

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 917 500

②① N° d'enregistrement national : 08 53822

⑤① Int Cl⁸ : G 01 N 27/90 (2006.01)

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 10.06.08.

③⑦ Priorité : 12.06.07 GB 0711349.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.12.08 Bulletin 08/51.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : GE INSPECTION TECHNOLOGIES
LTD — GB.

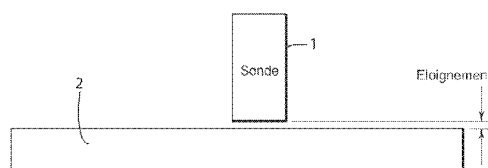
⑦② Inventeur(s) : HANSEN JOHN et QIAO XIAOYU.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

⑤④ **COMPENSATION AUTOMATIQUE D'ÉLOIGNEMENT POUR INSPECTION PAR COURANTS DE FOUCAULT PULSES.**

⑤⑦ Les variations de la séparation d'éloignement entre une sonde (1) et la surface d'une structure (2) à tester masquent souvent la détection de défauts dans la structure. Un procédé et un dispositif de classification et de compensation automatiques des variations d'éloignement sont décrits. Un signal de référence (23) d'un éloignement connu peut être pondéré par un paramètre de rapport calculé correspondant et soustrait d'un signal de test (32) pour compenser l'éloignement. On obtient de préférence un certain nombre de signaux de référence et on détermine de préférence le gradient d'amplitude la plus grande (24) pour chaque signal de référence. On obtient également le gradient d'amplitude la plus grande pour les signaux de test qui suivent (33) et on identifie le signal de référence correspondant avec le gradient d'amplitude la plus grande le plus proche du signal et on sélectionne le signal de référence correspondant dans la procédure de compensation associée. Un tel procédé s'est révélé rétablir le signal de sorte que l'éloignement est supprimé et les défauts sont facilement identifiés.



FR 2 917 500 - A1



- 1 -

B 08-2016FR

Au nom de : **GE INSPECTION TECHNOLOGIES, LTD**

**Compensation automatique d'éloignement pour inspection par
courants de Foucault pulsés**

Invention de : **HANSEN John**
QIAO Xiaoyu

Priorité d'une demande de brevet déposée en Grande-Bretagne
le **12 juin 2007** sous le n° **GB0711349.1**

**Compensation automatique d'éloignement pour inspection par
courants de Foucault pulsés**

5 La présente invention concerne un procédé et un dispositif pouvant être
utilisés pour détecter des défauts tels que de la corrosion, des craquelures, etc., dans
un matériau ou dans des structures, en particulier des structures conductrices telles
que par exemple, des panneaux d'avions et des pipelines.

10 Des défauts tels que la corrosion, les craquelures, etc., affaiblissent
l'intégrité structurelle d'un matériau ou d'une structure. Dans un grand nombre
d'industries, la défaillance d'une structure peut avoir des conséquences très graves,
telle que la défaillance d'une structure constituant un composant d'un pipeline, tel
qu'un pipeline de gaz ou de pétrole, ou un panneau d'avion. En conséquence, on
effectue un effort considérable pour l'inspection de structures pour déterminer si elles
présentent ou ont acquis de quelconques défauts pouvant influencer sur leur intégrité
15 structurelle.

 On peut inspecter visuellement des structures pour tenter de détecter les
défauts. Toutefois, bien que l'on soit capable de détecter visuellement certains défauts
tels qu'une corrosion importante pouvant avoir pour conséquence une déformation de
surface, on peut manquer un grand nombre de défauts, tels que des craquelures ou de
20 la corrosion, qui ne sont pas facilement visibles depuis la surface extérieure de la
structure. De plus, un grand nombre de structures sont recouvertes de couches de
peinture, de dépôt et d'isolation rendant l'inspection visuelle encore plus difficile.

 Un autre procédé d'inspection de structures pour détecter des défauts met en
œuvre des ondes ultrasonores. Toutefois, les ondes ultrasonores ne peuvent pénétrer
25 que dans une seule couche d'une structure, sauf si les couches qui suivent sont
mécaniquement liées ensemble. Il est ainsi difficile de détecter des défauts dans des
structures multicouches.

 Un autre procédé de détection de défauts dans des structures utilise les
courants de Foucault. L'inspection par courants de Foucault offre des avantages
30 importants pour la détection de défauts dans des structures conductrices et possède
une très large gamme d'applications. Elle est non destructive et elle peut détecter des
défauts invisibles à l'œil nu. On utilise couramment une fréquence unique pour
réaliser une inspection non destructive. On peut parfois utiliser deux fréquences ou
des fréquences multiples pour améliorer la capacité d'inspection et la fiabilité de la
35 détection. Les courants de Foucault peuvent pénétrer dans des couches multiples de
matériau pour découvrir des dégâts cachés qui peuvent menacer la disponibilité d'un

- 3 -

matériau ou d'une structure. Toutefois, pour localiser précisément la position d'un défaut dans une structure complexe, les techniques classiques par courants de Foucault rencontrent des difficultés provoquées par l'atténuation de fréquence. Une impulsion carrée de courants de Foucault pulsés (PEC) fournit de l'énergie sur une large bande de fréquences, en particulier aux basses fréquences. Elle fournit en conséquence plus d'informations concernant la profondeur des défauts et le potentiel de traitement ultérieur des données.

L'éloignement d'une sonde est un problème associé au passage d'une sonde au-dessus d'une surface d'une structure à tester en ce que les variations d'espacement entre la sonde et la structure à tester produisent des variations erronées du signal reçu, pouvant masquer des variations représentatives de défauts réels, conduisant par erreur à l'identification de défauts. Les variations d'éloignement peuvent être produites par exemple par des variations de la surface de la structure sur laquelle on fait passer une sonde, telle qu'une épaisseur de peinture et/ou de revêtement, la présence d'éléments en surface tels que des rivets et la variation de la pression appliquée par l'opérateur à la sonde pendant qu'il l'utilise.

US 6 344 741 et CA 2 312 101 décrivent un procédé pour compenser les variations d'éloignement dans des techniques par courants de Foucault pulsés. On obtient des signaux d'étalonnage à partir d'une sonde à deux distances d'éloignement différentes ou plus par rapport à une structure à tester dans une position exempte de défaut. On détermine l'instant où les signaux détectés se croisent dans le domaine temporel pour établir un « point commun d'éloignement » à cet instant particulier du signal dans le domaine temporel. On compare les amplitudes des signaux de test postérieurs dans le domaine temporel à ce même instant auquel les signaux d'étalonnage se croisent pour compenser l'éloignement.

