

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

**3 049 068**

②1 N° d'enregistrement national : **16 52242**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 V 3/11 (2017.01), G 01 V 13/00**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 **Date de dépôt** : 16.03.16.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 22.09.17 Bulletin 17/38.

⑤6 **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire** : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

○ **Demande(s) d'extension** :

⑦1 **Demandeur(s)** : *SENSTRONIC Société par actions simplifiée — FR.*

⑦2 **Inventeur(s)** : LOTZ THOMAS.

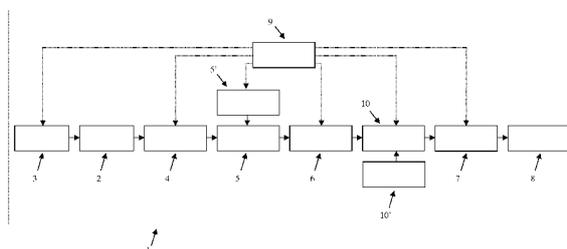
⑦3 **Titulaire(s)** : SENSTRONIC Société par actions simplifiée.

⑦4 **Mandataire(s)** : CABINET NUSS Société à responsabilité limitée.

⑤4 **DISPOSITIF DETECTEUR INDUCTIF DE FACTEUR 1.**

⑤7 La présente invention a pour objet un dispositif détecteur (1) de types inductif et "facteur 1", comprenant un circuit (2) résonnant LC alimenté par un générateur (3) adapté, une chaîne opérationnelle de moyens (4, 5, 6) d'acquisition par échantillonnage et de traitement du signal de réponse et un ensemble fonctionnel de moyens (7, 8) d'évaluation d'au moins une valeur calée temporellement du signal traité et de fourniture d'une information de détection ou de non détection.

Dispositif détecteur (1) caractérisé en ce que les moyens d'acquisition et de traitement comprennent des moyens (5) analogiques de filtrage et/ou d'amplification du signal de réponse échantillonné et un moyen (10) de compensation de la dérive en température du signal de réponse par correction du signal échantillonné après sa conversion numérique, associé à ou comportant un capteur de température (10').



**FR 3 049 068 - A1**



## DESCRIPTION

La présente invention concerne le domaine des dispositifs de détection inductif, permettant de détecter la présence à un endroit ou une position donnée, ou la proximité, d'un objet métallique, en particulier les détecteurs mis en œuvre dans l'industrie et reposant sur l'analyse du signal  
5 fourni par au moins un circuit résonnant LC.

De tels détecteurs sont commercialisés par la demanderesse depuis de nombreuses années et sont, par exemple, décrits dans les documents FR 2 827 677, EP 1 580 889, EP 1 580 536, EP 1 965 177 et EP 2 546 614.

10 L'invention a plus spécifiquement pour objet un dispositif détecteur de proximité ou de présence, de type inductif et de "facteur 1", c'est-à-dire avec préférentiellement une très faible variation de distance de détection pour les différents principaux matériaux métalliques (acier, aluminium, laiton, cuivre, zinc, ...).

15 Dans le cas d'un détecteur inductif conventionnel, la distance de détection nominale  $S_n$  est toujours donnée pour une cible en acier (norme EN60947-5-2). Pour les autres métaux, tels que l'aluminium ou le cuivre, pour déterminer la distance de détection, il est nécessaire d'appliquer un facteur de correction sur cette portée nominale  $S_n$ . Par exemple, la distance  
20 de détection pour l'aluminium peut être de  $0,40 \times S_n$  (facteur 0,40) ou de  $0,70 \times S_n$  (facteur 0,70) pour l'acier inoxydable. Pour l'acier, le facteur vaut 1, c'est-à-dire une distance de détection de  $1 \times S_n = S_n$ .

Il est rappelé qu'en termes de détection, les matériaux métalliques peuvent être classés en deux catégories :

25 - les matériaux ferromagnétiques (acier, fer) qui, lorsqu'ils sont à proximité d'une bobine de détection, ont tendance à faire augmenter la résistance série  $R_s$  de la bobine (l'inductance série  $L_s$  variant peu) ;

- les matériaux non ferromagnétiques (aluminium, cuivre, laiton...) qui, lorsqu'ils sont à proximité d'une bobine de détection, ont  
30 tendance à faire diminuer l'inductance série  $L_s$  de la bobine ( $R_s$  variant peu).

Un détecteur peut être qualifié de "facteur 1" dès lors que la même distance de détection  $S_n$  s'applique à tous les métaux, ou au moins aux principaux d'entre eux.

- 2 -

La figure 1 illustre schématiquement les principaux paramètres intervenant dans la définition des performances/caractéristiques de ce type de capteurs. Sur cette figure sont indiquées :

5 - la portée nominale "Sn" : Portée conventionnelle servant à désigner le détecteur ;

- la portée réelle "Sr" : Portée mesurée sous la tension d'alimentation nominale et à température ambiante (+/- 10 % de Sn) ;

- la portée utile "Su" : Portée mesurée dans les limites admissibles de température et de tension d'alimentation (+/- 10 % de Sr).

10 De nombreuses réalisations de détecteurs "facteur 1" existent déjà, tels que par exemple les systèmes basés sur de l'émission/réception (montage type transformateur) avec 3 ou 4 bobines (voir US 7,106,052 et EP 2 493 076 A1) ou des systèmes basés sur de la mesure de fréquence (voir EP 2 017 652 A1).

15 Toutefois, ces systèmes qui mettent en œuvre plusieurs bobines, sont complexes, coûteux et encombrants. Par ailleurs, un système basé sur la fréquence peut faire appel à des composants onéreux tout en ayant des performances souvent limitées (faible fréquence de commutation, faible distance de détection).

20 Pour pallier ces inconvénients, il a été proposé un dispositif détecteur de proximité ou de présence, de types inductif et "facteur 1", comprenant essentiellement, d'une part, un circuit résonnant LC alimenté par un générateur d'impulsions d'excitation définissant des phases successives et répétitives de détection, d'autre part, une chaîne  
25 opérationnelle de moyens d'acquisition et de traitement du signal de réponse, sous forme d'oscillations libres, délivré par ledit circuit de détection LC durant chaque phase de détection, comportant notamment un moyen d'échantillonnage et un circuit de conversion analogique numérique, et, enfin, un ensemble fonctionnel de moyens d'évaluation d'au moins une  
30 valeur calée temporellement du signal traité et de fourniture d'une information ou d'un signal logique de détection ou de non détection.

Un tel dispositif détecteur est par exemple connu, en partie au moins, du document EP 1 530 064.

35 Dans le cas d'un tel montage d'oscillateur libre de type LC résonnant, on observe :

- une variation de l'amplitude des oscillations lorsque la bobine est située à proximité d'un matériau ferromagnétique ;

- 3 -

- une variation de fréquence d'oscillation lorsque la bobine est située à proximité d'un matériau non ferromagnétique.

