

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 929 465

(21) N° d'enregistrement national : 09 51826

(51) Int Cl⁸ : H 03 K 5/22 (2006.01), G 05 B 1/00, 15/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 23.03.09.

(30) Priorité : 25.03.08 US 12054548.

(71) Demandeur(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY —
US.

(43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.10.09 Bulletin 09/40.

(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.

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(72) Inventeur(s) : ANDARAWIS EMAD ANDARAWIS.

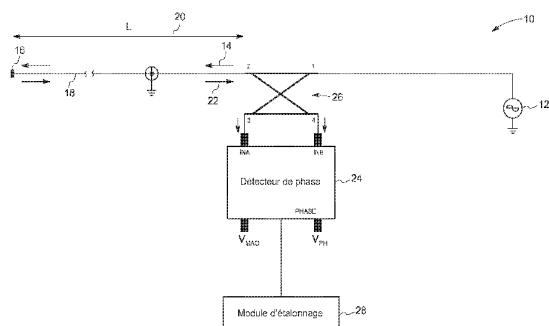
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

(54) SYSTEMES ET PROCEDES POUR ETALONNAGE EN PHASE AU COURS DE LA MARCHE.

(57) Système pour étalonnage relatif en phase au cours de la marche. Le système comprend au moins une source d'excitation conçue pour produire de multiples signaux d'excitation (14). Le système comprend aussi au moins deux capteurs couplés par une ligne de transmission (18) à des sources d'excitation respectives constituées par la/les sources d'excitation, les deux capteurs étant conçus pour recevoir certains, respectifs, des signaux d'excitation (14). Le système comprend en outre au moins deux détecteurs de phase conçus pour recevoir des deux capteurs, via la ligne de transmission (18), au moins deux signaux réfléchis (22), chacun des deux détecteurs de phase étant conçu pour délivrer une tension respective représentant une différence de phase entre certains, respectifs, des signaux réfléchis (22) et certains, respectifs, des signaux d'excitation (14). Le système comprend aussi un commutateur couplé aux capteurs et aux détecteurs de phase, le commutateur étant conçu pour permettre les détecteurs de phase entre les capteurs suivant un intervalle de commutation prédéterminé. Le système comprend en outre un module d'étalonnage (28) couplé aux détecteurs de phase, le module d'étalonnage étant conçu pour recevoir la tension respective des au moins deux détecteurs de phase et pour traiter cette tension afin de produire des signaux de tension étalonnée respectifs, le

module d'étalonnage (28) étant en outre conçu pour adapter les signaux de tension étalonnée de chacun des détecteurs de phase.



FR 2 929 465 - A1



B09-0900FR

Société dite : **GENERAL ELECTRIC COMPANY**

Systèmes et procédés pour étalonnage en phase au cours de la marche

Invention de : **ANDARAWIS Emad Andarawis**

**Priorité d'une demande de brevet déposée aux Etats-Unis d'Amérique le
25 mars 2008 sous le n° 12/054.548**

Systèmes et procédés pour étalonnage en phase au cours de la marche

La présente invention concerne de façon générale des systèmes et 5 procédés d'étalonnage en phase et, plus particulièrement, l'étalonnage en phase dans des systèmes de détection servant à mesurer un intervalle.

Divers types de systèmes de détection ont été employés pour mesurer la distance entre deux objets. L'un de ces systèmes de détection comprend un capteur capacitif servant à mesurer la distance entre deux 10 objets. Le capteur est placé sur l'un des objets et mesure une capacité par rapport à l'autre objet pour estimer l'intervalle entre les deux objets. Malheureusement, les techniques de mesure directe existantes employant 15 un seul capteur pour un seul objet cible peuvent être relativement imprécises si la géométrie de l'objet cible change au cours de la mesure. Par exemple, dans une pièce tournante telle qu'une aube mobile de turbine, la géométrie et la position de l'aube mobile peuvent changer en fonction de diverses conditions. De tels changements risquent de 20 provoquer une dérive dans l'étalonnage du capteur.

Il existe plusieurs techniques utilisées actuellement pour 25 l'étalonnage en phase des systèmes de détection. Une technique couramment employée passe par "l'étalonnage en usine". L'étalonnage en usine est utilisé pour mesurer et maîtriser la variabilité entre pièces. Certaines des techniques d'étalonnage comprennent l'injection d'une 30 référence de phase connue et l'étalonnage du système d'après une transformation de phase en tension d'un détecteur de phase. Cependant, les références de phase représentent une gageure dans les systèmes qui nécessitent une très grande précision telle que, d'une manière nullement limitative, 0,1 degré. De plus, les techniques d'étalonnage en usine sont employées avant l'installation du système de détection et ne conviennent pas pour l'étalonnage en phase en ligne.

Une autre technique couramment employée pour l'étalonnage 35 d'un détecteur de phase dans un système de détection d'intervalle comprend la soumission d'un capteur à un changement d'intervalle

maîtrisé et la mesure d'un gain du système en réponse au changement de l'intervalle. Cependant, cette technique nécessite des procédures d'étalonnage exhaustif. En outre, la technique ne prend pas en compte les variations qui surviennent après que la sortie d'usine du système.

5 On a donc besoin d'un procédé d'étalonnage en phase perfectionné qui résolve un ou plusieurs des problèmes évoqués plus haut.

10 Selon une forme de réalisation de l'invention, il est proposé un système d'étalonnage relatif en phase au cours de la marche. Le système comprend au moins une source d'excitation conçue pour produire de multiples signaux d'excitation. Le système comprend aussi au moins deux capteurs couplés par une ligne de transmission à des sources d'excitation respectives constituées par la/les sources d'excitation, les 15 deux capteurs étant conçus pour recevoir certains, respectifs, des signaux d'excitation. Le système comprend en outre au moins deux détecteurs de phase conçus pour recevoir des deux capteurs, via la ligne de transmission, au moins deux signaux incidents et deux signaux réfléchis, chacun des deux détecteurs de phase étant conçu pour délivrer une tension respective représentant une différence de phase entre certains, respectifs, des signaux réfléchis et certains, respectifs, des 20 signaux d'excitation. Le système comprend aussi un commutateur couplé aux capteurs et aux détecteurs de phase, le commutateur étant conçu pour permuter les détecteurs de phase entre les capteurs suivant un intervalle de commutation prédéterminé ou en réponse à un signal de demande d'étalonnage. Le système comprend en outre un module 25 d'étalonnage couplé aux détecteurs de phase, le module d'étalonnage étant conçu pour recevoir la tension respective des au moins deux détecteurs de phase et pour traiter cette tension afin de produire des signaux de tension étalonnée respectifs, le module d'étalonnage étant en 30 outre conçu pour adapter les signaux de tension étalonnée de chacun des détecteurs de phase.