Toutefois, le point d'intersection peut ne pas être très précis et peut dériver lorsqu'on détecte des défauts de tailles différentes. De plus, on n'obtient la compensation d'éloignement qu'en un point unique sur le signal reçu, de sorte que seule une quantité limitée d'information est disponible à partir du signal dans le domaine temporel, ce qui limite l'analyse de défauts.

US 5 391 988 décrit un procédé de détection d'un défaut dans un objet conducteur utilisant un test par courants de Foucault. Un noyau en ferrite comporte un enroulement primaire et un enroulement secondaire enroulé autour de celui-ci. Un courant de forme d'onde rectangulaire est délivré à l'enroulement primaire de manière à induire une tension d'une forme d'onde pulsée dans l'enroulement secondaire. On mesure la durée d'impulsion de la tension induite à deux distances temporelles

- 4 -

séparées correspondant à deux tensions de seuil différentes. L'effet des variations sur la distance entre le noyau en ferrite et l'objet conducteur (éloignement) est annulé en utilisant la comparaison des deux durées d'impulsions mesurées.

5 US 6 573 712 décrit un dispositif d'inspection comportant une section de commande pour régler la position d'une sonde d'inspection pour maintenir un éloignement constant.

10 L'exécution de la bonne estimation concernant l'occurrence d'un éloignement et la distance d'éloignement associée permet le retrait du composant du signal détecté provoqué par l'éloignement qui masque le signal de défaut, de sorte que l'on peut récupérer l'information de défaut pour fournir des résultats de détection fiables.

Selon un premier aspect de la présente invention, il est proposé un procédé de compensation de séparation entre une sonde à courants de Foucault et une surface d'un spécimen conducteur (éloignement), le procédé comprenant :

15 l'obtention d'au moins un ensemble de données de référence en disposant une sonde à courants de Foucault dans une zone du spécimen exempte de défaut et une séparation de référence connue (éloignement) d'une surface du spécimen, la sonde étant excitée de manière à générer des courants de Foucault dans le spécimen et la détection d'un signal de référence généré par les courants de Foucault produits dans le spécimen conducteur sur la séparation de référence connue ; et la
20 détermination d'une valeur de gradient du signal détecté ;

l'exécution de mesures de test postérieures en disposant la sonde à courants de Foucault sur une séparation inconnue (éloignement) d'une surface du spécimen, la sonde étant excitée de manière à générer des courants de Foucault et la détermination de la valeur de gradient correspondante des signaux de test postérieurs ; et

25 la compensation de la séparation entre la sonde à courants de Foucault et la surface du spécimen (éloignement) dans les mesures de test en déterminant la différence entre au moins un signal de référence et le signal de test.

On a découvert que le gradient d'un signal détecté est représentatif de la séparation (éloignement) entre la sonde et la surface du matériau conducteur testé.
30 Des modes de réalisation de la présente invention se sont révélés avoir la capacité de fournir une compensation d'éloignement précise et fiable. Des modes de réalisation de la présente invention fournissent également un signal compensé en éloignement complet à la différence d'un grand nombre de procédés antérieurs qui fournissent seulement une compensation d'éloignement en un seul point sur un signal variant
35 dans le temps. Un signal complet est utile pour une analyse et un traitement de signal

- 5 -

ultérieurs pour déterminer la nature et l'emplacement des défauts. Des courants de Foucault pulsés sont de préférence générés.

Avant de détecter les signaux de référence et de test, on peut effectuer un équilibrage en plaçant la sonde sur une zone exempte de défaut sans éloignement et obtenir un signal d'équilibrage qui est ensuite soustrait de tous les signaux qui suivent.

On détermine de préférence le gradient d'amplitude la plus grande (indépendamment du fait que ce soit un gradient positif ou négatif) et on l'utilise pour effectuer la compensation. On peut facilement déterminer le gradient d'amplitude la plus grande par un système de contrôle, incluant un processeur ou un ordinateur par exemple, qui peut déterminer un différentiel de crête du signal détecté variant dans le temps. En conséquence, on peut facilement automatiser le procédé de la présente invention. Le signal détecté est de préférence lissé, par exemple en le faisant passer à travers un filtre passe bas, avant de déterminer le gradient pour éliminer tous les résultats parasites produits par le bruit.

La compensation dans les mesures de test peut impliquer l'obtention d'une pluralité d'ensembles de données de référence, chacun sur une séparation différente connue entre la sonde et la surface du spécimen. On peut ensuite choisir l'ensemble de données de référence ayant le gradient le plus proche du signal de test et déterminer la différence entre le signal de référence sélectionnée et le signal de test. À titre de variante ou de plus, on peut interpoler des données de références provenant d'un ou plusieurs ensembles de données de référence. On peut multiplier les données concernant le signal de référence ou le signal de test par un facteur dépendant du rapport entre les dimensions des signaux de test et de référence.

Selon un deuxième aspect de la présente invention, il est proposé un dispositif d'inspection par courants de Foucault comprenant une sonde à courants de Foucault et un moyen de traitement agencé pour exécuter le procédé selon le premier aspect de la présente invention.

L'invention va maintenant être décrite, à titre d'exemple seulement, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

la figure 1 illustre la séparation (éloignement) entre une sonde et une surface d'un échantillon ;

la figure 2 est un organigramme illustrant un procédé d'exécution d'un mode de réalisation de l'invention ;

la figure 3 illustre un dispositif d'inspection par courants de Foucault pulsés ;

- 6 -

la figure 4a représente une série de signaux de courants de Foucault pulsés détectés obtenus à partir d'un spécimen sans éloignement et avec un certain nombre d'éloignements différents ;

la figure 4b représente le différentiel des signaux présentés sur la figure 4a ;

5 la figure 4c représente des signaux de courant de Foucault pulsés provenant d'un défaut de 20% avant et après en avoir compensé l'éloignement ;

la figure 5a représente des distances et des emplacements d'éloignement variables utilisée dans un balayage de test par courants de Foucault pulsés ;

10 la figure 5b représente une image de courant de Foucault pulsés d'un balayage C d'inspection sans compensation d'éloignement ; et

la figure 5c représente le balayage C d'inspection de la figure 5b avec compensation d'éloignement selon un mode de réalisation de la présente invention appliqué.

15 La figure 1 illustre la séparation, appelée éloignement, entre une sonde 1 et la surface d'un échantillon 2 à inspecter.

La figure 2 est un organigramme 10 illustrant un exemple de procédé d'exécution de la présente invention. L'organigramme est constitué d'une première partie 20 pour générer des données de référence et d'une deuxième partie 30 pour générer des données de test compensées.

