateurs de vapeur est la sonde axiale à courant de Foucault (sonde SAX). Les courants de Foucault apparaissent dans un matériau conducteur lorsque l'on fait varier le flux magnétique à proximité. On
20 fait ainsi circuler dans un tube dudit échangeur une sonde à courant de Foucault multifréquence et on mesure avec celle-ci un signal de mesure fonction de l'environnement dans lequel la sonde se trouve, duquel on peut extraire des informations quant à des anomalies dans l'échangeur thermique.

 Une variation de l'induction magnétique, typiquement par une bobine dans
25 laquelle circule un courant alternatif, engendre des courants de Foucault, dont la variation induite du champ magnétique est détectée. Typiquement, on mesure la différence de tension engendrée par la variation d'impédance de la bobine.

 L'exploitation des signaux de mesure de cette sonde à courant de Foucault n'induit pas d'allongement de l'arrêt du générateur de vapeur, puisque cette
30 sonde à courant de Foucault est déjà utilisée lors des arrêts de tranche, notamment pour inspecter l'intégrité des tubes du générateur de vapeur.

 Cette sonde à courant de Foucault, initialement destinée à la détection d'endommagement des tubes, est également sensible au colmatage. De plus, l'interprétation de ce signal est actuellement réalisée manuellement par des

opérateurs spécialisés, ce qui est très long, de l'ordre d'une semaine de traitement environ pour l'analyse d'un seul générateur de vapeur. De plus, l'intervention d'un opérateur pour relever des mesures à partir d'un logiciel d'analyse donne souvent lieu à un biais difficile à quantifier.

5 Un problème important consiste à extraire le signal utile, c'est-à-dire les parties du signal de mesure multifréquence correspondant au passage au niveau des plaques entretoises 10 de la sonde à courant de Foucault acquérant ledit signal de mesure. En effet, la variabilité de la vitesse de la sonde à courants de Foucault, ainsi que des imprécisions quant à la géométrie réelle du générateur de vapeur, rend peu fiable l'extraction de ces parties sur la seule base d'une estimation de leur position par des considérations spatiales.

En outre, le signal de mesure n'est pas calibré et est bruité, de sorte que son exploitation peut se révéler difficile.

15 Le document "Automated analysis of rotating probe multi-frequency eddy current data from steam generator tubes", par P. Xiang et al., International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, vol.12, p.151-164, propose un algorithme pour l'analyse automatisée de données de sonde de Foucault multifréquence dans le cadre de tubes de générateurs de vapeur de centrale nucléaires.

20 Cette analyse se base sur la construction, à partir de données en une dimension, d'une image en deux dimensions représentative de la surface d'un tube, en tirant parti de la rotation de la sonde et en interpolant. Un filtre de Sobel est ensuite appliqué sur l'image résultante pour identifier les changements d'intensité dans celle-ci, et les changements supérieurs à un seuil sont
25 sélectionnés.

Une telle approche nécessite une sonde rotative, et, basé sur des images, ne permet pas une détection précise parties du signal correspondant au passage de la sonde au niveau des plaques entretoises, en raison notamment de la présence de bruit, qui peut être important.

30 Le document "Estimation of mixing parameters for cancellation of discretized eddy current signals using time and frequency domain techniques", par C. K. Sword et al., Journal of Nondestructive Evaluation, vol.5, n°1, pages 27-35, décrit un procédé dans lequel les composantes d'un signal d'une sonde à courant de Foucault sont combinées dans le but de supprimer des signaux de support de

plaque indésirables. Le procédé en question ne permet donc pas d'identifier les parties du signal correspondant au passage de la sonde au niveau des plaques entretoises.

5 PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention a pour but de pallier au moins un de ces défauts, préférentiellement tous, en proposant un procédé automatisant l'extraction des portions du signal émis par une sonde SAX correspondant au passage des plaques entretoises d'un échangeur de chaleur à tubes, préférentiellement un générateur
10 de vapeur de centrale nucléaire REP, sans faire appel à des considérations sur la géométrie du générateur de vapeur, tout en procurant un signal étalonné et débruité.

A cet effet, on propose un procédé de détection des plaques entretoises d'un échangeur thermique, dans lequel on fait circuler dans un tube dudit
15 échangeur une sonde à courant de Foucault multifréquence et on mesure avec celle-ci un signal de mesure fonction de l'environnement dans lequel la sonde se trouve.

Pour identifier les parties de ce signal correspondant au passage de la sonde au niveau des plaques entretoises,

- 20 - on combine différentes composantes du signal de mesure pour déterminer un signal de détection, la combinaison ainsi effectuée étant choisie pour minimiser l'énergie du signal de détection,
- on détecte sur ce signal des pics de détection,
- on sélectionne parmi ces pics ceux qui présentent un espacement
25 régulier, les pics ainsi sélectionnés correspondant au passage de la sonde au niveau des plaques entretoises.

L'invention est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en une quelconque de leur combinaison techniquement possible:

- 30 - la combinaison des différentes composantes du signal de mesure est une combinaison linéaire adaptative, les valeurs des coefficients de pondération utilisés pour cette combinaison étant déterminés, pour un échantillon du signal de détection, par minimisation de la variance du signal de détection sur une fenêtre d'observation du signal de mesure autour de cet échantillon ;