Selon une autre forme de réalisation de l'invention, il est proposé un système d'étalonnage absolu en phase au cours de la marche. Le système comprend une source d'excitation conçue pour produire une

pluralité de signaux d'excitation à de multiples fréquences. Le système comprend aussi un déphaseur couplé à la source d'excitation, le déphaseur étant conçu pour introduire différents déphasages dans certains, respectifs, des signaux d'excitation afin de produire de multiples signaux d'excitation déphasés. Le système comprend en outre un détecteur de phase conçu pour recevoir les signaux d'excitation et les signaux d'excitation déphasés respectifs et délivrer de multiples tensions représentant les différents déphasages. Le système comprend aussi un processeur conçu pour déterminer une fonction de transformation de phase en tension pour le détecteur de phase d'après les tensions et les différents déphasages.

Selon une autre forme de réalisation de l'invention, il est proposé un système d'étalonnage absolu en phase au cours de la marche. Le système comprend une source d'excitation conçue pour produire de multiples signaux d'excitation à des fréquences respectives. Le système comprend aussi un capteur couplé à la source d'excitation par une ligne de transmission, le capteur étant conçu pour recevoir des signaux d'excitation. Le système comprend en outre un détecteur de phase couplé au capteur et conçu pour recevoir du capteur de multiples signaux réfléchis correspondant à certains, respectifs, des signaux d'excitation et délivrer une tension représentant une différence de phase entre certains, respectifs, des signaux réfléchis et des signaux d'excitation. Le système comprend aussi un processeur conçu pour calculer la différence de phase d'après chacune des fréquences et une longueur de la ligne de transmission, et pour déterminer une fonction de transformation de phase en tension pour le détecteur de phase d'après la différence de phase calculée et la tension délivrée.

Selon une autre forme de réalisation de l'invention, il est proposé un procédé d'étalonnage relatif en phase au cours de la marche. Le procédé comprend la production d'une pluralité de signaux d'excitation. Le procédé comprend aussi la transmission de certains, respectifs, des signaux d'excitation à au moins deux capteurs. Le procédé comprend en outre la réflexion des signaux d'excitation respectifs depuis les capteurs. Le procédé comprend aussi la réalisation de multiples mesures de phase

pour générer de multiples tensions par l'intermédiaire d'au moins deux détecteurs de phase, chacune des tensions représentant une différence de phase entre les signaux d'excitation réfléchis et les signaux d'excitation transmis. Le procédé comprend en outre la commutation d'un couplage de chacun des capteurs entre les détecteurs de phase suivant un intervalle de commutation prédéterminé. Le procédé comprend aussi l'adaptation de la tension obtenue pour chacun des capteurs dans les détecteurs de phase afin d'étalonner les détecteurs de phase.

Selon une autre forme de réalisation de l'invention, il est proposé un procédé d'étalonnage de phase absolue en marche. Le procédé comprend la production d'une pluralité de signaux d'excitation à des fréquences respectives. Le procédé comprend aussi la transmission des signaux d'excitation par l'intermédiaire d'une ligne de transmission. Le procédé comprend aussi la réception et la réflexion des signaux d'excitation par l'intermédiaire d'un capteur. Le procédé comprend aussi la réalisation d'une pluralité de mesures de phase pour générer une pluralité de tensions par l'intermédiaire d'un détecteur de phase, chacune des tensions représentant une différence de phase entre le signal d'excitation réfléchi et le signal d'excitation transmis à l'une, respective, des fréquences. Le procédé comprend aussi le calcul de la différence de phase d'après les fréquences et une longueur de la ligne de transmission. Le procédé comprend en outre la détermination d'une fonction de transformation de phase en tension pour le détecteur de phase d'après la différence de phase calculée et la tension délivrée.

L'invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée d'un mode de réalisation pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par les dessins annexés, sur lesquels les mêmes repères désignent des éléments identiques sur tous les dessins, et sur lesquels :

- la figure 1 est une illustration schématique d'un système d'étalonnage relatif en phase au cours de la marche comprenant un module d'étalonnage selon des formes de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 est une représentation schématique du module d'étalonnage de la figure 1 ;

- la figure 3 est une représentation schématique d'un système d'étalonnage absolu en phase au cours de la marche selon des formes de réalisation de l'invention ;

5 - la figure 4 est une représentation schématique d'un autre exemple de système d'étalonnage absolu en phase au cours de la marche selon des formes de réalisation de l'invention ;

- la figure 5 est un organigramme présentant des étapes d'un exemple de procédé d'étalonnage relatif en phase au cours de la marche selon des formes de réalisation de l'invention ; et

10 - la figure 6 est un organigramme présentant des étapes d'un exemple de procédé d'étalonnage absolu en phase au cours de la marche selon des formes de réalisation de l'invention.

Comme exposé en détail ci-après, des formes de réalisation de l'invention comprennent un système et un procédé d'étalonnage en phase de détecteurs de phase. Au sens de la présente description, l'expression "étalonnage en phase" désigne l'étalonnage de détecteurs de phase employés dans des applications telles que, mais d'une manière nullement limitative, la mesure d'intervalles, par exemple la mesure d'intervalles pour des aubes mobiles de turbines. Plus particulièrement, une technique d'étalonnage relatif et une technique d'étalonnage absolu en phase ont été décrites. Une fonction de transformation de phase en tension est déterminée dans les techniques d'étalonnage absolu tandis qu'une détermination de la fonction de transformation de phase en tension n'est pas nécessaire pour la technique d'étalonnage relatif. L'expression "fonction de transformation de phase en tension" désigne une fonction liant la tension à une différence de phase correspondante dans un circuit. Les détecteurs de phase comportent une sortie électrique telle que, mais de manière nullement limitative, l'intensité et la tension.

La figure 1 est une représentation schématique d'un système 10 d'étalonnage relatif en phase au cours de la marche. Le système 10 comprend au moins une source d'excitation 12 qui produit des signaux d'excitation 14. La source d'excitation 12 comporte, mais de manière nullement limitative, un oscillateur commandé en tension, un oscillateur non commandé ou un source d'excitation à fréquence radioélectrique

(RF). Dans la forme de réalisation illustrée, la source d'excitation 12 comporte un oscillateur commandé en tension. Les signaux d'excitation 14 sont incidents sur une charge 16 via une ligne de transmission 18 d'une longueur représentée par le repère 20. Dans une forme de réalisation particulière, la charge 16 est un capteur tel qu'un capteur capacatif. Les signaux d'excitation 14 peuvent aussi être appelés signal incident 14. La charge 16 réfléchit une partie du signal d'excitation 14 en raison d'un défaut d'adaptation d'impédance entre une impédance de la charge 16 et une impédance caractéristique de la ligne de transmission 18. Par conséquent, cela aboutit à la production d'un signal réfléchi 22. Le signal réfléchi est fonction d'un coefficient de réflexion qui est défini en fonction d'un défaut d'adaptation entre l'impédance caractéristique de la ligne de transmission 18 et l'impédance de la charge. Le coefficient de réflexion est donné par :

15

$$\frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0} \quad (1) ;$$

où Z_1 est l'impédance de la charge 16 et Z_0 est l'impédance caractéristique de la ligne de transmission 18. Le coefficient de réflexion module la phase du signal réfléchi 22. Le signal réfléchi 22 subit aussi un retard de phase dû à la longueur 20 de la ligne de transmission 18. Il en résulte une différence de phase totale qui est mesurée pendant la marche.