20 Comme illustré sur la figure 2 à l'étape 21, on équilibre de préférence la sonde en la disposant sur une zone exempte de défaut sans éloignement pour obtenir un signal d'équilibrage destiné à être soustrait de tous les signaux qui suivent. À l'étape 22, la sonde est disposée sur une séparation de référence connue (éloignement) par rapport à la surface d'un échantillon. La sonde est de préférence disposée au-dessus d'une partie de l'échantillon qui est sensiblement exempte de défauts. Comme
25 cela est bien connu dans la technique, on peut utiliser toute sonde à courants de Foucault convenable, telle qu'une sonde absolue, une sonde différentielle, une sonde à réflexion, une sonde non blindée, une sonde blindée ou des combinaisons de ce qui précède selon des configurations uniques, multiples ou matricielles en utilisant une
30 bobine ou des capteurs électroniques. Dans cet exemple, on utilise une sonde avec une bobine d'émetteur intégrée et une matrice de récepteurs. La matrice de récepteurs possède typiquement 16 ou 32 sondes comme cela est bien connu dans la technique. Toutefois, on peut utiliser si on le souhaite une sonde avec un émetteur et un récepteur séparés. La sonde peut être disposée avec un éloignement connu par rapport
35 à la surface du spécimen en disposant une cale d'épaisseur (habituellement non

- 7 -

conductrice) d'épaisseur connue entre la sonde et une partie non défectueuse de l'échantillon.

5 À l'étape 23, la sonde est excitée de manière à générer des courants de Foucault dans la surface de l'échantillon et un signal de référence généré par les courants de Foucault est détecté par la sonde. La bobine de l'émetteur est excitée, par exemple, avec un courant de forme d'onde carrée, pour générer une large bande de fréquences de sorte à pouvoir détecter des défauts sur un grand nombre de profondeurs dans le spécimen.

10 À l'étape 24, on détermine le gradient du signal de référence. On détermine de préférence le gradient maximum du signal de référence (indépendamment du fait que le gradient est positif ou négatif). Un dispositif d'inspection par courants de Foucault selon la présente invention comporte un moyen de traitement tel qu'un microprocesseur, qui peut déterminer le gradient en calculant le différentiel du premier ordre du signal de référence. La plus grande amplitude du gradient du signal
15 de test est la valeur de crête du différentiel du premier ordre. Au moins un parmi le signal de référence détecté ou le gradient ou le différentiel déterminé est lissé, par exemple par lissage gaussien ou en le faisant passer à travers un filtre passe bas pour éliminer toutes les crêtes pouvant être provoquées par du bruit et pouvant générer des valeurs erronées. Le signal de référence détecté et son gradient ou différentiel de
20 crête associé sont enregistrés ensemble dans un moyen de mémoire associé au processeur.

En fonction du nombre de jeux de signaux de référence et de gradients associés qui sont requis, on répète les étapes 21 à 24 autant de fois que nécessaire. On a découvert que l'utilisation d'un plus grand nombre de jeux de signaux de référence
25 fournit des résultats plus précis. Si on répète les étapes 21 à 24, alors on dispose une cale d'épaisseur différente (habituellement non conductrice) d'une autre épaisseur connue entre la sonde et une partie non défectueuse de l'échantillon pour effectuer des mesures à ce deuxième éloignement connu. Si deux jeux de signaux de références multiples sont générés, alors le gradient pour chacun des signaux de référence
30 générés peut être, soit déterminé individuellement après avoir obtenu chaque signal de référence, soit tous les gradients peuvent être déterminés ensemble après avoir détecté l'ensemble des signaux de référence.

Lorsqu'on a déterminé un nombre convenable de signaux de référence et de gradients associés, on peut utiliser le procédé pour générer des données de test pour
35 détecter tous les défauts. On peut compenser l'éloignement des données de test. À l'étape 31, on peut disposer la sonde au-dessus du spécimen. Toutefois, par

- 8 -

opposition à l'utilisation de la sonde pour générer des données de référence comme dans les étapes 21 à 24 ci-dessus, peu importe dans ce cas quel niveau de séparation existe entre l'échantillon et la sonde. En pratique, il est probable que la sonde passe au-dessus de sections d'une structure à tester telle qu'un panneau d'aéronef ou un composant de pipeline et il est probable que l'éloignement varie lorsque la sonde passe au-dessus de la structure, par exemple en raison de variations de l'épaisseur d'un travail de peinture, de revêtements et d'isolation, en raison du fait que la sonde rencontre des éléments en surface tels que des rivets, etc., et en raison des variations de pression appliquées à la sonde par l'opérateur.

10 À l'étape 32, on détecte le signal généré par les courants de Foucault dans le spécimen en utilisant le récepteur situé dans la sonde.

 À l'étape 33, on détermine le gradient du signal de test, dans cet exemple en calculant le différentiel du premier ordre et en déterminant sa crête de différentiel. Comme à l'étape 23, lors de la génération des données de référence ci-dessus, on détermine de préférence le gradient d'amplitude la plus grande du signal de test en calculant le différentiel de crête du signal de test.

 À l'étape 34, le signal de test est compensé pour réduire ou éliminer les effets de l'éloignement. Ceci est réalisé en soustrayant les données de référence d'éloignement pondérées concernant un signal de référence généré des données du signal de test. Si une pluralité de signaux de référence ont été générés, le signal de référence avec la crête de gradient la plus semblable ou le différentiel de crête le plus proche de celui du signal de test est identifié et indexé comme aspect d'éloignement courant et on utilise le signal de référence identifié pondéré correspondant en tant que signal soustrait du signal de test. On peut comparer le gradient maximum ou les différentiels de crête par un quelconque procédé convenable tel que la règle de distance la plus proche comme cela est bien connu par les hommes de l'art. À titre de variante ou de plus, on peut interpoler des données pour un signal de référence pour produire un ensemble de données de référence plus convenable à soustraire des données pour le signal de test. Une interpolation peut être utile, par exemple lorsqu'on trouve que la pente d'un signal de test se trouve sensiblement à mi-chemin entre les pentes de deux signaux de référence ou si un seul signal de référence est disponible. On peut multiplier le signal de référence par un rapport de compensation déterminé d'après le rapport entre le signal de test et le signal de référence correspondant pour compenser toute différence de taille des signaux de test et de référence. Dans cet exemple, l'étape 34 est précédée d'une série d'étapes 34a à 34d pour déterminer si le phénomène d'éloignement est présent pour les signaux générés

et si tel est le cas pour activer la fonction de compensation et choisir un signal de référence. Si on le souhaite, on peut désactiver la compensation d'éloignement désirée à l'étape 34e. On répète la procédure de compensation à l'étape 34f jusqu'à ce que toutes les données aient été compensées et on effectue ensuite une formation d'image des données à l'étape 34g.