- différentes composantes du signal de mesure combinées pour déterminer le signal de détection sont des composantes réelles et imaginaires du signal de mesure ;
- différentes composantes du signal de mesure combinées pour déterminer le signal de détection sont des composantes de fréquences différentes ;
- pour détecter des pics de détection sur le signal de détection, on compare le signal de détection à un seuil de détection, ledit seuil étant fonction de la valeur minimum que prend l'écart-type du signal de détection sur une partie du signal correspondant à un nombre d'échantillons inférieur au nombre d'échantillons théorique entre deux plaques entretoises consécutives ;
- préalablement à l'étape de sélection des pics, on restreint les pics détectés aux pics correspondant à un maximum local du signal de détection sur une plage du signal de détection correspondant à un nombre d'échantillons de part et d'autre du maximum local inférieur ou égal au minimum des trois valeurs suivantes :
 - 0,5 fois un nombre d'échantillons théorique entre deux plaques entretoises ,
 - 0,8 fois un nombre d'échantillons théorique entre la plaque entretoise de la branche chaude la plus proche de la branche froide dudit échangeur thermique et la plaque entretoise de la branche froide la plus proche de la branche chaude dudit échangeur thermique,
 - 0,8 fois un nombre d'échantillons théorique entre une première des plaques entretoises et une autre plaque précédente dans le sens de circulation de la sonde.
- pour sélectionner les pics du signal de détection présentant un espacement régulier et correspondant au passage des plaques entretoises, on détermine au moins un sous-ensemble de pics minimisant la différence entre le nombre d'échantillons du signal de détection entre deux pics successifs dudit sous-ensemble et une valeur médiane du nombre d'échantillons du signal de détection entre deux pics successifs ;
- le signal de mesure correspond à la mesure d'une sonde détectrice de courants de Foucault acquérant ledit signal de mesure lors du retour de la sonde dans un déplacement aller-retour de ladite sonde dans un tube d'un échangeur thermique ;
- le procédé comporte un étalonnage préalable du signal de mesure, comprenant :
 - l'identification des parties du signal de mesure correspondant à des défauts connus du tube de l'échangeur thermique,

- l'estimation de la phase et de l'amplitude des parties du signal de mesure correspondant aux défauts connus,

- la détermination d'une transformation à appliquer au signal de mesure à partir desdites parties du signal de mesure correspondant aux défauts connus pour
5 étalonner le signal de mesure,

- l'application de la transformation au signal de mesure ;

- le procédé comporte en outre une étape subséquente de vérification dans laquelle les positions des pics du signal de détection correspondant au passage des plaques entretoises sont comparées avec des données connues sur la géométrie de
10 l'échangeur thermique;

- le procédé comprend une étape finale de vérification dans laquelle on prend l'opposé du signal de détection, on applique les étapes de détection et de sélection des positions des pics du signal de détection correspondant au passage des plaques entretoises et on vérifie que les écarts entre les positions des pics sur
15 le signal de détection et sur son opposé correspondent à la distance bord à bord d'une plaque entretoise.

L'invention concerne également un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution d'étapes de traitement du procédé selon l'une des revendications précédentes, lorsque ledit
20 programme est exécuté sur un ordinateur.

PRESENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit
25 être lue en regard des dessins annexés parmi lesquels:

- la figure 1, déjà commentée, illustre schématiquement un passage folié dans une plaque entretoise, dans lequel passe un tube, selon une configuration courante d'un générateur de vapeur ;

- la figure 2 est un schéma de principe illustrant l'étalonnage du signal de
30 mesure dans le cadre de l'invention ;

- la figure 3 est un schéma de principe du procédé selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE

On fait circuler dans un tube 11 dudit échangeur une sonde à courant de Foucault multifréquence et on mesure avec celle-ci un signal de mesure fonction de l'environnement dans lequel la sonde se trouve. Le signal de mesure est donc acquis par la sonde axiale à courant de Foucault lors de son déplacement dans le tube 11 du générateur de vapeur. Ce signal de mesure est multifréquence, et se présente sous forme complexe, avec des composantes réelles et imaginaires. Dans le cadre de cette description, nous considérerons un signal avec des composantes complexes selon trois fréquences issues de trois canaux d'acquisition, dont deux en mode différentiels notés $z_1[n]$ et $z_3[n]$ et un en mode absolu noté $z_A[n]$. Les fréquences sont par exemple comprises dans la plage 100-600 kHz.

La sonde effectuant un aller-retour dans le tube, on choisira de préférence les signaux correspondant à la phase de déplacement où la sonde est tirée par le mécanisme qui la déplace, typiquement lors de son retour. En effet, il en résulte une meilleure stabilité mécanique de la sonde, et par conséquent une vitesse plus régulière de celle-ci.

La sélection de la partie du signal de la sonde correspondant au retour de la sonde est fondée sur la détection d'une chute importante de la tension mesurée au moment où la sonde bascule pour parcourir le tube dans le sens du retour. La sélection d'un signal de mesure limité à un seul sens de la sonde permet également de limiter la quantité de données à sauvegarder et à traiter.

Compte tenu de la sensibilité des acquisitions des signaux des courants de Foucault aux conditions d'acquisition, au basculement de la sonde et afin de standardiser les signaux analysés, on met de préférence en œuvre une étape préalable d'étalonnage.

Il s'agit d'étalonner les signaux par rapport à des signaux de référence, appelés signaux d'étalonnage. Ces derniers correspondent à des défauts implantés sur le tube d'étalonnage, et dont on connaît les caractéristiques (amplitude et phase). L'étalonnage (étape S0) s'effectue de la même manière quelle que soit la fréquence d'acquisition considérée, avec, en référence à la figure 2, pour chaque tube contrôlé :

- identification (étape S20) des parties du signal de mesure correspondant à des défauts connus du tube de l'échangeur thermique,
- estimation (étape S21) de la phase et de l'amplitude des parties du signal de mesure correspondant aux défauts connus,

- détermination (étape S22) d'une transformation à appliquer au signal de mesure à partir desdites parties du signal de mesure correspondant aux défauts connus pour étalonner le signal de mesure,
- application (étape S23) de la transformation au signal de mesure.