Pour faire une détection "facteur 1", il suffit de s'intéresser qu'à deux types de matériaux :

5                   - l'acier, représentant les matériaux ferromagnétiques, provoquant une variation de  $R_s$  et donc une variation d'amplitude dans le cas d'un oscillateur libre LC ;

                    - l'aluminium, représentant les matériaux non ferromagnétiques, provoquant une variation de  $L_s$  et donc une variation de fréquence dans le  
10                   cas d'un oscillateur libre LC.

Dans le cas de l'acier, l'approche d'une cible provoque une atténuation des pseudo-oscillations, mais peu de variation en fréquence du signal (figure 2A).

15                   Dans le cas de l'aluminium, l'approche d'une cible provoque une augmentation de la fréquence des pseudo-oscillations, alors que l'amplitude du signal ne varie quasiment pas (figure 2B).

                    Le document EP 1 530 064 indique qu'il existe un instant d'échantillonnage "Trif" auquel les conditions de fonctionnement "facteur 1" sont vérifiées, c'est-à-dire où la diminution de l'amplitude du signal  
20                   provoquée par l'approche d'une cible en acier est égale à la diminution de l'amplitude induite par le déphasage de la sinusoïde provoquée par l'approche d'une cible en aluminium (voir figure 3).

                    Dans ce document EP, l'instant "Trif" est déterminé par calcul, mais sans que la manière de déterminer les valeurs permettant de réaliser ce calcul ne soit indiquée. De plus, ni le procédé de fabrication, ni le procédé  
25                   de réglage du détecteur ne sont évoqués dans ce document.

                    Par ailleurs, la construction de circuit divulguée par le document EP 1 530 064 présente une faible dynamique du signal de détection et simultanément une forte dérive en température de ce dernier.

30                   Le but de la présente invention est d'améliorer un dispositif détecteur "facteur 1" du type divulgué par le document EP 1 530 064 précité, en surmontant au moins certaines des limitations de ce dernier et de fournir un dispositif présentant une portée de détection augmentée.

                    A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif détecteur de  
35                   proximité ou de présence, de type inductif et de "facteur 1" tel qu'évoqué précédemment, caractérisé en ce que les moyens d'acquisition et de traitement comprennent, d'une part, des moyens analogiques de filtrage

- 4 -

et/ou d'amplification du signal de réponse échantillonné, après son acquisition et avant sa conversion numérique, et, d'autre part, un moyen de compensation de la dérive en température du signal de réponse par correction du signal échantillonné après sa conversion numérique, associé à  
5 ou comportant un capteur de température fournissant une information sur la température d'au moins une partie du dispositif détecteur, préférentiellement du circuit résonnant LC et des moyens d'acquisition et de traitement de la chaîne opérationnelle situés en amont du circuit de conversion A/N.

L'invention sera mieux comprise, grâce à la description ci-  
10 après, qui se rapporte à un mode de réalisation préféré, donné à titre d'exemple non limitatif, et expliqué avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels :

la figure 4 est un schéma synoptique des principaux éléments fonctionnels constitutifs du dispositif détecteur selon l'invention ;

15 la figure 5 est un schéma électrique équivalent simplifié de la chaîne opérationnelle de production et d'acquisition du signal de détection faisant partie du dispositif selon l'invention ;

la figure 6 est une représentation graphique (avec recalage temporel) des courbes [amplitude/temps] représentatives des signaux de  
20 détection (sinusoïdes pseudo-amorties) relevés aux bornes du circuit résonnant LC du dispositif détecteur selon l'invention, ce en réponse à une excitation impulsionnelle et respective en l'absence de cible, en présence d'une cible en acier (fer) à la distance  $S_n$  et en présence d'une cible en aluminium à la distance  $S_n$  ;

25 la figure 7 est une représentation à une échelle différente du détail A de la figure 6, montrant également les instants d'échantillonnage des signaux (seules les courbes des signaux "fer" et "aluminium" sont représentées) ;

les figures 8A à 8C illustrent différents cas de positionnement  
30 de l'instant d'échantillonnage "facteur 1" (Tacq) par rapport aux instants d'échantillonnage prospectifs effectivement mis en œuvre durant la phase de test de réglage et de calibration du dispositif détecteur selon l'invention, et,

la figure 9 est un ordinogramme de la procédure  
d'apprentissage ou de calibration mise en œuvre dans le cadre de  
35 l'invention.

La figure 4 et partiellement la figure 5 illustrent synoptiquement et fonctionnellement, un dispositif détecteur 1 de proximité

- 5 -

ou de présence, de types inductif et "facteur 1", comprenant essentiellement, d'une part, un circuit 2 résonnant LC alimenté par un générateur 3 d'impulsions d'excitation définissant des phases successives et répétitives de détection, d'autre part, une chaîne opérationnelle de moyens 4, 5, 6 d'acquisition et de traitement du signal de réponse (oscillations libres), délivré par ledit circuit 2 de détection LC durant chaque phase de détection, comportant notamment un moyen d'échantillonnage 4 et un circuit 6 de conversion analogique numérique, et, enfin, un ensemble fonctionnel de moyens 7, 8 d'évaluation, notamment par comparaison, d'au moins une valeur calée temporellement du signal traité et de fourniture d'une information ou d'un signal logique de détection ou de non détection. Ce dispositif comprend également une unité 9 de gestion et de commande, du type microcontrôleur, pour contrôler le fonctionnement dudit dispositif 1.

Conformément à l'invention, il est prévu que les moyens d'acquisition et de traitement précités comprennent, d'une part, des moyens 5 analogiques de filtrage et/ou d'amplification du signal de réponse échantillonné, après son acquisition et avant sa conversion numérique, et, d'autre part, un moyen 10 de compensation de la dérive en température du signal de réponse par correction du signal échantillonné après sa conversion numérique, associé à ou comportant un capteur de température 10' fournissant une information sur la température d'au moins une partie du dispositif détecteur 1, préférentiellement du circuit 2 résonnant LC et des moyens 4, 5 d'acquisition et de traitement de la chaîne opérationnelle situés en amont du circuit 6 de conversion A/N.

Grâce à ces dispositions particulières qui contribuent cumulativement à l'amélioration des performances en termes de qualité et de précision, et donc de la portée maximale, du dispositif détecteur 1, la dynamique du signal exploitable et son indépendance vis-à-vis des variations de température sont nettement améliorées par rapport à l'état de la technique.

Avantageusement, l'évaluation de la valeur échantillonnée à l'instant critique déterminé est effectuée par comparaison à une valeur seuil déterminée lors de la phase de calibration en production.

Préférentiellement, la chaîne opérationnelle comporte, à la suite du moyen d'échantillonnage 4 sous la forme d'un échantillonneur-bloqueur, un moyen d'amplification sous la forme d'un amplificateur différentiel,

- 6 -

associé à un moyen 5' de soustraction de la composante continue du signal présenté à l'entrée de l'amplificateur différentiel 5.

En tant que dispositions constructives pratiques pour augmenter la dynamique du signal, il peut être prévu en outre :

5 - d'utiliser un échantillonneur bloqueur 4 externe au microcontrôleur 9, permettant de diminuer le temps d'échantillonnage, de mieux cibler le point à échantillonner et de réaliser un traitement analogique (amplification, filtrage) avant la conversion analogique-numérique ;

10 - d'augmenter la résolution du convertisseur A/N 6 (par exemple à 12 bits), ce circuit réalisant une conversion analogique-numérique du signal issu de l'amplificateur 5 et non une conversion directe du signal de sortie du circuit LC 2.