La figure 3 illustre un dispositif d'inspection par courants de Foucault pulsés apte à être utilisé pour exécuter la présente invention. Le dispositif comporte une sonde 40 comme décrit ci-dessus. Dans cet exemple, la sonde 40 comporte une matrice de capteurs. La sonde 40 est connectée par l'intermédiaire d'un connecteur 41 à un dispositif de traitement et d'affichage 42. Le dispositif de traitement et d'affichage 42 comporte un processeur, tel qu'un microprocesseur et une mémoire pour enregistrer des signaux et effectuer un traitement approprié tel que la détermination de différentiels de crête, l'exécution d'une compensation et l'enregistrement de signaux avec des différentiels de crête associés. Le dispositif 42 comporte un moyen d'affichage 43 pour afficher les résultats à un utilisateur.

Le dispositif 42 peut exécuter un processus de compensation d'éloignement différentiel automatique comme décrit ci-dessous :

1) Premièrement, on recueille un certain nombre (K) de signaux de référence d'éloignement $Lo_Ref(k)$, chacun pour un éloignement prédéterminé de la sonde 40 par rapport à un échantillon. Ceci est le jeu de signaux de référence.

Jeu de référence d'éloignement : $\{Lo_Ref(k)\} \ k=1,2,...,K$

Par exemple : distance d'éloignement : on utilise 5 mil (0,127 mm) 10 mil (0,254 mm), 15 mil (0,381 mm) et 20 mils (0,508 mm) pour produire quatre signaux de référence d'éloignement. $K=1,2,3,4$.

2) Après cela, on calcule tous les différentiels du premier ordre des signaux de référence d'éloignement connus pour trouver leurs valeurs de crête $DPv_Lo_Ref(k)$, où $k=1,2,...,K$.

Dans cet exemple, l'opérateur différentiel est un différentiel du premier ordre, l'opérateur de lissage est un lissage gaussien et les valeurs de crête de différentiel sont appelées $DPv_Lo_Ref\ Set$.

3) On définit ensuite un jeu de livres de référence d'éloignement qui est constitué du signal de référence d'éloignement $Lo_Ref(k)$ et de ses valeurs de crêtes différentielles correspondantes $DPv_Lo_Ref(k)$, où $k=1,2,...,K$.

$LO_Ref_Book = \{Jeu\ de\ référence\ d'éloignement\ DPv_Lo_Ref\ Set\}$
 $= \{Lo_Ref(k), DPv_Lo_Ref(k)\}$
 $k=1,2,...,K$.

- 10 -

4) Puis, pour chaque signal de test individuel avec des défauts inconnus et un type d'éloignement inconnu, on exécute ce qui suit :

a) Calcul de la valeur de crête de différentiel pour le signal de test - DPv_test.

5 b) Comparaison du DPv_test courant avec DPv_Lo_Ref Set par la règle de la distance la plus proche pour trouver le DPv_Lo_Ref(k) le plus semblable et obtenir l'indice de catégorie d'éloignement k.

10 c) En fonction de l'indice de catégorie d'éloignement k, on apprend le type d'éloignement incorporé dans le signal de test, de sorte qu'on est capable de choisir le bon signal de différence d'éloignement correspondant Lo_Ref(k) dans la dernière procédure de compensation.

15 5) Enfin, avec Lo_Ref(k), en utilisant une formule de compensation, on réalise une compensation d'éloignement automatique. La formule de compensation comprend la détermination de la différence entre le signal de référence approprié et le signal de test.

On calcule également de préférence un rapport de compensation selon l'expression suivante :

$$\text{Ratio} = \text{DPv_test} / \text{DPv_Lo_Ref}$$

20 On peut ensuite inclure le rapport de compensation dans la formule de compensation

$$\text{Auto_Comp} = \text{Sig_test} - \text{Ratio} * \text{Sig_LO_Ref}(k)$$

où Sig_test est le signal de test et Sig_LO_Ref(k) est le signal de référence approprié.

25 La figure 4a représente une série de signaux de courants de Foucault pulsés détectés obtenus à partir d'un spécimen sans éloignement (Groupe A) et avec la sonde à un éloignement de 0,05 mm (Groupe B), à un éloignement de 0,25 mm (Groupe C) et à un éloignement de 0,5 mm (Groupe D). Chacun des groupes A, B, C et D contient des signaux pour défauts qui sont d'environ 5%, 10% et 20% de l'épaisseur totale de perte de matériau du spécimen. Comme on peut nettement le voir sur la figure 4a, le gradient des signaux des courants de Foucault pulsés est principalement affecté par les distances d'éloignement, tandis qu'une variation de la taille des défauts dans chacun des groupes a moins d'effet. En conséquence, sur la figure 4a, les signaux des courants de Foucault pulsés concernant des tailles différentes de défauts mais avec la même distance d'éloignement ont été regroupés dans le même groupe de signaux de courants de Foucault pulsés, ce qui est décidé principalement par la

35 distance d'éloignement.

- 11 -

La figure 4b représente les différentiels des signaux présentés sur la figure 4a. Les différentiels des signaux de courants de Foucault pulsés avec des défauts différents mais avec la même distance d'éloignement sont non seulement regroupés dans le même groupe dépendant de la distance d'éloignement, mais également dotés de valeurs de crête différentielles très proches. On peut voir d'après cela que les valeurs de crête différentielles sont nettement représentatives de l'éloignement présent dans ce signal de courants de Foucault pulsés. On extrait les caractéristiques d'éloignement et on les utilise pour calculer le paramètre de rapport de compensation pour effectuer une compensation d'éloignement automatique.

La figure 4c illustre l'effet de la compensation d'éloignement variable par courants de Foucault pulsés selon un mode de réalisation de la présente invention. Sur la figure 4c, est indiqué par une ligne en trait plein un signal de courants de Foucault pulsés idéal pour un spécimen avec un défaut de 20% de perte de matériau sur l'épaisseur totale du spécimen, la sonde étant soigneusement positionnée de sorte qu'il n'y ait pas d'éloignement entre la sonde et la surface du spécimen. Ceci constitue le signal idéal qui serait obtenu sans l'effet du soulèvement. Sur la figure 4c, sont également représentés par des lignes en tirets respectives indiquées des signaux de courant de Foucault pulsés obtenus à partir du défaut de 20% du spécimen avec des distances d'éloignement de 0,05 mm, 0,25 mm et 0,5 mm. Les signaux de courants de Foucault pulsés correspondants compensés en éloignement sont représentés par des lignes en tirets proches qui recouvrent partiellement le signal idéal obtenu sans éloignement. Le rendement de la compensation d'éloignement des modes de réalisation de la présente invention est nettement illustré sur la figure 4c par la proximité du suivi ou même de la superposition des signaux compensés en éloignement par rapport aux signaux vidéo obtenus sans éloignement.