5 Soient $z_{brut}(f)=x+jy$ (où j est le nombre imaginaire) issu d'une acquisition à la fréquence f , et $z_{etal}(f)=x_{etal}+jy_{etal}$ l'impédance complexe mesurée pour un défaut d'étalonnage donné à la même fréquence.

Un défaut d'étalonnage est caractérisé par deux paramètres A_0 et θ_0 qui sont respectivement l'amplitude et la phase du vecteur max-min (vecteur
10 d'amplitude maximale sur la représentation selon Lissajous). Ce sont les caractéristiques que le défaut d'étalonnage doit présenter après étalonnage.

Avant étalonnage, ces deux paramètres valent respectivement A et θ . L'étalonnage du signal z consiste alors en une rotation d'angle $\delta\phi=\theta_0-\theta$ et une homothétie de paramètre $h=A_0/A$ tel que décrit par l'équation suivante :

15
$$z = h z_0 e^{j\delta\phi}$$

De fait, il n'est pas fait appel à la configuration géométrique du tube ou de l'échangeur thermique pour détecter la zone du défaut, mais uniquement aux caractéristiques du signal (phase et amplitude). On dispose ainsi d'un étalonnage indépendant des problèmes de manipulation de la sonde ou d'échantillonnage du
20 signal, susceptible de fausser l'appréciation de la position de la partie du signal correspondant au défaut.

Une fois le signal de mesure étalonné, il reste à déterminer les parties du signal de mesure multifréquence correspondant au passage au niveau des plaques entretoises 10 de la sonde détectrice de courants de Foucault acquérant ledit
25 signal de mesure dans le tube de l'échangeur thermique.

Le signal de mesure est très bruité et ne peut être utilisé directement pour détecter les plaques entretoises 10. Afin de faciliter cette détection, un signal de détection, noté $d[n]$, est construit par combinaison linéaire de composantes du signal de mesure de fréquences différentes pour minimiser l'énergie du signal de
30 détection. Ainsi, le signal de détection prend alors une valeur minimale entre les plaques entretoises 10, tout en prenant une valeur importante au passage des plaques entretoises 10.

Les signaux disponibles en entrée de l'algorithme sont les trois signaux complexes étalonnés $z_A[n]$, $z_1[n]$ et $z_3[n]$ correspondant au retour de la sonde dans

le tube. Seuls les signaux correspondant au mode différentiel (z_1 et z_3), plus sensibles aux passages de la sonde par une plaque, sont utilisés dans cette partie. On notera $x_i[n]$ et $y_i[n]$ les composantes respectivement réelles et imaginaires du signal $z_i[n]$.

- 5 Dans un premier temps l'ensemble des mesures disponibles est filtré par un filtre passe haut pour supprimer les faibles variations des signaux dues au mouvement horizontal de la sonde dans le tube. Pour chaque signal disponible on applique un filtre passe-haut (par exemple un filtre de Butterworth), par exemple de fréquence réduite de coupure 0.01. Les signaux résultant du filtrage des
10 signaux z_1 et z_3 sont notés z_{1f} et z_{3f} . Les parties réelles et imaginaires de ces signaux sont donc notées :

$$z_{1f}[n] = x_{1f}[n] + j y_{1f}[n]$$

$$z_{3f}[n] = x_{3f}[n] + j y_{3f}[n]$$

- Cette première opération de filtrage permet de construire des signaux
15 présentant une ligne de base de moyenne constante et nulle. Pour ensuite construire un signal de détection qui soit le plus faible possible entre les plaques, on commence par rechercher une fenêtre d'observation exprimée en nombre d'échantillons de signal qui limite l'impact du passage d'une plaque entretoise 10.

- Pour ce faire, on dispose d'information sur la vitesse moyenne v de la
20 sonde, ainsi que sur la fréquence d'échantillonnage f_e . Connaissant la vitesse de la sonde et sa fréquence d'échantillonnage, chaque distance peut être convertie en un nombre d'échantillons de signal selon la formule :

$$N_{echantillons} = \frac{distance \times f_e}{v}$$

- On peut par exemple chercher une fenêtre d'observation correspondant à une longueur de M échantillons inférieure au nombre d'échantillons théorique
25 entre deux plaques entretoises 10 successives $N_{pe,pe}$, par exemple

$$M = \frac{N_{pe,pe}}{2}.$$

- Cette recherche s'effectue par exemple sur le signal x_{3f} . x_{3f} présentant une forte variance lors du passage de la sonde au niveau d'une plaque entretoise 10. Il suffit pour trouver une telle fenêtre de rechercher la portion du signal de longueur M où la variance de x_{3f} est minimale. En notant m_0 le premier indice de
30 cette fenêtre on a :

$$m_0 = \underset{m}{\operatorname{argmin}} \left\{ \sum_{n=m}^{m+M-1} \left(x_{3f}[n] - \frac{1}{M} \sum_{n=m}^{m+M-1} x_{3f}[n] \right)^2 \right\}$$

Cependant, les portions de signal correspondant au passage par les plaques entretoises 10 ne sont pas connues, puisque c'est justement ce que l'on cherche à déterminer. Ainsi, s'il devait se trouver une plaque entretoise 10 dans la fenêtre d'observation, cela pourrait grandement impacter la suite du procédé.

5 Afin de limiter l'impact du passage d'une plaque entretoise 10 dans le calcul, une fenêtre suffisamment grande est de préférence choisie. Par exemple, la fenêtre d'observation peut correspondre à un nombre d'échantillons théorique du signal de mesure représentant la distance entre des plaques entretoises 10 consécutives le long du tube 11, c'est-à-dire de taille $M=N_{pe,pe}$.

10 Pour limiter l'impact du passage par une plaque entretoise 10, on peut également choisir l'ensemble des indices du signal n tels que $|x_{3f}[n]|$ est inférieur à un certain seuil. Ce seuil peut être par exemple l'écart-type du signal x_{3f} .