Dans l'exemple illustré, un détecteur de phase 24 reçoit le signal réfléchi 22 qui est auparavant passé par un coupleur bidirectionnel 26. Le coupleur bidirectionnel 26 permet d'échantillonner de manière indépendante le signal incident 14 et le signal réfléchi 22. Le détecteur de phase 24 reçoit le signal incident 14 et le signal réfléchi 22 pour délivrer une tension représentative d'une différence de phase entre le signal réfléchi 22 et le signal incident 14. Un module d'étalonnage 28 est couplé au détecteur de phase 24 pour étalonner des mesures obtenues à partir d'au moins deux dites charges 16.

La figure 2 est une représentation schématique d'un exemple de système 40 d'étalonnage relatif en phase au cours de la marche comprenant le module d'étalonnage 28 de la figure 1. Un signal 42 issu d'une voie d'avance 46 qui représente des mesures obtenues à partir d'un premier capteur ou d'une première charge (figure 1) et un signal 44 issu d'une voie de retard 48 qui représente des mesures obtenues à partir d'un second capteur ou d'une seconde charge (figure 1) sont transmis à un premier détecteur de phase 50 et à un second détecteur de phase 52. Dans l'exemple illustré, un commutateur 53 couplé à la voie d'avance 46 et à la voie de retard 48 commute les signal 42 et 44 suivant un intervalle de commutation prédéterminé ou en réponse à un signal de demande d'étalonnage. Dans une forme de réalisation, le commutateur 53 est un commutateur de fréquence radioélectrique transmettant de multiples signaux à haute fréquence dans une bande voulue. Les signaux 54 et 56 issus respectivement du premier détecteur de phase 50 et du second détecteur de phase 52 sont amenés à passer par le module d'étalonnage 28. Pour l'exemple illustré, le module d'étalonnage 28 comprend au moins deux circuits d'étalonnage 58, 59 couplés aux détecteurs de phase respectifs 50, 52 qui étalonnent les détecteurs de phase 50, 52 afin d'obtenir la même valeur de tension de sortie dans des conditions d'étalonnage. On notera que bien que deux circuits d'étalonnage aient été représentés ici, le module d'étalonnage 28 peut comprendre d'autres nombres de circuits d'étalonnage. Pour l'exemple illustré, chacun des circuits d'étalonnage 58 comporte un décaleur de niveau 60 qui soustrait respectivement des signaux 54 et 56 une composante de courant continu pour aboutir à un signal 62. Un amplificateur 64 amplifie le signal 62 pour délivrer un signal 66 qui est en outre appliqué à un convertisseur analogique-numérique 68 qui convertit le signal 66 en signal numérique étalonné 70. Le convertisseur analogique-numérique 68 délivre le signal étalonné 70 à un analyseur 72 de niveau de signal. Un signal de tension 74 délivré par l'analyseur 72 de niveau de signal est en outre envoyé à une commande 76 couplée au commutateur 53. La commande 76 commande la commutation des signaux 42 et 44 entre le premier détecteur de phase 50 et le second

5 détecteur de phase 52 d'après le signal de tension 74. En cas de divergence dans le signal de tension 74 obtenu à partir d'un des deux circuits d'étalonnage 58, 59, le gain est ajusté pour l'adaptation des signaux de tension respectifs 74. Dans une forme de réalisation particulière, le gain est ajusté à l'aide d'un multiplicateur numérique.

10 La figure 3 est une représentation schématique d'un système 90 d'étalonnage absolu en phase au cours de la marche comprenant un déphasageur 92. Le système 90 comprend une source d'excitation 94 qui produit de multiples signaux d'excitation 96 à de multiples fréquences. La source d'excitation 94 comporte, mais de manière nullement limitative, un oscillateur commandé en tension, un oscillateur non commandé ou un source d'excitation à fréquence radioélectrique (RF).
15 Dans la forme de réalisation illustrée, la source d'excitation est un oscillateur 94 commandé en tension qui est commandé en multiples pas de fréquence. Les signaux passent par le déphasageur 92 qui introduit différents déphasages dans les signaux respectifs 96 pour produire de multiples signaux d'excitation déphasés 98. Les signaux provenant de l'oscillateur commandé en tension et les signaux déphasés 98 sont appliqués à un détecteur de phase 100. Le détecteur de phase 100 délivre des tensions représentatives des différents déphasages introduits. Un processeur 104 est couplé au détecteur de phase 100 pour déterminer une fonction correspondante de transformation de phase en tension pour le détecteur de phase 100 d'après les tensions mesurées et les différents déphasages.

20

25 Il faut souligner que la présente invention ne se limite à aucun processeur particulier pour exécuter les tâches de traitement de l'invention. Le terme "processeur", au sens où ce terme est employé ici, sert à désigner toute machine capable d'effectuer les opérations arithmétiques ou les calculs nécessaires à l'accomplissement des tâches de l'invention. Le terme "processeur" sert à désigner toute machine capable d'accepter des données d'entrée structurées et de traiter les données d'entrée conformément à des règles données pour produire des données de sortie. Il faut également souligner que l'expression "conçu pour", au sens de la présente description, signifie que le processeur est

30

équipé d'une combinaison de matériel et de logiciel pour accomplir les tâches de l'invention, comme le comprendront les hommes de l'art.

Dans une forme de réalisation particulière, une unité de commande 106 est couplée au déphasage 92 pour corriger un déphasage 5 survenant du fait d'un retard introduit par au moins l'un de multiples composants électroniques, des conducteurs et une ligne de transmission dans un circuit, en permettant à la mesure d'étalonnage d'avoir lieu à une valeur de consigne prédéterminée de la différence de phase. L'unité de commande 106 peut être une source de tension commandée servant à 10 ajuster des caractéristiques du déphasage 92.

Dans une forme de réalisation particulière, une unité de commande 106 est couplée au déphasage 92 pour induire un changement dans le déphasage. Cela permet l'application d'un déphasage variable et la mesure de la sortie de phase résultante en fonction de la différence de phase, et une fonction de transformation de phase en tension est 15 calculée. L'unité de commande 106 peut être une source de tension variable telle qu'une source de signaux carrés où les niveaux des signaux carrés provoquent des déphasages différents dans le déphasage 92.