Les figures 5a, 5b et 5c illustre une compensation d'éloignement d'un mode de réalisation de la présente invention effectuée sur une image de balayage C par courants de Foucault pulsés.

La figure 5a illustre les distances d'éloignement et leurs emplacements dans le balayage C par courants de Foucault pulsés. Différentes distances d'éloignement, à savoir 0 mm, 0,127 mm, 0,254 mm, 0,381 mm et 0,508 mm sont représentées par des ombres différentes sur l'image monochrome de la figure 5a mais elles peuvent également être illustrées par des couleurs différentes.

La figure 5b représente une image par courants de Foucault pulsés d'un balayage d'inspection comme on peut le voir sur les moyens d'affichage 43 du dispositif 42 représenté sur la figure 3. L'image de balayage représente une image par

- 12 -

courants de Foucault pulsés dans laquelle des ombres ou des couleurs différentes indiquent des niveaux différents de perte de matériau. Un diagramme indiquant le niveau de pourcentage de perte de matériau indiqué par une ombre ou une couleur particulière peut être fourni, de manière adjacente à l'image de balayage C par courants de Foucault pulsés. L'image de balayage C par courants de Foucault pulsés indique l'emplacement des défauts consistant en une perte de matériau, représentée par des ombres ou des couleurs différentes dans une position de l'image de balayage C correspondant à l'emplacement réel du défaut dans la structure testée. L'image représentée sur la figure 5b indique que l'on peut acquérir des données typiques en faisant passer une sonde 40, comme représenté sur la figure 3, au-dessus d'une surface d'une structure à tester. Un certain nombre de « pièces » sont représentées, qui sont dues à l'éloignement de la sonde 40 dans la mesure en ce point durant l'utilisation, comme indiqué par la figure 5a. Comme on peut le voir d'après l'image balayée de la figure 5a, les pièces produites par le soulèvement induit en ces points rend l'image de balayage C relativement peu nette, de sorte qu'il peut être difficile d'identifier clairement les défauts réels.

Par opposition, la figure 5c représente l'image de balayage C par courants de Foucault pulsés de la figure 5b après avoir appliqué une compensation d'éloignement selon un mode de réalisation de la présente invention. Comme on peut l'observer, on peut voir beaucoup plus nettement les défauts dans les positions 20 et 90 sur l'axe x que sur l'image de balayage C de la figure 5b. Les défauts sont maintenant suffisamment nets pour que l'information relative aux formes des défauts soit nettement discernable. La présence et l'emplacement des défauts se voient nettement après avoir supprimé l'effet d'éloignement. On peut ainsi obtenir une information de défauts beaucoup plus précise.

On peut réaliser un grand nombre de variantes des exemples décrits ci-dessus tout en restant toujours à l'intérieur de la portée de l'invention. On peut utiliser par exemple une quelconque sonde à courants de Foucault convenable. La sonde peut comporter un émetteur et un récepteur, prévus de manière intégrée l'un à l'autre, le corps de sonde ou l'émetteur et le récepteur peuvent être prévus séparément. Le récepteur peut comprendre une ou plusieurs bobines ou capteurs.

REVENDICATIONS

1. Procédé de compensation de l'effet de séparation entre une sonde à courants de Foucault (1) et une surface d'un spécimen conducteur testé (2), le procédé comprenant :

5 une obtention d'au moins un ensemble de données de référence en disposant (21) une sonde à courants de Foucault (1) dans une zone sensiblement exempte de défaut et une séparation de référence connue (22) d'une surface du spécimen (2), la sonde étant excitée (23) de manière à générer des courants de Foucault dans le spécimen et la détection d'un signal de référence généré par les courants de Foucault produits dans le spécimen sur la séparation de référence connue et la détermination
10 (24) d'une valeur de gradient du signal détecté variant dans le temps ;

une exécution de mesures de test postérieures en disposant (31) la sonde à courants de Foucault sur une séparation de référence inconnue d'une surface du spécimen, la sonde étant excitée de manière à générer des courants de Foucault et la détermination (33) de la valeur de gradient correspondante des signaux de test
15 postérieurs ; et

une compensation (34) de l'effet de la séparation entre la sonde à courants de Foucault et la surface du spécimen dans les mesures de test en déterminant la différence entre au moins un signal de référence et la mesure de test.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on obtient une pluralité d'ensembles de données de référence, chacun sur une séparation de référence
20 différente connue entre la sonde à courants de Foucault (1) et une surface du spécimen (2).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on détermine les gradients de la plus grande amplitude de chaque signal de référence et du signal de test et on utilise pour la compensation le signal de référence avec le gradient
25 d'amplitude la plus grande le plus proche par rapport au signal de test.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on obtient une crête différentielle du premier ordre de chaque signal de la pluralité de signaux de référence et du signal de test et on effectue une compensation en utilisant le signal de
30 référence ayant la crête différentielle du premier ordre la plus proche du signal de test.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on détermine un paramètre de compensation d'après le rapport entre l'amplitude de crête du différentiel du signal de test et celle du signal de référence sélectionné.

5 6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on obtient un signal compensé complet en soustrayant le signal de référence sélectionné du signal de test.

7. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'au moins un parmi le signal détecté, le différentiel ou le différentiel de crête, est lissé.

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on interpole des données concernant l'au moins un signal de référence de l'un ou plusieurs ensembles
10 de données de référence.

9. Dispositif d'inspection par courants de Foucault comprenant une sonde à courants de Foucault (1) et un moyen de traitement (42) agencé pour exécuter le procédé selon la revendication 1.

10. Dispositif d'inspection par courants de Foucault selon la revendication 9,
15 caractérisé en ce que la sonde est une sonde absolue, une sonde différentielle, une sonde à réflexion, une sonde non blindée, une sonde blindée ou une quelconque de leurs combinaisons selon une configuration unique, multiple ou matricielle utilisant une bobine ou des capteurs électroniques.