On combine alors différentes composantes du signal de mesure pour déterminer un signal de détection, la combinaison ainsi effectuée étant choisie
15 pour minimiser l'énergie du signal de détection. La combinaison des différentes composantes du signal de mesure est une combinaison linéaire adaptative, les valeurs des coefficients de pondération utilisés pour cette combinaison étant déterminés, pour un échantillon du signal de détection, par minimisation de la variance du signal de détection sur la fenêtre d'observation du signal de mesure
20 autour de cet échantillon.

De préférence, les différentes composantes du signal de mesure combinées pour déterminer le signal de détection sont des composantes réelles et imaginaires du signal de mesure. De même, différentes composantes du signal de mesure combinées pour déterminer le signal de détection sont des composantes
25 de fréquences différentes.

On cherche ainsi des coefficients de pondération α , β et γ tel que

$$x_{3f}[n] \approx \alpha \cdot x_{1f}[n] + \beta \cdot y_{3f}[n] + \gamma \cdot y_{1f}[n]$$

afin de construire le signal de détection $d[n]$ défini par

$$d[n] = x_{3f}[n] - \alpha \cdot x_{1f}[n] - \beta \cdot y_{3f}[n] - \gamma \cdot y_{1f}[n]$$

30 De plus, pour gérer la forte non-stationnarité des composantes du signal de mesure, les coefficients α , β et γ sont mis à jour pour chaque échantillon de

signal. Plus précisément le triplet $\{\alpha[n], \beta[n], \gamma[n]\}$ choisi à un instant n est celui qui minimise la puissance de l'erreur de reconstruction sur une fenêtre de signal centrée sur le n -ème échantillon :

$$\{\alpha[n], \beta[n], \gamma[n]\} = \underset{\alpha, \beta, \gamma}{\operatorname{argmin}} \left\{ \sum_{k=n-M/2}^{k=n+M/2-1} (x_{3f}[k] - \alpha x_{1f}[k] - \beta y_{3f}[k] - \gamma y_{1f}[k])^2 \right\}$$

L'optimisation de $\{\alpha[n], \beta[n], \gamma[n]\}$ s'effectue à l'aide de l'algorithme des moindres carrés. On notera que l'on peut changer le nombre de coefficients.

On obtient ainsi un signal de détection $d[n]$ choisi par combinaison linéaire adaptative de composantes réelles et imaginaires du signal de mesure.

Une telle construction du signal de détection présente plusieurs avantages:

- une estimation automatique du coefficient optimal de combinaison des fréquences (i.e. recherche du coefficient minimisant l'énergie du signal hors plaque) ;
- la combinaison peut se faire entre toutes les composantes (parties réelles et imaginaires) des différentes fréquences ;
- les coefficients de combinaison ne sont pas constants le long du tube, mais varient afin de s'adapter au tube. On gère ainsi les variations de l'état du tube.

Une fois le signal de détection construit, il reste à détecter des pics du signal de détection susceptibles de correspondre au passage de plaques entretoises 10, par comparaison avec un seuil de détection. En effet, le signal de détection ainsi créé contient différent pics, qui correspondent au passage de la sonde par les différentes plaques, et pas seulement les plaques entretoises 10, et d'autres éléments de structures.

Ces pics de signal peuvent être identifiés en ne gardant que les pics de signal supérieurs à un seuil de détection s .

De préférence, le seuil de détection pour détecter les pics du signal de détection est fonction de la valeur minimale que prend l'écart-type σ du signal de détection sur une partie du signal correspondant à un nombre d'échantillons inférieur au nombre d'échantillons théorique entre deux plaques entretoises 10 consécutives.

L'écart-type σ peut être déterminé de la façon suivante :

$$\sigma = \min_m \left\{ \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{n=m}^{m+M-1} \left(d[n] - \frac{1}{M} \sum_{n=m}^{m+M-1} d[n] \right)^2} \right\}$$

Le seuil de détection doit alors être un compromis entre le risque de fausses détections (un seuil trop faible entraîne la détection de nombreux pics ne correspondant pas au passage d'une plaque entretoise 10 par la sonde) et le risque de ne pas détecter une plaque entretoise 10. Il peut par exemple être compris
 5 entre 5 et 15 σ , de préférence 10 σ .

Il se peut que le passage de la sonde par une plaque entretoise se traduise par plusieurs passages du signal au-dessus du seuil de détection. Pour ne garder qu'un seul pic par plaque, pour ensuite repérer les pics correspondant aux plaques entretoises 10, le test suivant est effectué sur les couples de pics successifs: si $n1$
 10 et $n2$ sont deux indices de pics successifs, on dira que $n2$ est un « pic secondaire » de $n1$ si $d[n1] > d[n2]$ et si le nombre d'échantillons entre $n1$ et $n2$ est fortement inférieur à la distance minimale théorique entre deux pics de plaques.

Ainsi, préalablement à l'étape de sélection des pics, on restreint les pics détectés aux pics correspondant à un maximum local du signal de détection sur
 15 une plage du signal de détection correspondant à un nombre d'échantillons de part et d'autre du maximum local inférieur ou égal au minimum des trois valeurs suivantes :

- 0,5 fois un nombre d'échantillons théorique entre deux plaques entretoises
- 0,8 fois un nombre d'échantillons théorique entre la plaque entretoise de la
 20 branche chaude la plus proche de la branche froide dudit échangeur thermique et la plaque entretoise de la branche froide la plus proche de la branche chaude dudit échangeur thermique,
- 0,8 fois un nombre d'échantillons théorique entre une première des plaques entretoises et une autre plaque précédente dans le sens de circulation de
 25 la sonde.

Les pics secondaires étant supprimés, il reste alors à sélectionner des pics du signal de détection correspondant au passage des plaques entretoises 10 par une détermination des pics du signal présentant un espacement régulier.