15 Pour faciliter et augmenter la fréquence et la répétabilité des cycles ou phases de détection, il peut être prévu, comme le montre symboliquement la figure 5, en aval du circuit de détection 2 LC et en amont du moyen d'échantillonnage 4, un moyen de commutation 11 pour décharger sélectivement ledit circuit LC 2.

L'échantillonneur bloqueur 4 peut, par exemple, comprendre un interrupteur 4' associé à une capacité 4'' de mémorisation (voir figure 5).

20 En accord avec une caractéristique avantageuse de l'invention, le moyen 10 de compensation de la dérive en température consiste en une tâche logicielle exécutée par le microcontrôleur 9, à chaque phase de détection, avec exploitation, d'une part, de la valeur mesurée par le capteur de température 5' et, d'autre part, d'informations stockées résultant  
25 d'évaluations expérimentales antérieures et relatives à l'influence de la température sur le signal de détection, ces informations stockées consistant en une fonction de compensation estimée ou en un tableau de correspondance par exemple.

30 Ainsi, en vue de réaliser une compensation suffisamment précise et répétable pour respecter les contraintes normatives (cf. EN60947-5-2 autorisant une dérive en température de +/- 10 % de la portée réelle), la solution retenue par l'invention pour compenser la dérive en température est basée sur une correction numérique du signal à partir d'une température relevée via un capteur de température 5'.

35 Pour mettre au point cette compensation en température, il est nécessaire de relever préalablement la dérive du signal en fonction de la température. Ces mesures de dérive s'effectuent avec les valeurs de sortie

- 7 -

du convertisseur A/N 6 afin de compenser à la fois la dérive du capteur inductif (circuit LC 2) ainsi que de toute la chaîne d'acquisition consécutive.

Après avoir réalisé préalablement (dans une phase de mise au point) des relevés numériques de la dérive du signal sur une pluralité de dispositifs détecteurs 1 identiques, il est possible de déterminer une dérive moyenne et répétable pour au moins une série de tels dispositifs 1. Il est possible de compenser la dérive à l'aide d'une fonction directement codée dans le microcontrôleur 9. La compensation peut aussi s'effectuer via un tableau de correspondance (dit "look up table").

Selon une autre caractéristique de l'invention, permettant d'éviter tout calcul complexe, ainsi que le recours à des ressources à cet effet, il est avantageusement prévu que la valeur de calage temporelle (valeur de temporisation après la fin de l'impulsion d'excitation), qui est exploitée par le microcontrôleur 9 pour commander l'échantillonneur bloqueur 4 et qui correspond au point "facteur 1", consiste en un couple [valeur d'amplitude ; temporisation après fin de l'impulsion d'excitation] déterminé expérimentalement par échantillonnage des signaux de réponse fournis par des cibles respectivement en fer et en aluminium placées à la distance de détection  $S_n$  souhaitée, ces signaux de réponse étant relevés avec le dispositif détecteur 1 prêt à être utilisé.

Dans la pratique, et comme le montre la figure 6, le point "facteur 1" choisi correspond préférentiellement à l'intersection des deux courbes des signaux de réponse des cibles en fer et en aluminium, sous forme de pseudo-oscillations sinusoïdales amorties, dans la phase descendante de l'alternance positive de leur troisième période. Néanmoins, tout autre point d'intersection entre les deux courbes peut être utilisé, y compris ceux durant les alternances négatives des signaux de réponse.

Ainsi, en accord avec une caractéristique de l'invention, il est prévu, en phase de réglage, de déterminer :

- le point d'échantillonnage optimal permettant une détection "facteur 1" ;
- le point de commutation du dispositif 1 lié à la portée requise  $S_n$ .

Dans la pratique, la solution retenue est basée sur la recherche du point "facteur 1" par échantillonnages successifs. Ce procédé permet de rechercher le point optimal une fois le dispositif 1 entièrement assemblé et résiné, tout en éliminant l'emploi d'un dispositif externe (calculateur, ...) et

- 8 -

coûteux. Cette technique permet également d'approcher au mieux la portée nominale Sn, propriété particulièrement intéressante dans le cas de portées augmentées et/ou de plages de température étendues.

Pour chacun des deux matériaux de référence (Fer et Aluminium) placé à la distance de détection Sn souhaitée, le microcontrôleur 9 réalise N mesures autour du point "facteur 1" avec un instant d'échantillonnage "Tacq" variant de T0 à T0+N.dt (Tacq = T0 + N x dt avec dt correspondant à la résolution temporelle et N variant de 0 à 9 dans ce cas). Les amplitudes correspondant aux différents échantillons sont stockées dans des tableaux ("ValeurFer" et "ValeurAlu").

Bien que le point "facteur 1" (croisement des courbes Fer/Alu) existe sur chacune des périodes du signal oscillatoire amorti, l'échantillonnage au début de la phase descendante de la troisième période (voir figure 6) apparaît comme un bon compromis en terme de stabilité.

Le nombre N de points d'échantillonnage doit être choisi assez grand (au moins 10) afin de pouvoir trouver le "point facteur 1" dans tous les cas : il est en effet nécessaire de prendre en compte les tolérances initiales des composants qui introduisent des variations d'amplitude, de fréquence ou de base de temps d'une pièce à l'autre.

Les résultats des échantillonnages des deux courbes de la figure 7 sont présentés dans le tableau suivant en deux parties :

<i>Echantillon (N)</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Temporisation Tacq</b>	T0	T0+dt	T0+2dt	T0+3dt	T0+4dt
<b>ValeurFer (LSB)</b>	2050	2060	2066	2070	2071
<b>ValeurAlu (LSB)</b>	2058	2069	2075	2078	2077
<b>Ecart Fer/Alu (LSB)</b>	8	9	9	8	6

<i>Echantillon (N)</i>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Temporisation Tacq</b>	T0+5dt	T0+6dt	T0+7dt	T0+8dt	T0+9dt
<b>ValeurFer (LSB)</b>	2069	2062	2052	2041	2027
<b>ValeurAlu (LSB)</b>	2072	2061	2049	2034	2015
<b>Ecart Fer/Alu (LSB)</b>	3	1	3	7	12

Les valeurs "ValeurFer" et "ValeurAlu" sont ensuite comparées entre elles, ce qui permet de déterminer la valeur absolue de l'écart entre la

- 9 -

valeur ValeurFer[N] et ValeurAlu[N]. L'écart le plus faible correspond au point d'échantillonnage le plus proche du point "facteur 1" qui est le point de croisement des deux courbes de réponse Fer et Aluminium.

5 L'indice M correspondant à l'écart Fer/Aluminium le plus faible permet de déterminer :

- l'instant d'échantillonnage  $T_{acq} = T_0 + M \times dt$  optimal pour une détection "facteur 1" ;

- le seuil de détection choisi correspondant à la moyenne entre ValeurFer[M] et ValeurAlu[M].