Fig 1

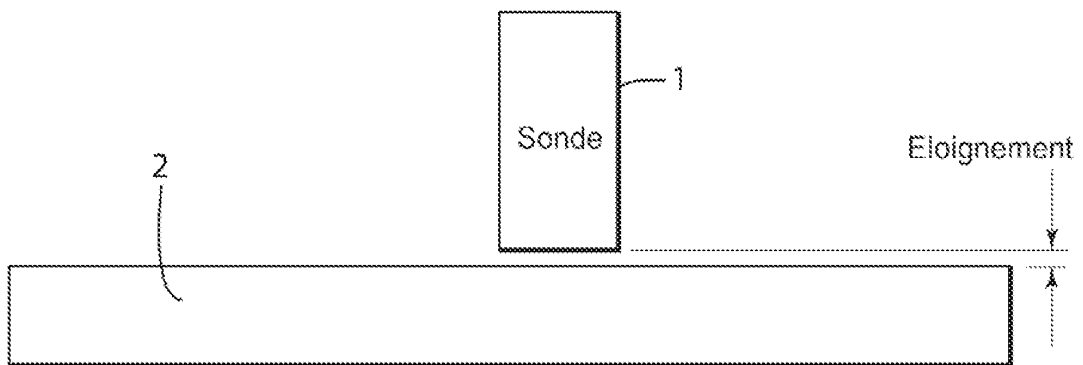


Fig. 2

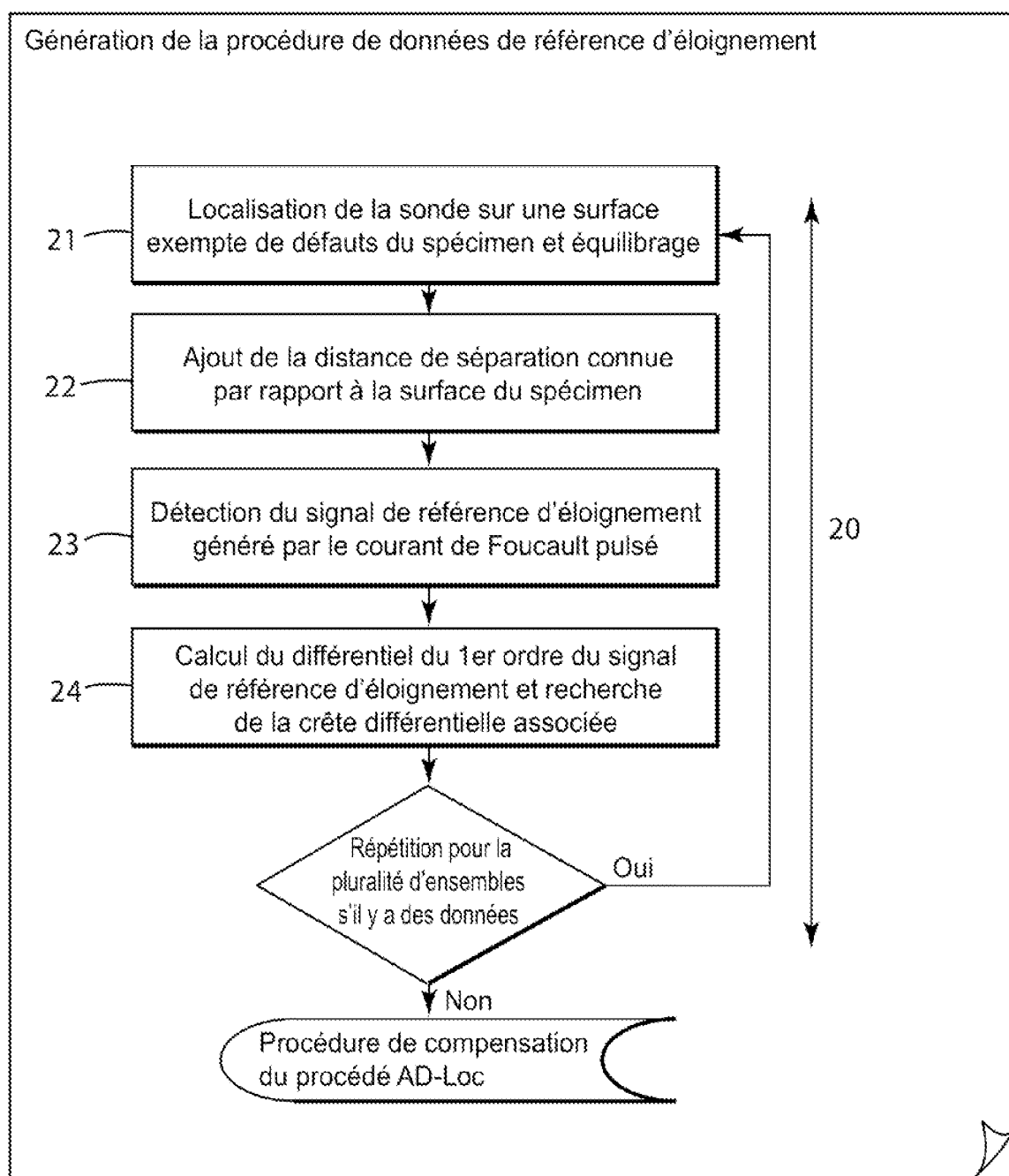


Figure 2 suite

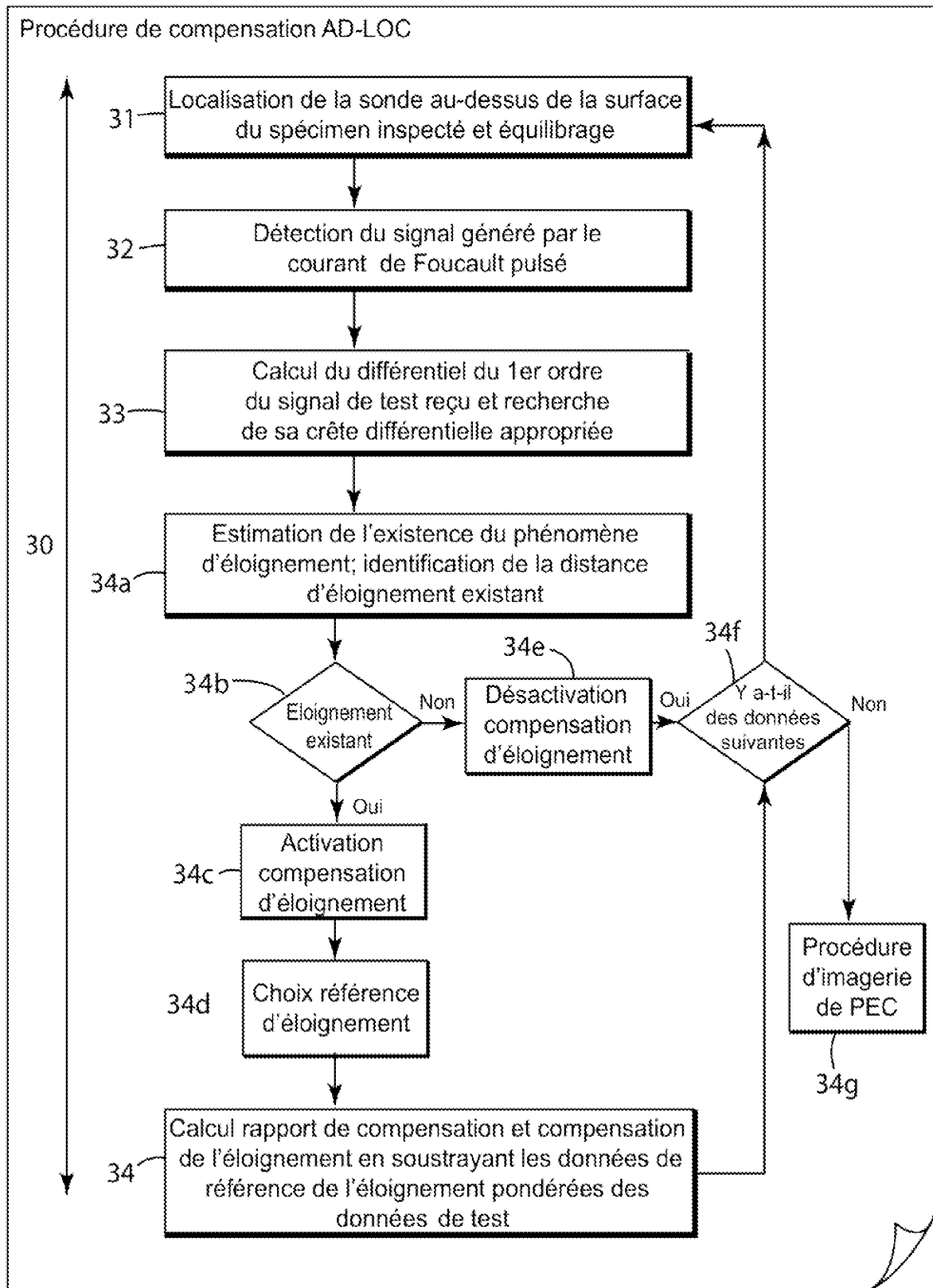


FIG. 3

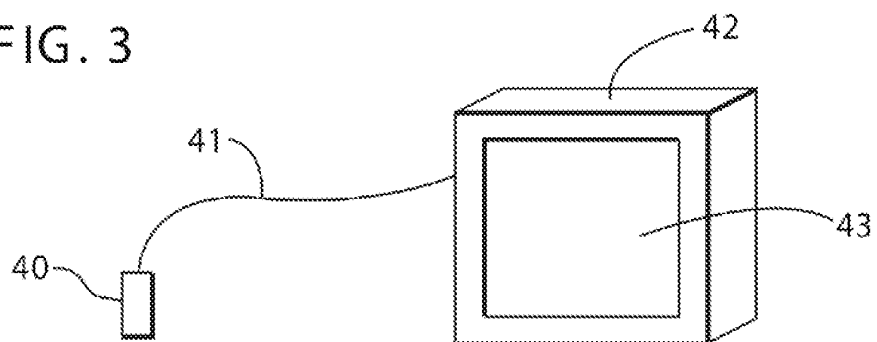