La figure 4 est une illustration schématique d'un autre exemple 20 de système 120 d'étalonnage absolu en phase au cours de la marche. Le système 120 comprend une source d'excitation telle que, mais d'une manière nullement limitative, un oscillateur 122 commandé en tension, comme illustré ici, qui produit de multiples signaux d'excitation 124 à 25 des fréquences respectives. Les signaux d'excitation 124 sont incidents sur une charge 126 par l'intermédiaire d'une ligne de transmission 128 d'une longueur représentée par le repère 130. Dans une forme de réalisation particulière, la charge 126 est un capteur tel qu'un capteur capacitif. Les signaux d'excitation 124 peuvent également être appelés signaux incidents 124. La charge 126 réfléchit une partie du signal 30 d'excitation 124 due à un défaut d'adaptation d'impédance entre une impédance de la charge 126 et une impédance caractéristique de la ligne de transmission 128. Par conséquent, il en résulte la production de signaux réfléchis 132. Un détecteur de phase 134 reçoit les signaux réfléchis 132 après le passage de ceux-ci par un coupleur bidirectionnel

136. Le coupleur bidirectionnel permet d'échantillonner de manière indépendante les signaux incidents 138 et les signaux réfléchis 132. Le détecteur de phase 134 reçoit les signaux incidents 124 et les signaux réfléchis 132 pour délivrer des tensions représentatives d'une différence 5 de phase entre les signaux réfléchis 132 et les signaux incidents 124. Un processeur 138 est couplé au détecteur de phase 134 pour calculer mathématiquement la différence de phase d'après chacune des fréquences et une longueur de la ligne de transmission 128. Une fonction de transformation de phase en tension est en outre déterminée 10 pour le détecteur de phase 134 d'après la différence de phase calculée et la tension mesurée. Cette fonction de transformation de phase en tension représente un gain du détecteur de phase 134 en fonction de diverses différences de phase et, par conséquent, est apte non seulement à corriger le gain globale de la transformation de phase en tension, mais 15 encore toute non-linéarité d'une réponse. Un multiplicateur reposant sur le niveau de signaux numériques peut être employé pour appliquer la correction.

La figure 5 est un organigramme présentant des étapes d'un exemple de procédé 150 d'étalonnage relatif en phase au cours de la 20 marche. Le procédé 150 comprend la production de multiples signaux d'excitation lors de l'étape 152. Dans une forme de réalisation particulière, les signaux d'excitation sont des signaux d'excitation à fréquence radioélectrique. Des signaux d'excitation respectifs sont transmis à au moins deux capteurs lors de l'étape 154. En outre, les 25 signaux d'excitation respectifs sont réfléchis par les capteurs lors de l'étape 156. De multiples mesures de phase sont effectuées en générant de multiples tensions par l'intermédiaire d'au moins deux détecteurs de phase, chacune des tensions représentant une différence de phase entre les signaux d'excitation réfléchis et les signaux d'excitation transmis 30 lors de l'étape 158. Lors de l'étape 160, un couplage de chacun des capteurs est commuté entre les détecteurs de phase suivant un intervalle de commutation prédéterminé. Les étapes 154, 156 et 158 sont successivement répétées pour former respectivement les étapes 162, 164 et 166. Lors de l'étape 168, les tensions obtenues lors des étapes 158 et

166 sont adaptées pour chacun des capteurs dans les détecteurs de phase pour étalonner les détecteurs de phase. Dans une forme de réalisation, un gain pour chacun des détecteurs de phase est ajusté pour adapter les tensions. Dans une autre forme de réalisation, la commutation est 5 exécutée à une ou plusieurs radiofréquences.

La figure 6 est un organigramme présentant des étapes d'un exemple de procédé d'étalonnage absolu en phase au cours de la marche. Le procédé 180 comprend la production de multiples signaux d'excitation à des fréquences respectives lors de l'étape 182. Dans une 10 forme de réalisation particulière, les signaux d'excitation sont des signaux d'excitation à radiofréquence. Dans la forme de réalisation illustrée, les signaux d'excitation sont transmis par l'intermédiaire d'une ligne de transmission lors de l'étape 184. En outre, les signaux d'excitation sont reçus et réfléchis via un capteur lors de l'étape 186. De 15 multiples mesures de phase sont réalisées lors de l'étape 188 pour générer de multiples tensions via un détecteur de phase, chacun des tensions représentant une différence de phase entre les signaux d'excitation réfléchis et les signaux d'excitation transmis à l'une, respective, des fréquences. La différence de phase mesurée par le 20 détecteur de phase est une combinaison de la différence de phase induite par retard de la propagation de signaux sur la ligne de transmission et du coefficient de réflexion dû à l'impédance de terminaison constatée à l'extrémité de la ligne de transmission. En choisissant des instants où l'impédance de terminaison est invariable, il est possible d'isoler la 25 différence de phase produite en raison d'autres facteurs tels que, mais de manière nullement limitative, la longueur du câble et la fréquence. Une différence théorique de phase est calculée lors de l'étape 190 d'après les fréquences et une longueur de la ligne de transmission. Une fonction de transformation de phase en tension est déterminée lors de l'étape 192 30 pour le détecteur d'après la différence de phase calculée et les tensions générées dans le détecteur de phase. La fonction de transformation de phase en tension représente un gain du détecteur de phase en fonction de diverses différences de phase et, par conséquent, permet non seulement

de corriger le gain global de la transformation de phase en tension, mais encore toute non-linéarité d'une réponse.

Les diverses formes de réalisation de systèmes et procédés d'étalonnage en phase au cours de la marche ci-dessus constituent une 5 manière d'étalonner avec précision des composants électroniques pendant la marche. Ces techniques et systèmes permettent aussi un étalonnage en phase au cours de la marche sans le recours à une référence de phase absolue. De plus, les présentes techniques assurent des données de sortie indépendantes de dérives dues au vieillissement 10 d'un composant, à la température et autres effets liés aux conditions ambiantes.

Evidemment, il doit être entendu que ce ne sont pas nécessairement tous les objets ou avantages décrits plus haut qui peuvent être atteints suivant n'importe quelle forme de réalisation 15 particulière. Ainsi, par exemple, les hommes de l'art comprendront que les systèmes et techniques décrits ici peuvent être mis en œuvre ou appliqués d'une manière qui atteint ou optimise un seul ou plusieurs avantages exposés dans la présente description sans forcément atteindre 20 d'autres objectifs ou avantages pouvant être exposés ou suggérés dans la présente description.

Par ailleurs, l'homme de l'art constatera l'interchangeabilité de divers éléments relevant de différentes formes de réalisation. Par exemple, l'utilisation d'un exemple de commutateur de fréquence radioélectrique décrit à propos d'une forme de réalisation peut être apte 25 à servir avec un module d'étalonnage comprenant quatre circuits d'étalonnage décrits à propos d'un autre. De même, les divers éléments décrits, ainsi que d'autres équivalents connus pour chaque élément, peuvent être mélangés et adaptés par un homme de l'art pour construire 30 des systèmes et techniques supplémentaires conformément aux principes de la présente description.