Le nombre d'échantillons théorique entre deux plaques peut être calculé à
 30 partir d'une connaissance de la distance entre deux plaques entretoises. Idéalement, si la sonde a une vitesse connue et constante v , alors le nombre

d'échantillons entre deux plaques est exactement proportionnel à la distance entre plaque:

$$N_{pe,pe} = \frac{\text{distance entre plaques} \times f_e}{v}$$

Dans ce cas idéal, il suffirait pour identifier les indices des échantillons correspondant de ne garder que les pics dont les indices sont exactement espacés de $N_{pe,pe}$. En pratique, la vitesse de la sonde n'est pas exactement constante ni précisément connue et peut varier le long du tube. L'écart entre deux pics correspondant à des plaques entretoises 10 n'est donc pas exactement égal à $N_{pe,pe}$ et il peut être différent d'un couple de plaques entretoises 10 à un autre. Cet écart moyen entre plaques entretoises 10 peut cependant être estimé.

Pour ce faire, on sélectionne les pics du signal de détection correspondant au passage des plaques entretoises 10 par la sélection d'au moins un sous-ensemble de pics minimisant la différence entre le nombre d'échantillons du signal de détection entre deux pics successifs dudit sous-ensemble et une valeur médiane du nombre d'échantillons du signal de détection entre deux pics successifs.

Un tube d'un échangeur thermique s'étend le long de celui-ci à travers deux parties, généralement nommées branche froide et branche chaude, en fonction du sens d'écoulement des fluides réalisant l'échange thermique, séparées par une structure sans plaque entretoise 10 désignée comme le cintre. Par conséquent, une telle structure rompt la régularité de l'espacement des plaques entretoises. Il suffit d'appeler le procédé suivant pour une branche, puis pour l'autre, pour sélectionner l'ensemble des pics correspondant aux plaques entretoises 10.

On appelle i_k l'indice du k-ème pic détecté, $\Delta[k] = i_{k+1} - i_k$ l'écart entre les pic successifs k et k+1, et $N_{pe,pe,r\acute{e}el}$ le nombre d'échantillons moyen entre deux plaques entretoises 10. Les plaques entretoises étant les plaques majoritaires le long du tube, la majorité des valeurs prises par $\Delta[k]$ est située autour de $N_{pe,pe,r\acute{e}el}$. Une estimation de $N_{pe,pe,r\acute{e}el}$ est donc fournie par la valeur médiane de l'ensemble des valeurs prises par $\Delta[k]$:

$$N_{pe,pe,r\acute{e}el} = \text{mediane}\{\Delta[k]\}$$

Il reste alors à trouver, parmi l'ensemble I des indices de pics, le sous-ensemble I_{pic} d'indices correspondant aux nombre de plaques entretoises NbPe,

tels que les écarts entre deux indices successifs soient toujours à peu près égale à $N_{pe,pe,r\acute{e}el}$:

$$I_{pic} = \underset{l}{\operatorname{argmin}} \sum_{i \in l} (\Delta[i] - N_{pe,pe,r\acute{e}el})^2.$$

On obtient alors les indices des échantillons du signal correspondant au passage des plaques entretoises 10.

5 Une fois estimé l'ensemble d'indices correspondant au passage de la sonde par les plaques entretoises 10, on peut ensuite procéder à une étape subséquente de vérification dans laquelle les positions des pics du signal de détection correspondant au passage des plaques entretoises 10 sont comparées avec des données connues sur la géométrie de l'échangeur thermique. Deux critères sont
10 utilisés : la longueur des plaques entretoises 10 et la longueur du cintre.

Le premier critère de vérification concerne la longueur du cintre : pour chaque tube, le nombre d'échantillon entre la dernière plaque de la branche chaude et la dernière plaque de la branche froide est comparé à la distance connue selon les plans. Une marge est autorisée, pour tenir compte de
15 l'incertitude sur la vitesse de la sonde.

Le deuxième critère de validation permet de vérifier la longueur de l'ensemble des plaques détectées. L'algorithme de détection ayant permis d'estimer les indices des plaques entretoises 10 utilise les pics positifs du signal de détection. Cependant le passage de la sonde par une plaque entretoise 10 génère
20 sur le signal au moins un pic positif et un pic négatif (les deux pics correspondent aux passages de la sonde par les bords de plaques).

Une nouvelle estimation des indices des plaques entretoises 10 peut donc être obtenue en détectant cette fois les pics négatifs du signal de détection, sans prendre en compte les premiers pics détectés. En pratique, il suffit de rappeler
25 l'algorithme de détection des pics en prenant l'opposé du signal de détection ($d[n]$ devient $-d[n]$). Le procédé peut ainsi comprendre une étape finale de vérification dans laquelle on prend l'opposé du signal de détection, on applique les étapes de détection S2 et de sélection S3 des positions des pics du signal de détection correspondant au passage des plaques entretoises 10 et on vérifie que
30 les écarts entre les positions des pics sur le signal de détection et sur son opposé correspondent à la distance bord à bord d'une plaque entretoise 10.

On dispose donc ensuite, pour chaque branche, de deux ensembles

d'indices estimés. Si ces deux ensembles d'indices sont corrects, l'écart entre les deux estimations d'une même plaque entretoise 10 doit être de l'ordre de grandeur de la taille d'une plaque entretoise 10. En tenant compte des imprécisions sur la vitesse de la sonde et des effets de bords de plaques, une
5 marge est autorisée pour valider l'estimation.

Une fois l'identification des parties de ce signal correspondant au passage de la sonde au niveau des plaques entretoises 10, il suffit d'analyser lesdites parties du signal, par exemple par une comparaison de la variation de l'intensité ou de la puissance du signal de détection ou de mesure avec un modèle de
10 référence et/ou un modèle calibré, pour déterminer une anomalie au niveau du passage d'une plaque entretoise 10 susceptible de correspondre par exemple à un colmatage.