FIG. 4a

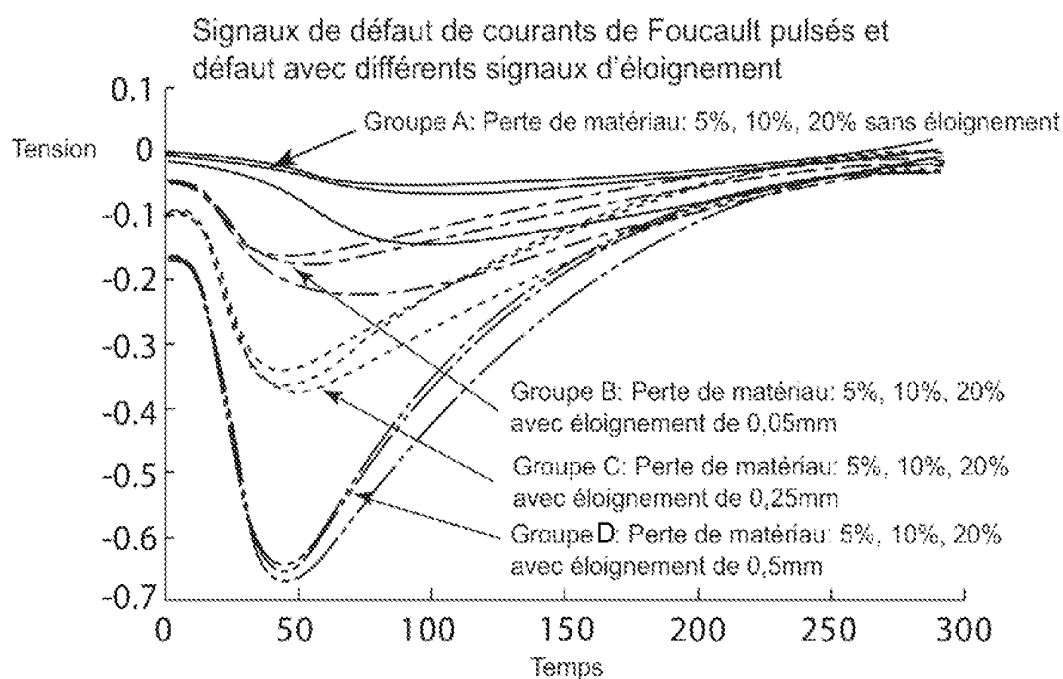


FIG. 4b

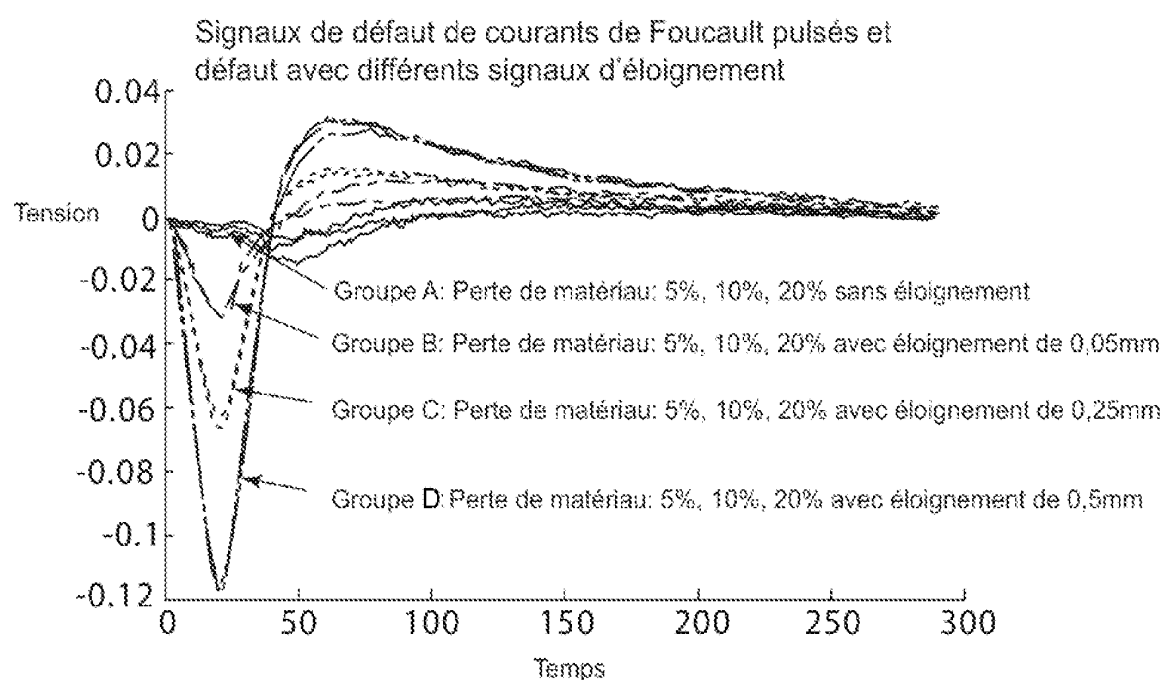


FIG. 4c

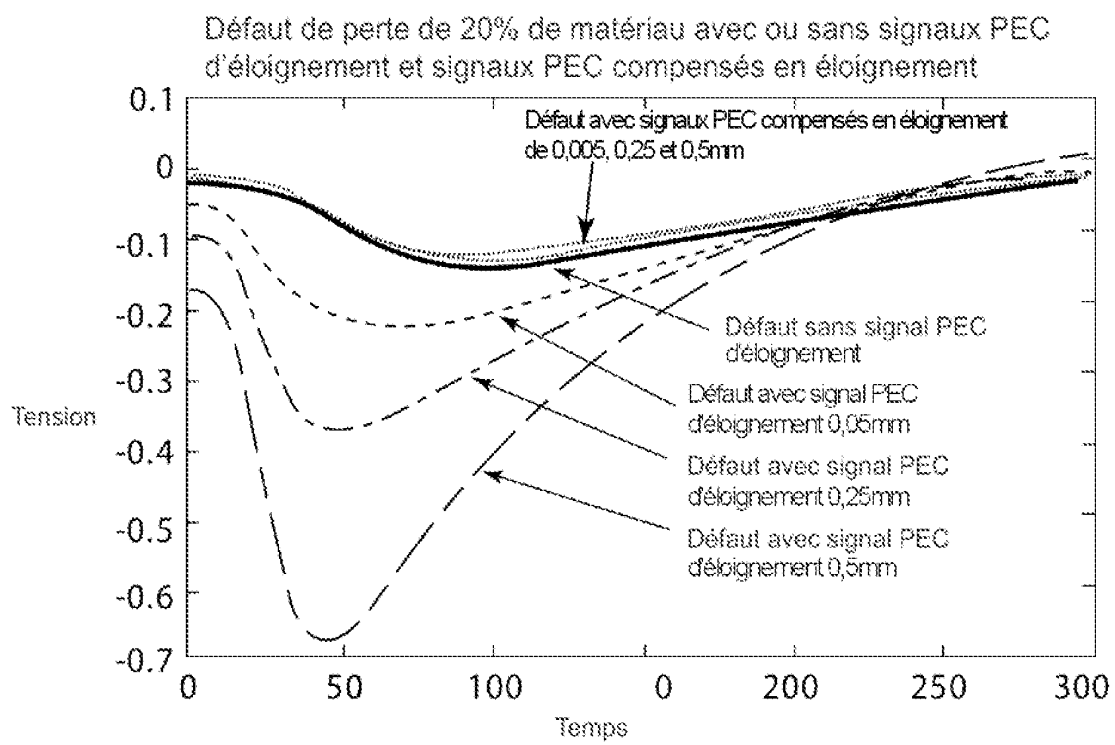
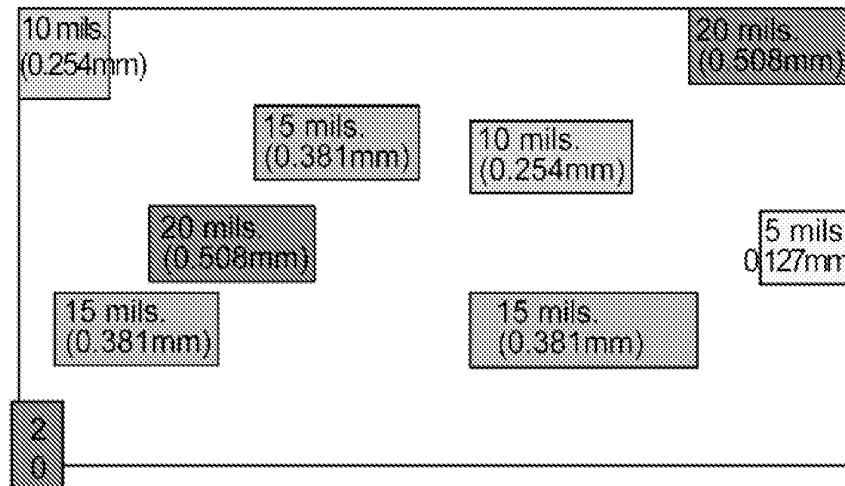