REVENDICATIONS

1. Système (10) d'étalonnage relatif en phase au cours de la marche, comprenant :

5 au moins une source d'excitation (12) conçue pour produire une pluralité de signaux d'excitation (14)

au moins deux capteurs couplés par une ligne de transmission (18) à des sources d'excitation respectives constituées par la/les sources d'excitation (12), les deux capteurs étant conçus pour recevoir certains, respectifs, des signaux d'excitation (14) ;

10 au moins deux détecteurs de phase (50, 52) conçus pour recevoir des deux capteurs, via la ligne de transmission (18), au moins deux signaux incidents et deux signaux réfléchis (22), chacun des deux détecteurs de phase (50, 52) étant conçu pour délivrer une tension respective représentant une différence de phase entre certains, respectifs, des signaux réfléchis (22) et certains, respectifs, des signaux d'excitation (14) ;

15 un commutateur (53) couplé aux capteurs et aux détecteurs de phase, le commutateur étant conçu pour permutez les détecteurs de phase entre les capteurs suivant un intervalle de commutation prédéterminé ou en réponse à un signal de demande d'étalementage ; et

20 un module d'étalementage (28) couplé aux détecteurs de phase, le module d'étalementage étant conçu pour recevoir la tension respectives des au moins deux détecteurs de phase (50, 52) et pour traiter cette tension afin de produire des signaux de tension étalementée respectifs, le module d'étalementage (28) étant en outre conçu pour s'adapter au signaux de tension étalementée de chacun des détecteurs de phase (50, 52).

25 30 30 2. Système selon la revendication 1, dans lequel le module d'étalementage (28) comprend au moins deux circuits d'étalementage, chacun des circuits d'étalementage comportant un décaleur de niveau conçu pour recevoir la tension délivrée par l'un, respectif, des détecteurs de phase (signal d'entrée) et pour soustraire du signal d'entrée un signal de courant continu.

3. Système (10) selon la revendication 1, dans lequel les capteurs sont constitués par des capteurs capacitifs.

4. Système (90) d'étalonnage absolu en phase au cours de la marche, comprenant :

5 une source d'excitation (94) conçue pour produire une pluralité de signaux d'excitation (98) à une pluralité de fréquences ;

10 un déphaseur (92) couplé à la source d'excitation (94), le déphaseur étant conçu pour introduire différents déphasages dans certains, respectifs, des signaux d'excitation (98) afin de produire une pluralité de signaux d'excitation déphasés ;

15 un détecteur de phase (100) conçu pour recevoir les signaux d'excitation (98) et les signaux d'excitation déphasés respectifs et délivrer une pluralité de tensions représentant les différents déphasages ;

15 un processeur (104) conçu pour déterminer une fonction de transformation de phase en tension pour le détecteur de phase (100) d'après les tensions et les différents déphasages.

20 5. Système (90) selon la revendication 4, comprenant en outre une unité de commande (106) couplée au déphaseur (92) et conçue pour corriger dans le déphaseur (92) un déphasage correspondant à un retard introduit par au moins l'un parmi une pluralité de composants électroniques, des conducteurs et une ligne électronique.

25 6. Système (120) d'étalonnage absolu en phase au cours de la marche, comprenant :

25 une source d'excitation (122) conçue pour produire une pluralité de signaux d'excitation (124) à des fréquences respectives ;

30 un capteur couplé à la source d'excitation (122) par une ligne de transmission (128), le capteur étant conçu pour recevoir des signaux d'excitation (124) ;

30 un détecteur de phase (134) couplé au capteur et conçu pour : recevoir du capteur une pluralité de signaux réfléchis (132) correspondant à certains, respectifs, des signaux d'excitation (124) ; et

délivrer une tension représentant une différence de phase entre certains, respectifs, des signaux réfléchis (132) et des signaux d'excitation (124) ; et

un processeur (104) conçu pour :

5 calculer la différence de phase d'après chacune des fréquences et une longueur de la ligne de transmission (128) ; et

 déterminer une fonction de transformation de phase en tension pour le détecteur de phase (134) d'après la différence de phase calculée et la tension délivrée.

10 7. Système (120) selon la revendication 6, dans lequel les fréquences correspondent à des multiples entiers de longueur d'onde dans les limites d'une longueur de la ligne de transmission donnant une valeur répétée de la différence de phase.

15 8. Procédé (150) d'étalonnage relatif en phase au cours de la marche, comprenant :

 la production (152) d'une pluralité de signaux d'excitation ;

 la transmission (154) de certains, respectifs, des signaux d'excitation à au moins deux capteurs ;

20 la réflexion (156) des signaux d'excitation respectifs depuis les capteurs ;

25 la réalisation (158) d'une pluralité de mesures de phase pour générer de multiples tensions par l'intermédiaire d'au moins deux détecteurs de phase, chacune des tensions représentant une différence de phase entre les signaux d'excitation réfléchis et les signaux d'excitation transmis ;

 la commutation (160) d'un couplage de chacun des capteurs entre les détecteurs de phase suivant un intervalle de commutation prédéterminé ; et

30 l'adaptation (168) de la tension obtenue pour chacun des capteurs dans les détecteurs de phase afin d'étalonner les détecteurs de phase.

 9. Procédé (180) d'étalonnage de phase absolue en marche, comprenant :

 la production (182) d'une pluralité de signaux d'excitation à des fréquences respectives ;

- la transmission (184) des signaux d'excitation par l'intermédiaire d'une ligne de transmission ;
- la réception et la réflexion (186) des signaux d'excitation par l'intermédiaire d'un capteur ;
- 5 la réalisation (188) d'une pluralité de mesures de phase pour générer une pluralité de tensions par l'intermédiaire d'un détecteur de phase, chacune des tensions représentant une différence de phase entre le signal d'excitation réfléchi et le signal d'excitation transmis à l'une, respective, des fréquences ;
- 10 le calcul (190) d'une différence de phase théorique d'après les fréquences et une longueur de la ligne de transmission ; et
- la détermination (1³92) d'une fonction de transformation de phase en tension pour le détecteur de phase d'après la différence de phase calculée et la tension délivrée.
- 15 10. Procédé (180) selon la revendication 9, dans lequel les signaux d'excitation sont constitués par des signaux d'excitation de radiofréquence.