10 L'instant d'échantillonnage  $T_{acq}$  correspond théoriquement au croisement entre les courbes de réponse Fer et Aluminium, mais en pratique, un écart peut être observé entre le point d'échantillonnage et le croisement réel des deux courbes - voir figures 8A à 8C). En phase de développement, il est nécessaire de vérifier que malgré cet écart, le  
15 dispositif détecteur 1 peut toujours être considéré comme "facteur 1", c'est-à-dire que la variation de la portée réelle  $S_r$  en fonction des matériaux dû à cet écart reste toujours dans les +/- 10 % de  $S_n$  autorisés par la norme EN60947-5-2.

20 En phase de production, le réglage du point d'échantillonnage  $T_{acq}$  et le réglage de la distance de détection  $S_n$  s'effectue en deux étapes successives (les deux étapes peuvent être interverties) :

1. Une cible en acier est placée devant le dispositif détecteur 1 à la distance  $S_n$  et une commande lance une séquence d'apprentissage permettant de compléter le tableau "ValeurFer". Le détecteur signale la fin  
25 de cette procédure à l'aide de sa sortie.

2. Une cible en aluminium est placée devant le dispositif détecteur 1 à la distance  $S_n$  et une commande lance une séquence d'apprentissage permettant de compléter le tableau "ValeurAlu".

30 Ensuite, à l'aide des deux tableaux, le microcontrôleur 9 est en mesure de déterminer le point d'échantillonnage optimal et le seuil de détection. Ces deux paramètres sont ensuite sauvegardés en mémoire, et rappelés à chaque démarrage du détecteur. Le dispositif détecteur 1 signale la fin de cette procédure à l'aide de sa sortie.

35 L'envoi de la commande d'apprentissage peut s'effectuer via une interface de paramétrage communicant via les lignes d'alimentation et la sortie du dispositif détecteur, comme divulgué par exemple dans le document EP 2 748 936 au nom de la demanderesse.

- 10 -

Un autre point important pour se rapprocher au maximum du point "facteur 1" est de prévoir une résolution temporelle élevée pour l'échantillonnage et donc un cycle d'horloge élevé et stable pour le microcontrôleur 9, préférentiellement de l'ordre de 32 MHz au moins et  
5 avec une faible dérive en température. De ce fait, des bases de temps du type résonateurs quartz ou oscillateurs MEMS sont à privilégier.

L'invention a également pour objet un procédé de calibration d'un dispositif détecteur 1 tel qu'évoqué ci-dessus, caractérisé en ce qu'il consiste à placer successivement une cible en fer et une cible en aluminium  
10 à la distance de détection  $S_n$  souhaitée, acquérir une pluralité d'échantillons, préférentiellement au moins dix, du signal de réponse sinusoïdal fourni par le circuit de détection LC 2 du dispositif détecteur 1 après excitation impulsionnelle dudit circuit, avantageusement durant la phase descendante de la première alternance de la troisième période de ces deux signaux, et à  
15 déterminer par comparaison, et éventuelle interpolation, les coordonnées (amplitude, temps) du point d'intersection des courbes représentatives des deux signaux de réponse correspondant au point "facteur 1".

Un possible mode de réalisation pratique des différentes étapes du procédé précité est illustré sur la figure 9.

20 Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et représenté aux dessins annexés. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif détecteur (1) de proximité ou de présence, de types inductif et "facteur 1", comprenant essentiellement, d'une part, un circuit (2) résonnant LC alimenté par un générateur (3) d'impulsions d'excitation définissant des phases successives et répétitives de détection, d'autre part, une chaîne opérationnelle de moyens (4, 5, 6) d'acquisition et de traitement du signal de réponse, sous forme d'oscillations libres, délivré par ledit circuit (2) de détection LC durant chaque phase de détection, comportant notamment un moyen d'échantillonnage (4) et un circuit (6) de conversion analogique numérique, et, enfin, un ensemble fonctionnel de moyens (7, 8) d'évaluation, notamment par comparaison, d'au moins une valeur calée temporellement du signal traité et de fourniture d'une information ou d'un signal logique de détection ou de non détection, ledit dispositif (1) comprenant également une unité (9) de gestion et de commande, du type microcontrôleur, pour contrôler le fonctionnement dudit dispositif (1),

dispositif détecteur (1) caractérisé en ce que les moyens d'acquisition et de traitement comprennent, d'une part, des moyens (5) analogiques de filtrage et/ou d'amplification du signal de réponse échantillonné, après son acquisition et avant sa conversion numérique, et, d'autre part, un moyen (10) de compensation de la dérive en température du signal de réponse par correction du signal échantillonné après sa conversion numérique, associé à ou comportant un capteur de température (10') fournissant une information sur la température d'au moins une partie du dispositif détecteur (1), préférentiellement du circuit (2) résonnant LC et des moyens (4, 5) d'acquisition et de traitement de la chaîne opérationnelle situés en amont du circuit (6) de conversion A/N.

2. Dispositif détecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la chaîne opérationnelle comporte, à la suite du moyen d'échantillonnage (4) sous la forme d'un échantillonneur-bloqueur, un moyen d'amplification (5) sous la forme d'un amplificateur différentiel, associé à un moyen (5') de soustraction de la composante continue du signal présenté à l'entrée de l'amplificateur différentiel (5).

3. Dispositif détecteur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend également, en aval du circuit de détection (2) LC et en

- 12 -

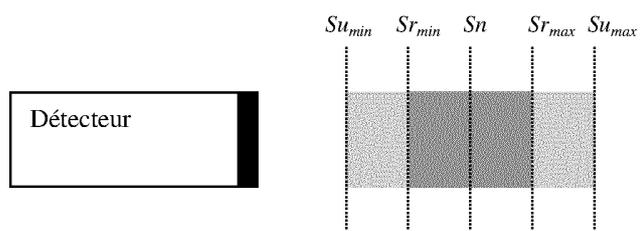
amont du moyen d'échantillonnage (4), un moyen de commutation (11) pour décharger sélectivement ledit circuit LC (2).

4. Dispositif détecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le moyen (10) de compensation de la dérive en température consiste en une tâche logicielle exécutée par le microcontrôleur (9), à chaque phase de détection, avec exploitation, d'une part, de la valeur mesurée par le capteur de température (5') et, d'autre part, d'informations stockées résultant d'évaluations expérimentales antérieures et relatives à l'influence de la température sur le signal de détection, ces informations stockées consistant en une fonction de compensation estimée ou en un tableau de correspondance par exemple.

5. Dispositif détecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la valeur de calage temporelle, qui est exploitée par le microcontrôleur (9) pour commander l'échantillonneur bloqueur (4) et qui correspond au point "facteur 1", consiste en un couple [valeur d'amplitude ; temporisation après fin de l'impulsion d'excitation] déterminé expérimentalement par échantillonnage des signaux de réponse fournis par des cibles respectivement en fer et en aluminium placés à la distance de détection ( $S_n$ ) souhaitée, ces signaux de réponse étant relevés avec le dispositif détecteur (1) prêt à être utilisé.