L'invention concerne également un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme enregistrées sur un support
15 utilisable dans un ordinateur pour l'exécution d'étapes de traitement du procédé selon l'une des revendications précédentes, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

De fait, le signal de mesure est transmis depuis la sonde à courant de Foucault à une mémoire pour y être stocké en vue de son traitement. Ce
20 traitement du signal de mesure sur lequel porte la présente invention est mis en œuvre par une unité de traitement munie d'un calculateur, typiquement un ordinateur muni de moyen d'affichage et de communication, par lesquels il acquiert le signal de mesure et transmet les résultats de la mise en œuvre du procédé.

Revendications

1. Procédé de détection de dégradations d'un échangeur thermique à tubes, dans lequel on fait circuler dans un tube (11) dudit échangeur une sonde à courant de Foucault multifréquence et on mesure avec celle-ci un signal de mesure fonction de l'environnement dans lequel la sonde se trouve, caractérisé en ce que pour identifier les parties de ce signal correspondant au passage de la sonde au niveau de plaques entretoises (10),
 - on combine (S1) différentes composantes du signal de mesure pour déterminer un signal de détection, la combinaison ainsi effectuée étant choisie pour minimiser l'énergie du signal de détection,
 - on détecte (S2) sur ce signal des pics de détection,
 - on sélectionne (S3) parmi ces pics ceux qui présentent un espacement régulier, les pics ainsi sélectionnés correspondant au passage de la sonde au niveau des plaques entretoises (10).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la combinaison des différentes composantes du signal de mesure est une combinaison linéaire adaptative, les valeurs des coefficients de pondération utilisés pour cette combinaison étant déterminés, pour un échantillon du signal de détection, par minimisation de la variance du signal de détection sur une fenêtre d'observation du signal de mesure autour de cet échantillon.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel différentes composantes du signal de mesure combinées pour déterminer le signal de détection sont des composantes réelles et imaginaires du signal de mesure.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel différentes composantes du signal de mesure combinées pour déterminer le signal de détection sont des composantes de fréquences différentes.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, pour détecter des pics de détection sur le signal de détection, on compare le signal de détection à un seuil de détection, ledit seuil étant fonction de la

valeur minimum que prend l'écart-type du signal de détection sur une partie du signal correspondant à un nombre d'échantillons inférieur au nombre d'échantillons théorique entre deux plaques entretoises (10) consécutives.

5

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel préalablement à l'étape (S3) de sélection des pics, on restreint les pics détectés aux pics correspondant à un maximum local du signal de détection sur une plage du signal de détection correspondant à un nombre d'échantillons de part et d'autre du maximum local inférieur ou égal au minimum des trois valeurs suivantes :

10

- 0,5 fois un nombre d'échantillons théorique entre deux plaques entretoises,
- 0,8 fois un nombre d'échantillons théorique entre la plaque entretoise de la branche chaude la plus proche de la branche froide dudit échangeur thermique et la plaque entretoise de la branche froide la plus proche de la branche chaude dudit échangeur thermique,
- 0,8 fois un nombre d'échantillons théorique entre une première des plaques entretoises et une autre plaque précédente dans le sens de circulation de la sonde.

15

20

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel pour sélectionner les pics du signal de détection présentant un espacement régulier et correspondant au passage des plaques entretoises (10), on détermine au moins un sous-ensemble de pics minimisant la différence entre le nombre d'échantillons du signal de détection entre deux pics successifs dudit sous-ensemble et une valeur médiane du nombre d'échantillons du signal de détection entre deux pics successifs.

25

30

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le signal de mesure correspond à la mesure d'une sonde détectrice de courants de Foucault acquérant ledit signal de mesure lors du retour de la sonde dans un déplacement aller-retour de ladite sonde dans le tube (11) d'un échangeur thermique.

35

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant un étalonnage préalable (S0) du signal de mesure, comprenant :
- l'indentification (S20) des parties du signal de mesure correspondant à des défauts connus du tube (11) de l'échangeur thermique,
 - l'estimation (S21) de la phase et de l'amplitude des parties du signal de mesure correspondant aux défauts connus,
 - la détermination (S22) d'une transformation à appliquer au signal de mesure à partir desdites parties du signal de mesure correspondant aux défauts connus pour étalonner le signal de mesure,
 - l'application (S23) de la transformation au signal de mesure.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape subséquente de vérification dans laquelle les positions des pics du signal de détection correspondant au passage des plaques entretoises (10) sont comparées avec des données connues sur la géométrie de l'échangeur thermique.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une étape finale de vérification (S4) dans laquelle on prend l'opposé du signal de détection, on applique les étapes de détection (S2) et de sélection (S3) des positions des pics du signal de détection correspondant au passage des plaques entretoises (10) et on vérifie que les écarts entre les positions des pics sur le signal de détection et sur son opposé correspondent à la distance bord à bord d'une plaque entretoise (10).
12. Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme enregistrées sur un support utilisable dans un ordinateur pour l'exécution d'étapes de traitement du procédé selon l'une des revendications précédentes, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