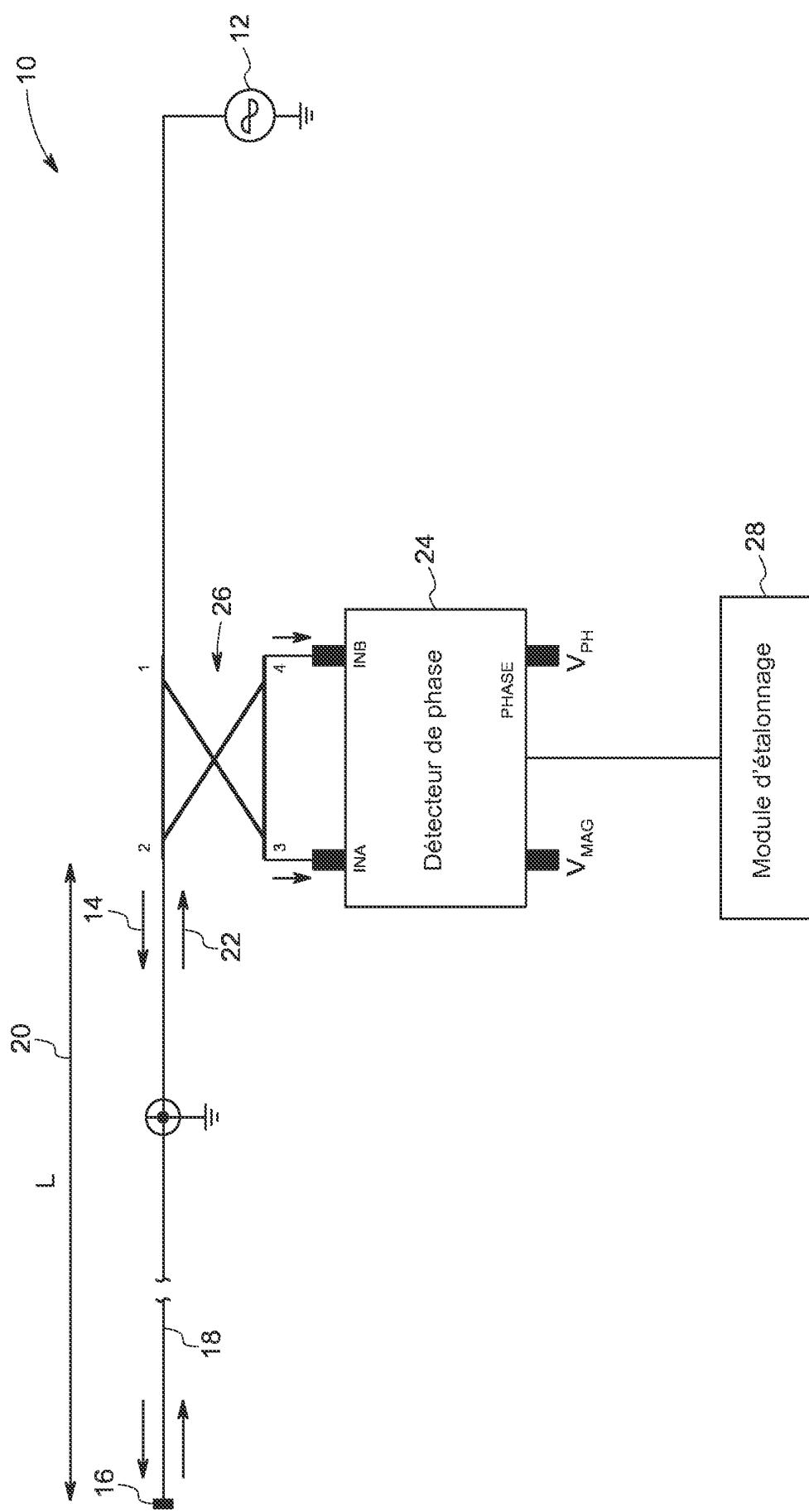


Fig.1

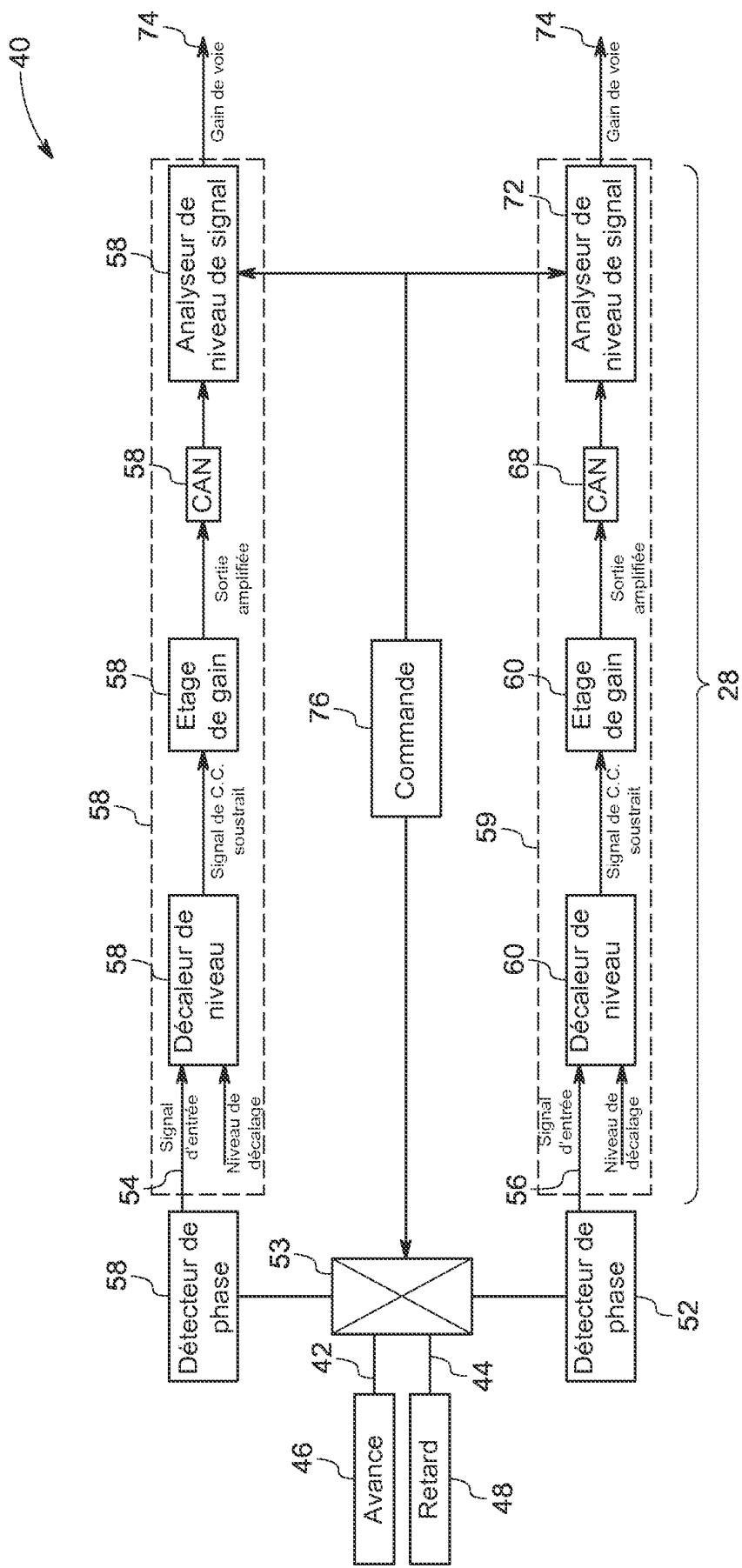


Fig.2