6. Dispositif détecteur selon la revendication 5, caractérisé en ce que le point "facteur 1" choisi correspond à l'intersection des deux courbes des signaux de réponse des cibles en fer et en aluminium, sous forme de pseudo-oscillations sinusoïdales amorties, dans la phase descendante de l'alternance positive de leur troisième période.

7. Procédé de calibration d'un dispositif détecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il consiste à placer successivement une cible en fer et une cible en aluminium à la distance de détection ( $S_n$ ) souhaitée, acquérir une pluralité d'échantillons, préférentiellement au moins dix, du signal de réponse sinusoïdal fourni par le circuit de détection LC (2) du dispositif détecteur (1) après excitation impulsionnelle dudit circuit, avantageusement durant la phase descendante de la première alternance de la troisième période de ces deux signaux, et à déterminer par comparaison, et éventuelle interpolation, les coordonnées (amplitude, temps) du point d'intersection des courbes représentatives des deux signaux de réponse correspondant au point "facteur 1".

**Fig. 1**

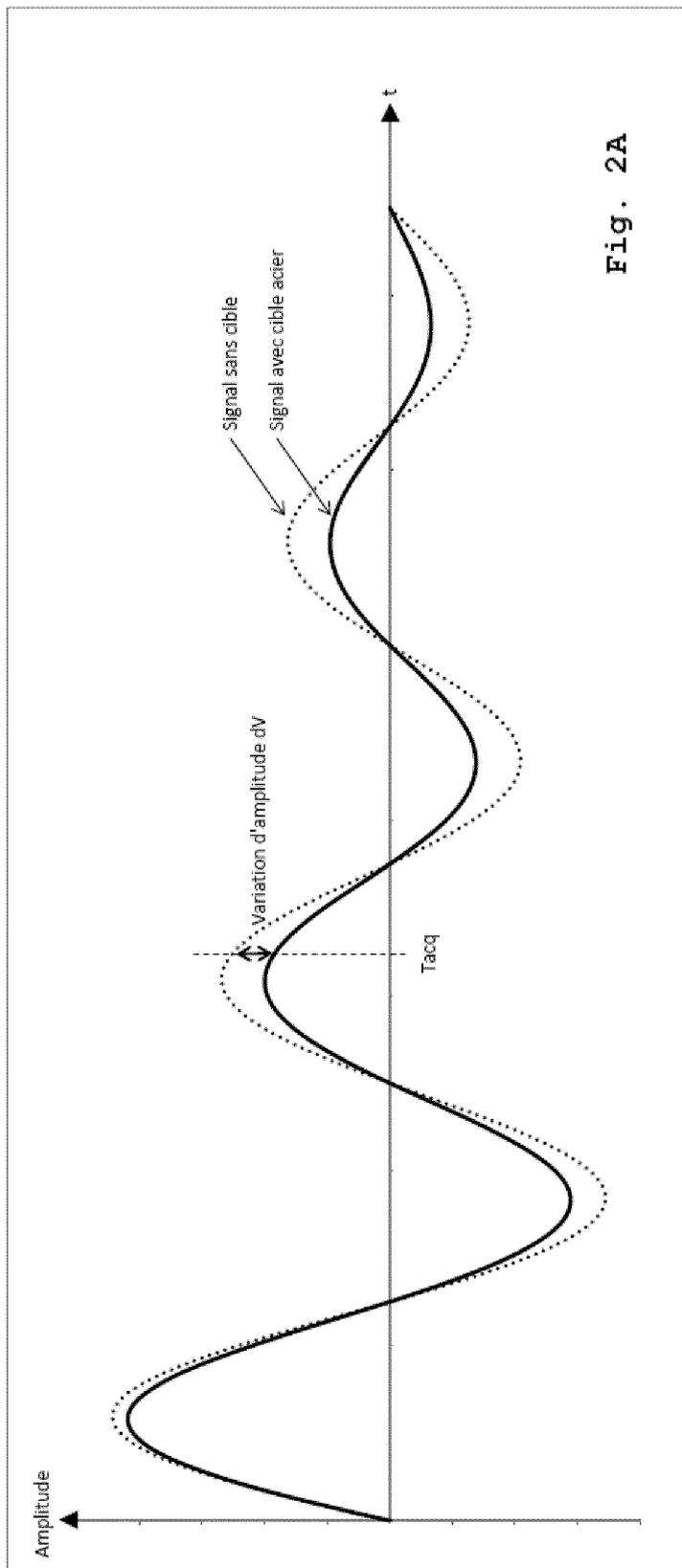


Fig. 2A

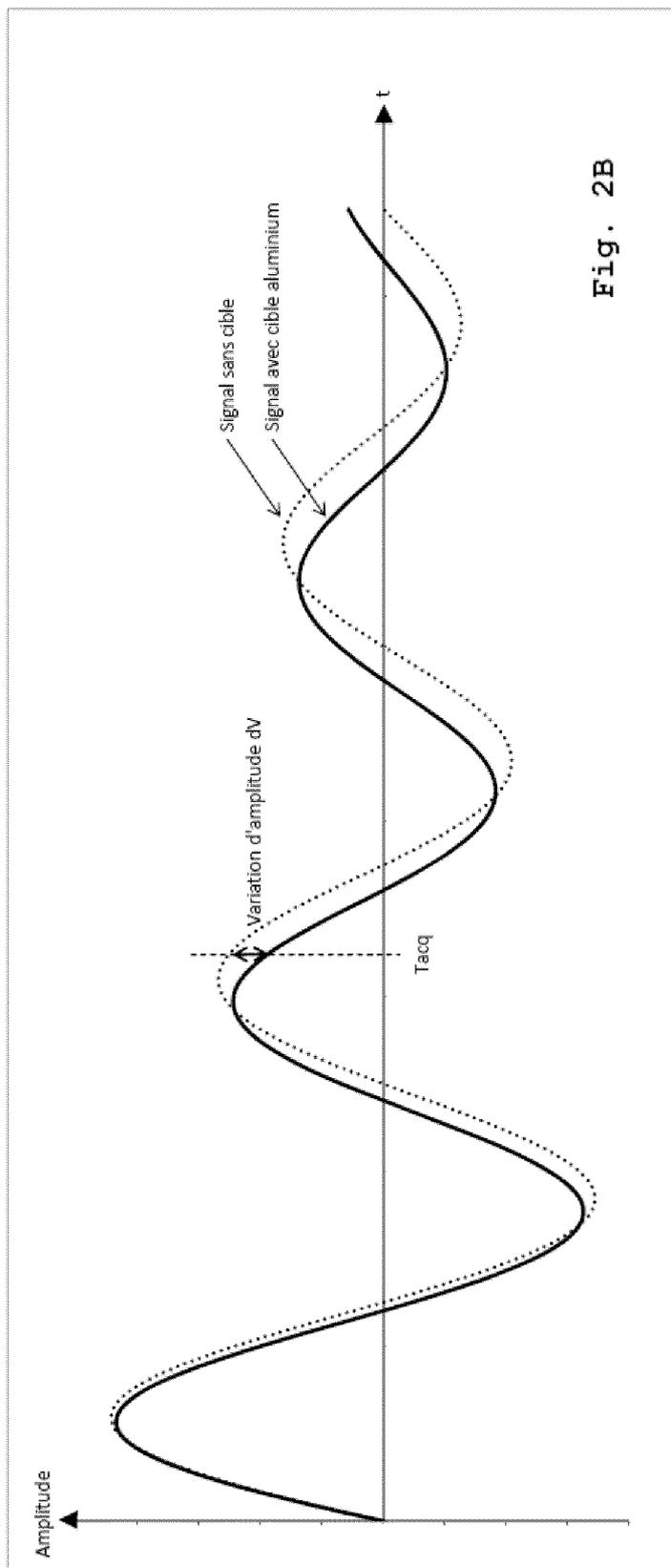


Fig. 2B

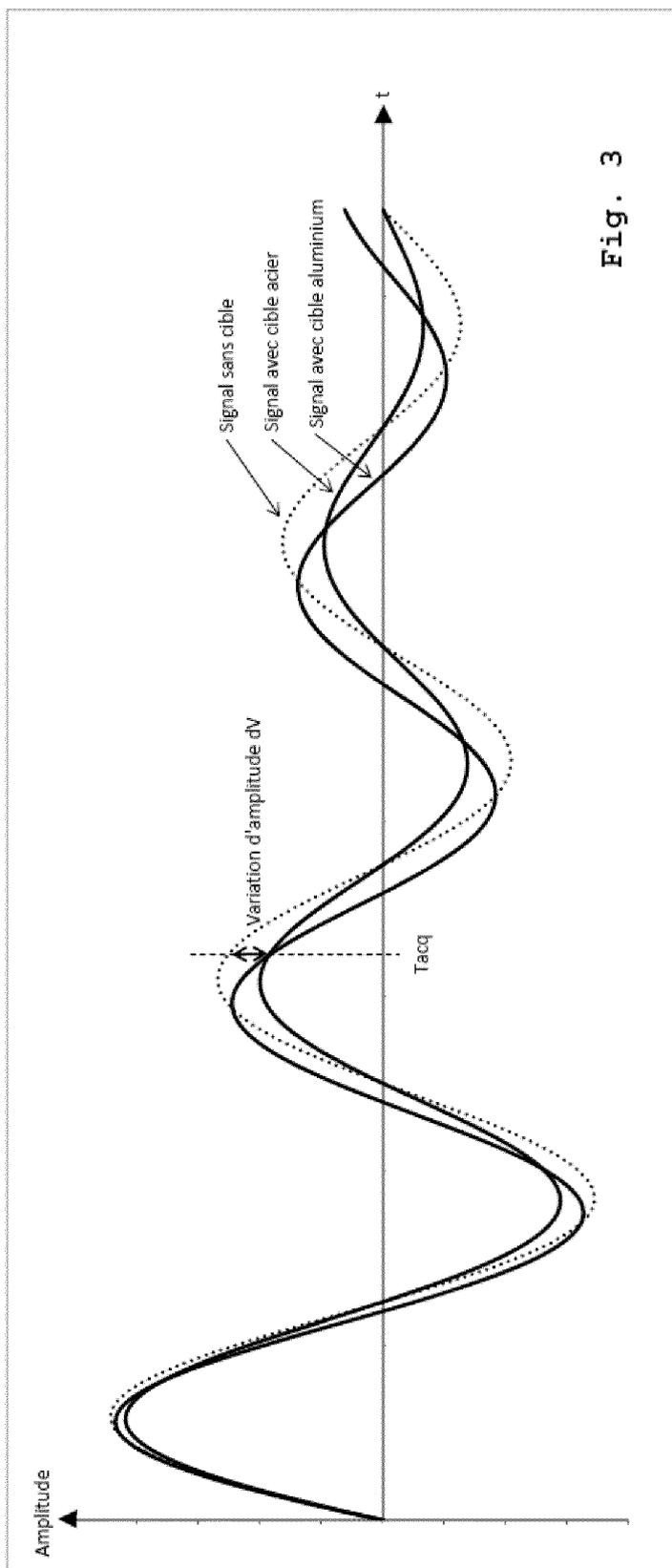


Fig. 3

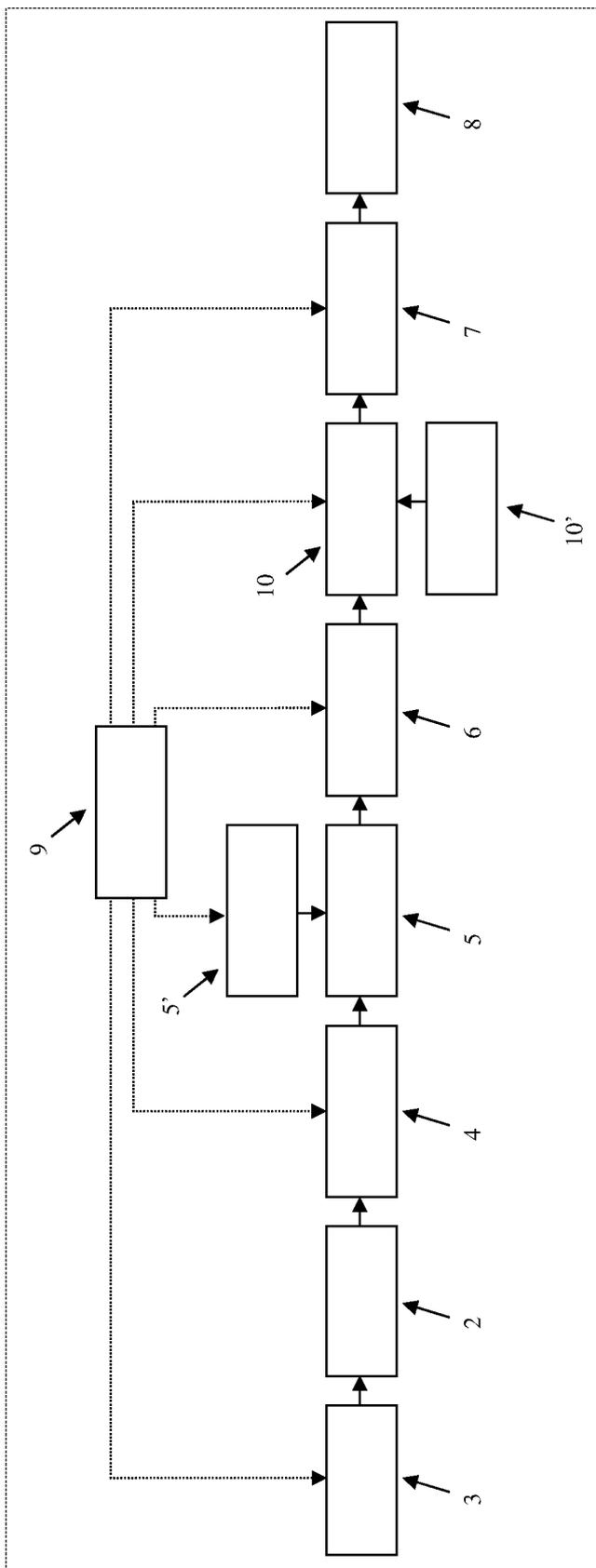
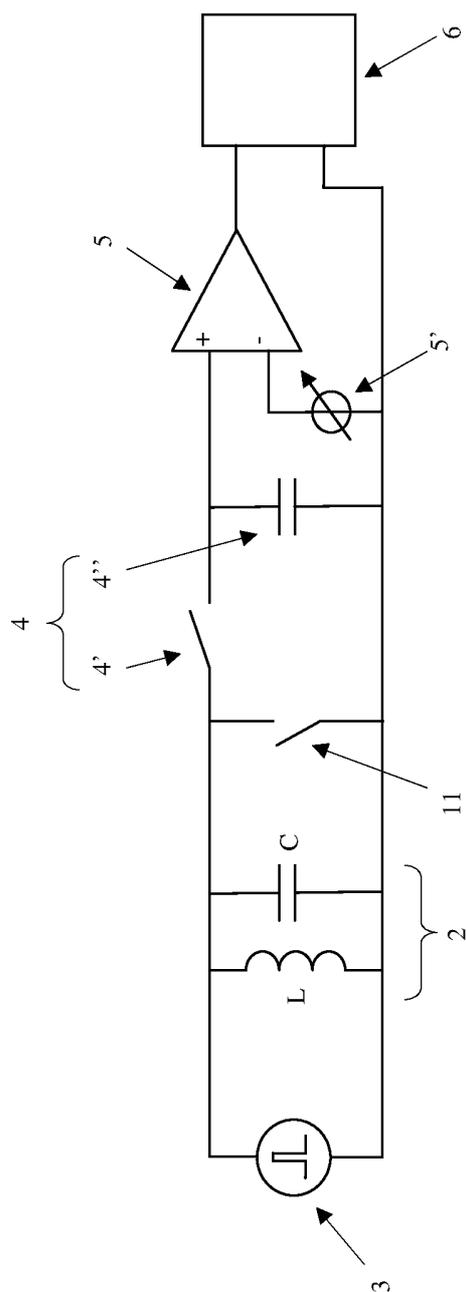