1/2

FIG 1

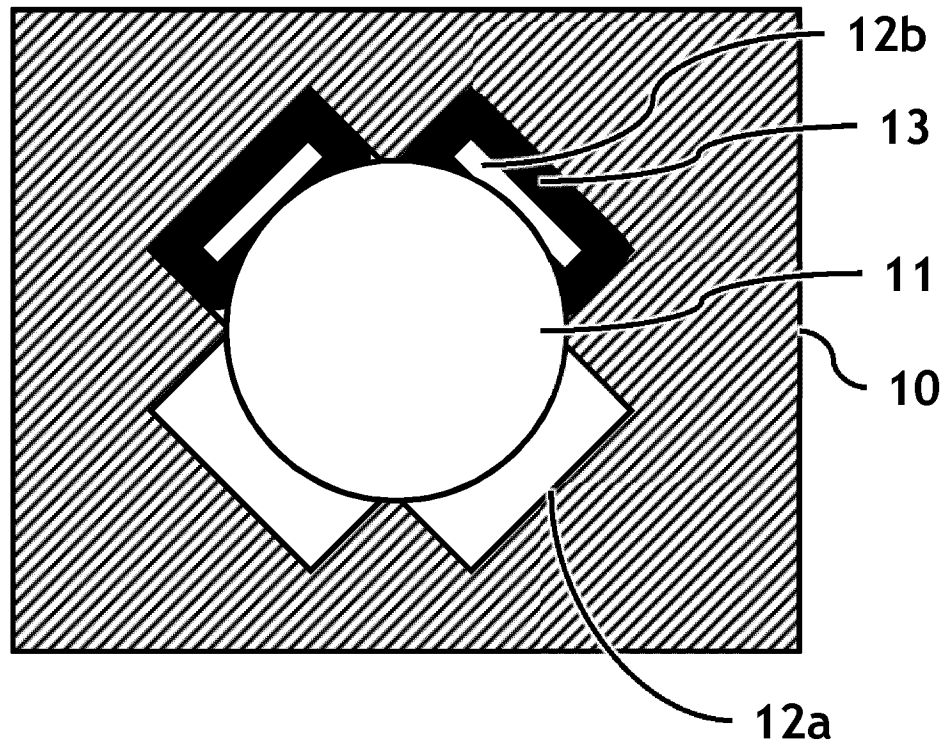
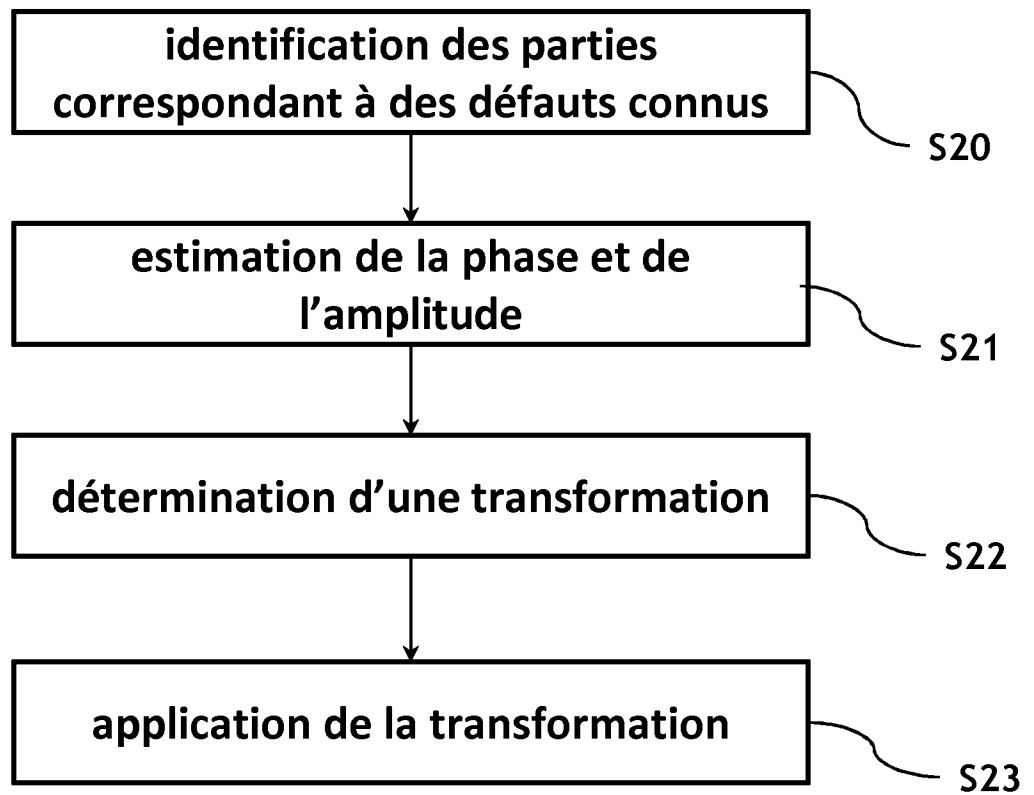
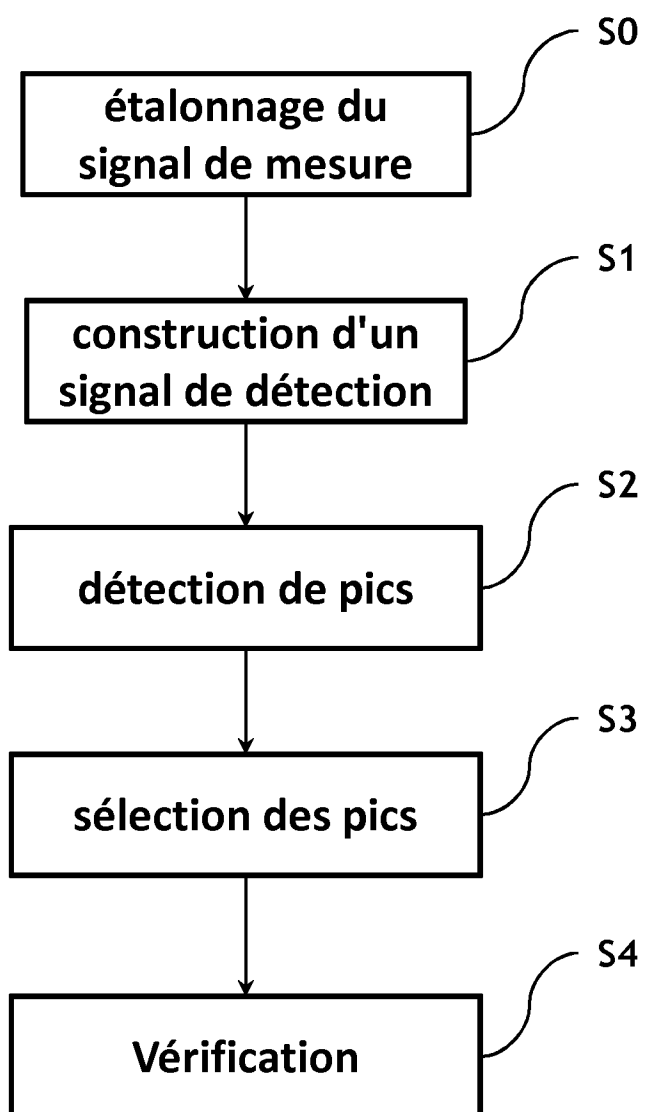