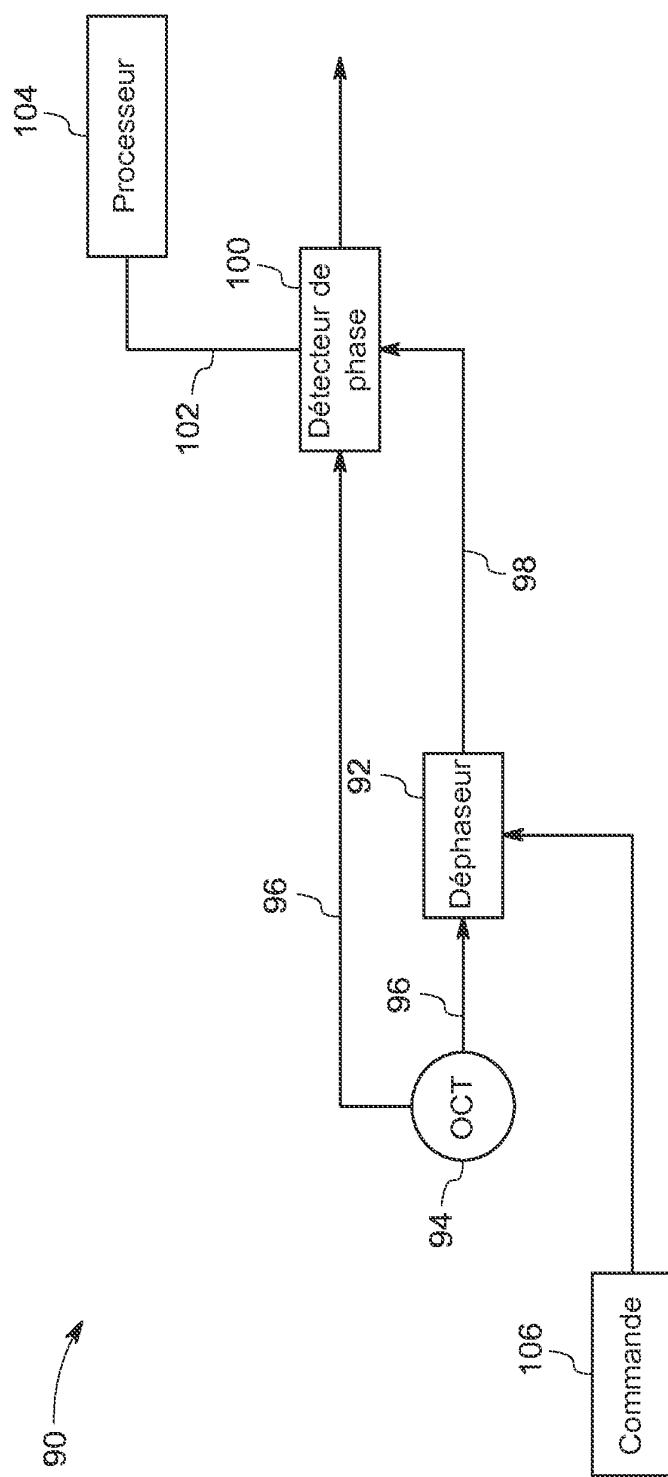


Fig.3

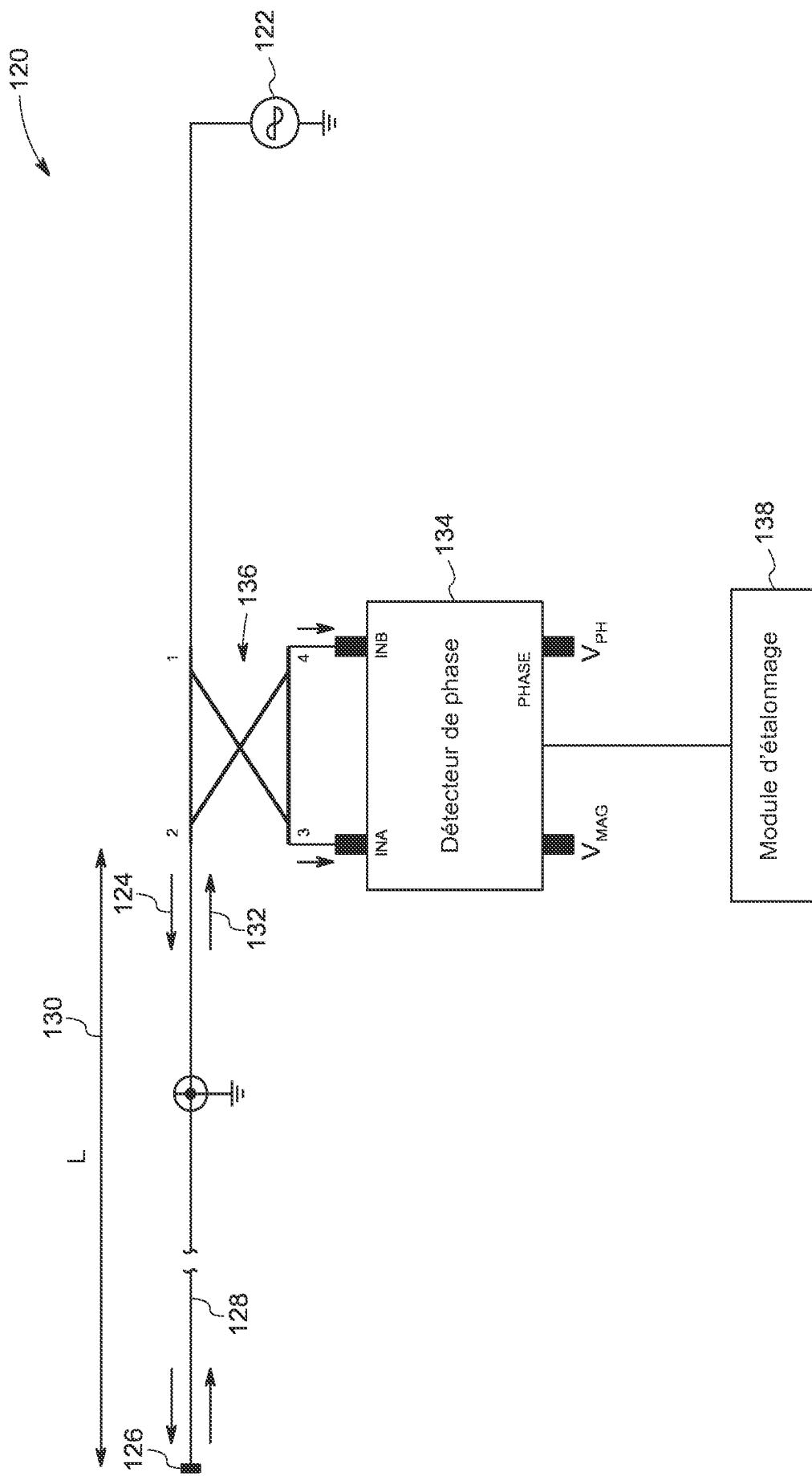


Fig.4