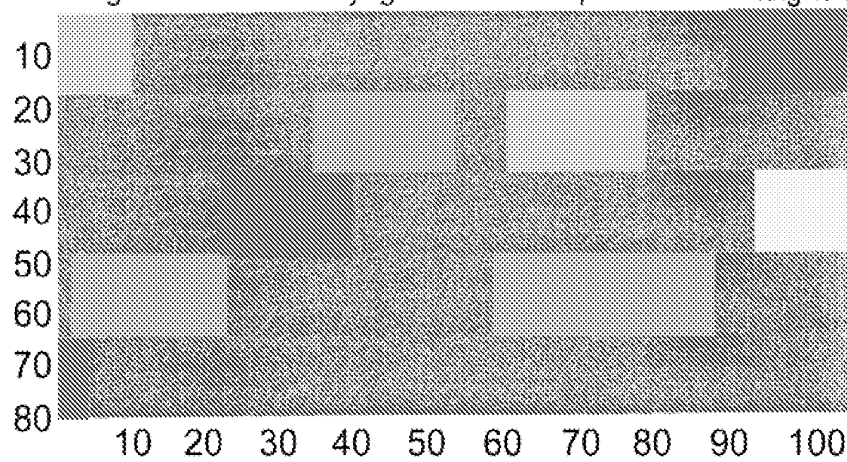


FIG. 5a**FIG. 5b**

Imagerie PEC de balayage C sans compensation d'éloignement

**FIG. 5c**

Imagerie PEC de balayage C avec compensation d'éloignement