FIG 2



2/2

FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/064480

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N27/90 F22B37/00 G21C17/017
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)
G01N G06Q F22B G21C

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	P. BASART JOHN ET AL: "Distinguishing signals from noise in eddy current inspection of steam generator tubes", SPIE PROCEEDINGS, vol. 2944, 15 November 1996 (1996-11-15), pages 201-209, XP055076294, DOI: 10.1117/12.259059	1-7,9-12
Y	abstract page 201, paragraphs 4,5 - page 202, paragraph 1 page 203, paragraph 1 - paragraph 6 figures 1-4 ----- -/-	8



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

23 August 2013

Date of mailing of the international search report

30/08/2013

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

Couteau, Olivier

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/064480

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	INOUE ET AL: "Vibrations of probe used for the defect detection of helical heating tubes in a fast breeder reactor", NUCLEAR ENGINEERING AND DESIGN, AMSTERDAM, NL, vol. 237, no. 8, 24 March 2007 (2007-03-24), pages 858-867, XP022001442, ISSN: 0029-5493, DOI: 10.1016/J.NUCENGDES.2006.11.001 abstract Sections 3.4 et 5 -----	8
A	C K SWORD ET AL: "Estimation of Mixing Parameters for Cancellation of Discretized Eddy Current Signals Using Time and Frequency Domain Techniques", JOURNAL OF NONDESTRUCTIVE EVALUATION, vol. 5, no. 1, 1 March 1985 (1985-03-01), pages 27-35, XP055055499, ISSN: 0195-9298, DOI: 10.1007/BF00568761 abstract Sections 2 et 4.2 figures 1,3 -----	1-12
A	XIANG ET AL: "Automated analysis of rotating probe multi-frequency eddy current data from steam generator tubes", INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED ELECTROMAGNETICS AND MECHANICS, IOS PRESS, AMSTERDAM, NL, [Online] vol. 12, 1 January 2000 (2000-01-01), pages 151-164, XP008158200, ISSN: 1383-5416 abstract page 151, paragraph 1 page 153, paragraph 1-3 page 154, paragraph 2 - page 156, paragraph 3 table 1 figures 1,2,6 -----	1-12
A	FR 2 950 434 A1 (ELECTRICITE DE FRANCE [FR]) 25 March 2011 (2011-03-25) the whole document -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/064480

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
FR 2950434	A1	25-03-2011	FR 2950434 A1	25-03-2011
			WO 2011036193 A1	31-03-2011

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2013/064480

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01N27/90 F22B37/00 G21C17/017 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) G01N G06Q F22B G21C		
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	P. BASART JOHN ET AL: "Distinguishing signals from noise in eddy current inspection of steam generator tubes", SPIE PROCEEDINGS, vol. 2944, 15 novembre 1996 (1996-11-15), pages 201-209, XP055076294, DOI: 10.1117/12.259059	1-7,9-12
Y	abrégé page 201, alinéas 4,5 - page 202, alinéa 1 page 203, alinéa 1 - alinéa 6 figures 1-4 ----- -/-	8
☒ 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 23 août 2013		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 30/08/2013
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 Couteau, Olivier

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	INOUE ET AL: "Vibrations of probe used for the defect detection of helical heating tubes in a fast breeder reactor", NUCLEAR ENGINEERING AND DESIGN, AMSTERDAM, NL, vol. 237, no. 8, 24 mars 2007 (2007-03-24), pages 858-867, XP022001442, ISSN: 0029-5493, DOI: 10.1016/J.NUCENGDES.2006.11.001 abrégé Sections 3.4 et 5	8
A	C K SWORD ET AL: "Estimation of Mixing Parameters for Cancellation of Discretized Eddy Current Signals Using Time and Frequency Domain Techniques", JOURNAL OF NONDESTRUCTIVE EVALUATION, vol. 5, no. 1, 1 mars 1985 (1985-03-01), pages 27-35, XP055055499, ISSN: 0195-9298, DOI: 10.1007/BF00568761 abrégé Sections 2 et 4.2 figures 1,3	1-12
A	XIANG ET AL: "Automated analysis of rotating probe multi-frequency eddy current data from steam generator tubes", INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED ELECTROMAGNETICS AND MECHANICS, IOS PRESS, AMSTERDAM, NL, [Online] vol. 12, 1 janvier 2000 (2000-01-01), pages 151-164, XP008158200, ISSN: 1383-5416 abrégé page 151, alinéa 1 page 153, alinéa 1-3 page 154, alinéa 2 - page 156, alinéa 3 tableau 1 figures 1,2,6	1-12
A	FR 2 950 434 A1 (ELECTRICITE DE FRANCE [FR]) 25 mars 2011 (2011-03-25) le document en entier	1-12

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

PCT/EP2013/064480

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (avril 2005)