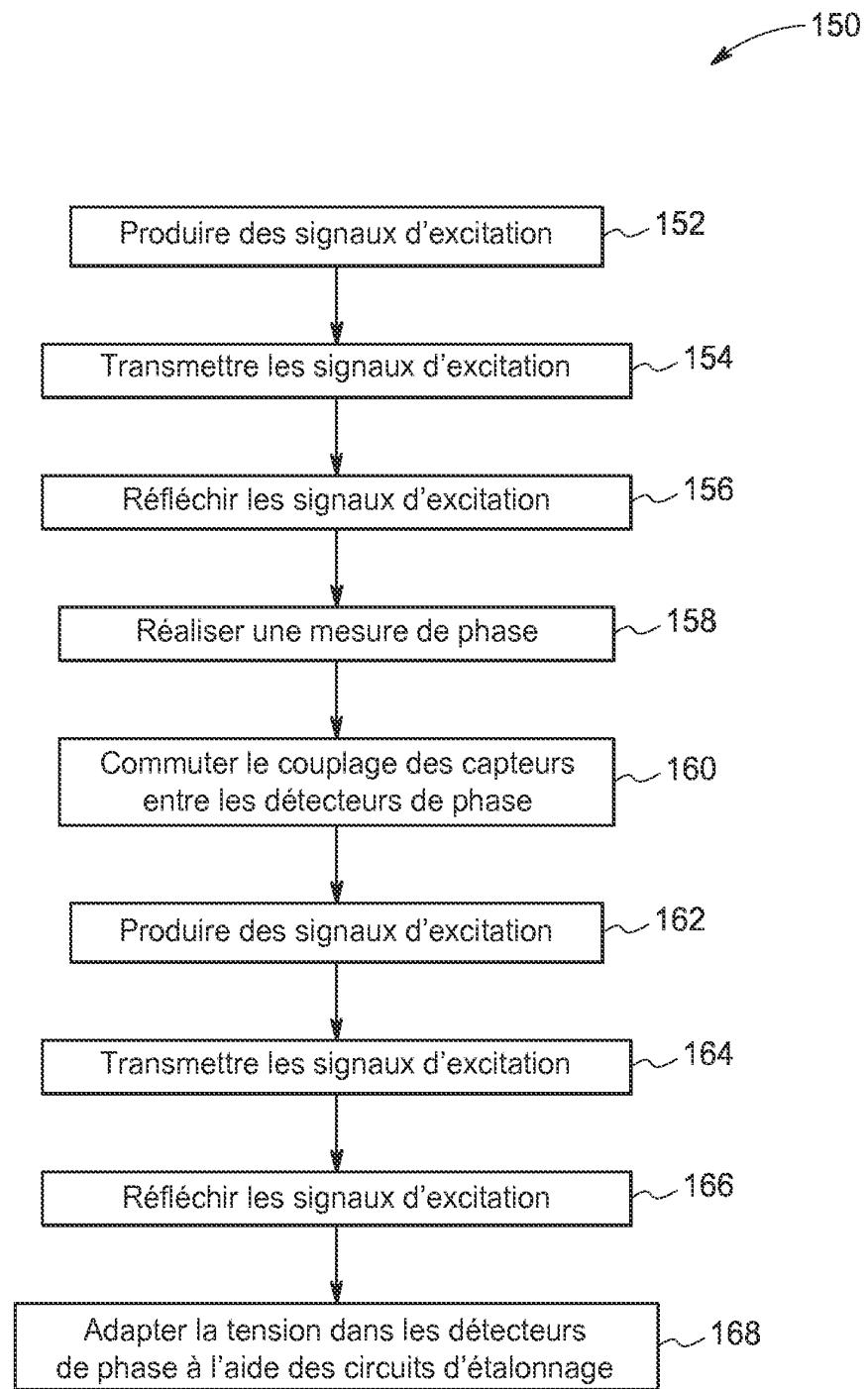


Fig.5

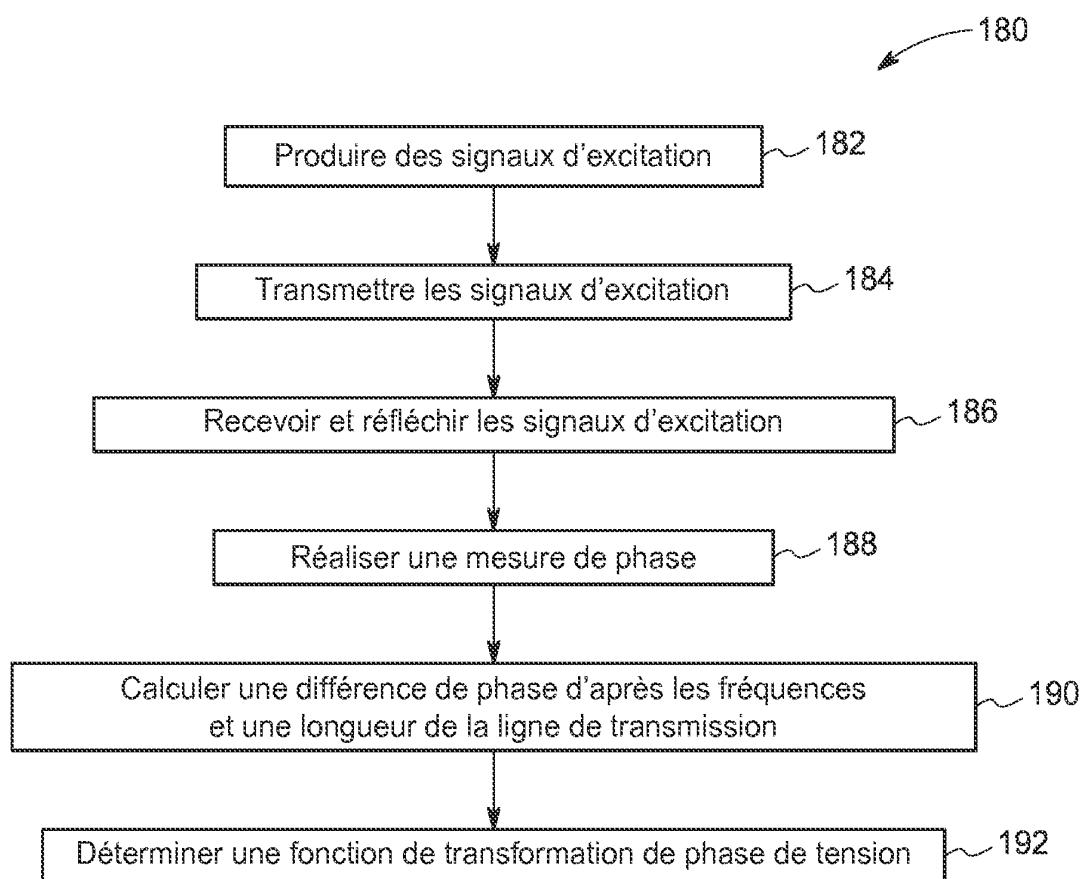


Fig.6