Fig. 4

**Fig. 5**

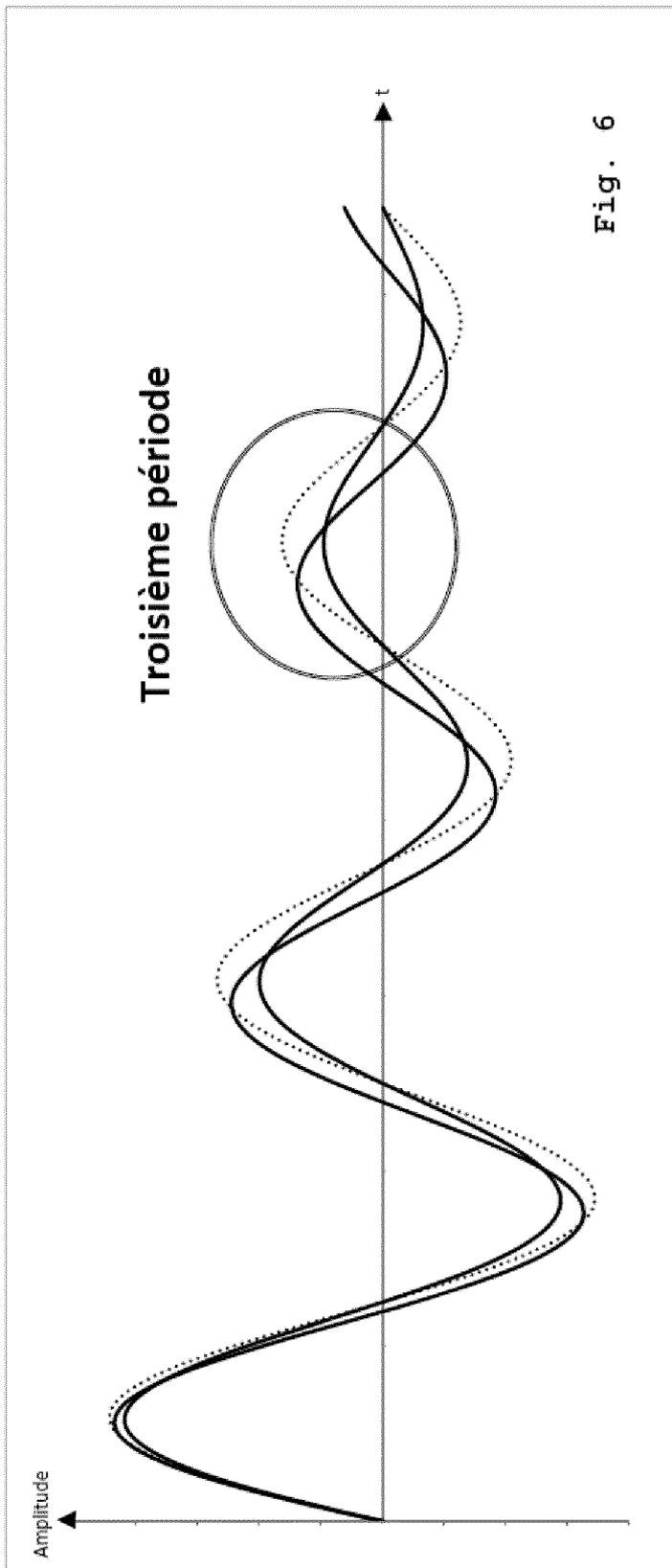


Fig. 6

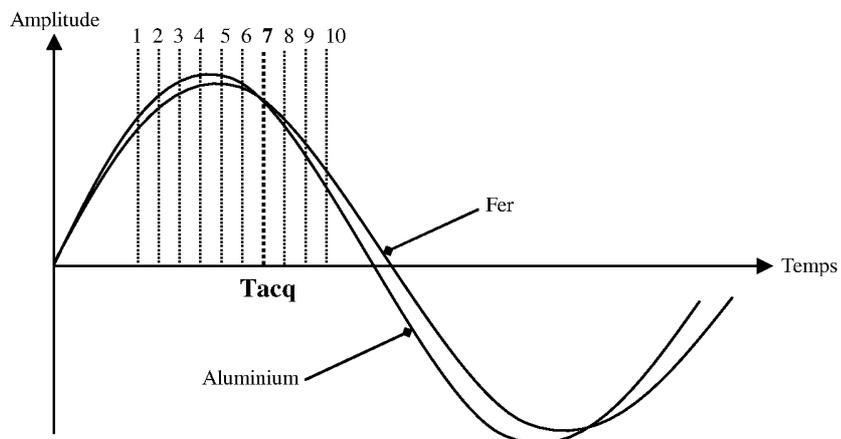


Fig. 7

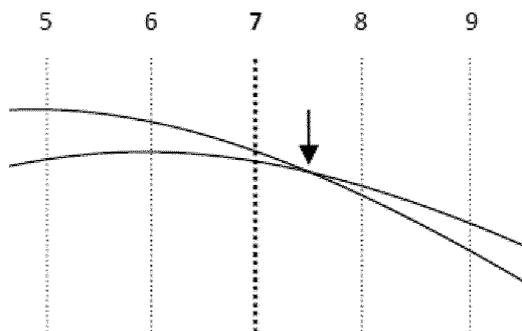


Fig. 8A

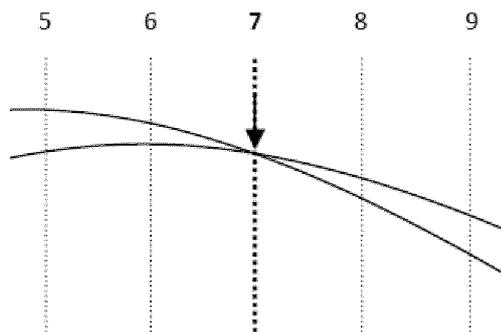


Fig. 8B

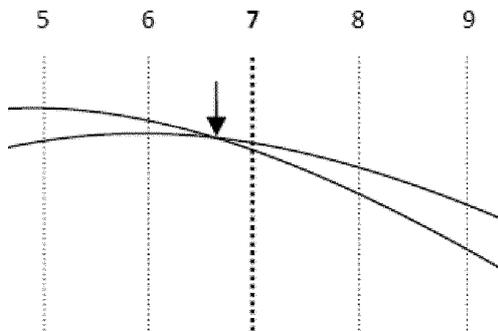


Fig. 8C

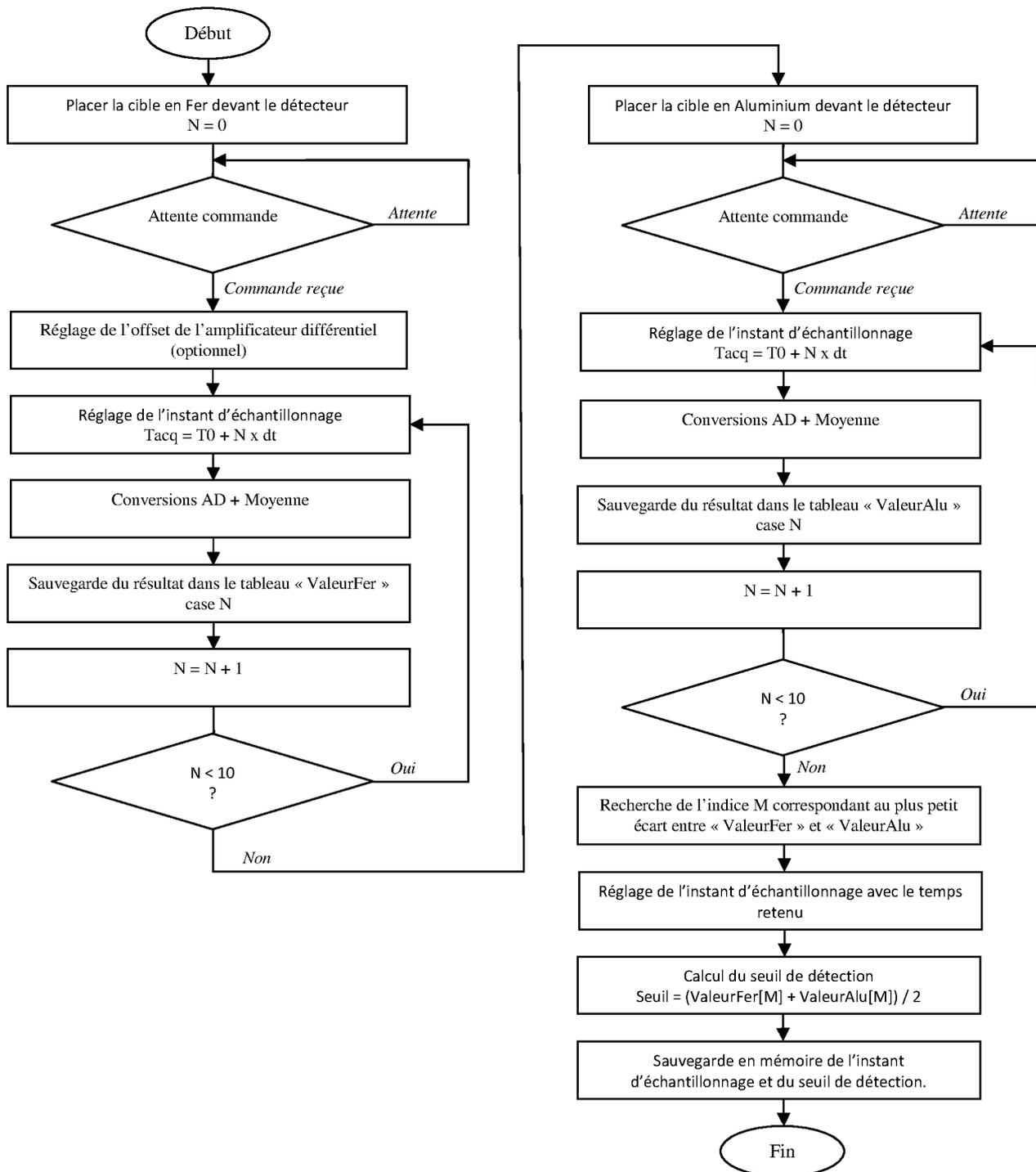


Fig. 9


**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

 N° d'enregistrement  
national

 FA 824517  
FR 1652242

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	EP 1 530 064 A1 (M D MICRO DETECTORS S P A [IT]) 11 mai 2005 (2005-05-11) * alinéas [0022] - [0027], [0043] - [0061]; figures 1, 3 *	1,2,4-7	G01V3/11 G01V13/00
Y	US 2003/184301 A1 (BOSNAR MIROSLAV [CA]) 2 octobre 2003 (2003-10-02) * alinéas [0037] - [0041]; figure 3 *	1,2,4-7	
Y	US 2014/376586 A1 (DAWSON CHAD S [US] ET AL) 25 décembre 2014 (2014-12-25) * alinéas [0018] - [0034]; figures 1, 2 *	1,7	
A	WO 2015/143500 A1 (ORICA INT PTE LTD [SG]; COMMW SCIENT IND RES ORG [AU]) 1 octobre 2015 (2015-10-01) * alinéas [0099], [0117], [0174] - [0180] *	1-7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01V G01D
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		5 décembre 2016	Vollmer, Thorsten
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1652242 FA 824517**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 05-12-2016

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1530064 A1	11-05-2005	EP 1530064 A1 US 2005162158 A1	11-05-2005 28-07-2005
US 2003184301 A1	02-10-2003	CA 2424250 A1 US 2003184301 A1	02-10-2003 02-10-2003
US 2014376586 A1	25-12-2014	AUCUN	
WO 2015143500 A1	01-10-2015	AU 2015234707 A1 CA 2943895 A1 WO 2015143500 A1	13-10-2016 01-10-2015 01-10-2015