

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① **N° de publication :** **2 951 537**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① **N° d'enregistrement national :** **10 58481**
⑤① Int Cl⁸ : **G 01 H 9/00** (2017.01), G 01 B 9/02

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **DISPOSITIF ET PROCEDE DE MESURE INTERFEROMETRIQUE DES VIBRATIONS SUR UN OBJET.**

②② **Date de dépôt :** 18.10.10.

③③ **Priorité :** 19.10.09 DE 102009049932.6.

④③ **Date de mise à la disposition du public
de la demande :** 22.04.11 Bulletin 11/16.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention :** 11.05.18 Bulletin 18/19.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux
apparentés :**

○ **Demande(s) d'extension :**

⑦① **Demandeur(s) :** POLYTEC GMBH — DE.

⑦② **Inventeur(s) :** REMBE CHRISTIAN,
DRABENSTEDT ALEXANDER, GARTNER
MICHAEL, HERBERICH MIKE et LEONHARDT
ANDREAS.

⑦③ **Titulaire(s) :** POLYTEC GMBH.

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

FR 2 951 537 - B1



- 1 -

DESCRIPTION

L'invention concerne un dispositif et un procédé de mesure interférométrique des vibrations sur un objet.

Il est connu de mesurer des vibrations sur un objet sans contact au moyen d'un interféromètre, par exemple d'un interféromètre Doppler laser. Un interféromètre typique de ce genre comprend une source de rayonnement, un diviseur de faisceau et un détecteur.

Dans cet interféromètre, un faisceau d'origine généré par la source de rayonnement est divisé en un faisceau de mesure et un faisceau de référence au moyen du diviseur de faisceau. Le faisceau de mesure est dirigé sur un point de mesure sur l'objet et le faisceau de mesure au moins partiellement réfléchi par l'objet est superposé avec le faisceau de référence sur une surface de détection du détecteur, de sorte que l'on peut mesurer au moyen du détecteur un signal de superposition ou de d'interférence entre faisceaux de mesure et de référence.

Le déplacement ou la vibration de la surface de l'objet influence la fréquence du faisceau de mesure, de sorte qu'il est possible, à partir du signal de superposition des faisceaux de mesure et de référence, de tirer des conclusions sur le déplacement de l'objet, en particulier sur la fréquence de vibration de la surface de l'objet.

La source de rayonnement doit générer un rayonnement monochromatique ou au moins un rayonnement ayant une longueur de cohérence suffisamment grande. On utilise typiquement des lasers comme sources de rayonnement.

Il est par ailleurs connu de disposer dans le chemin optique du faisceau de mesure un dispositif de focalisation au moyen duquel le faisceau de mesure est focalisé sur le point de mesure sur l'objet.

Habituellement, on utilise pour la mesure interférométrique des vibrations un faisceau de mesure généré par un laser dont la longueur d'onde se situe dans le domaine visible, c'est-à-dire dans la gamme de longueurs d'onde comprise entre 380 nm et 750 nm. Il en résulte fondamentalement un risque de blessure, en particulier pour l'œil humain. De ce fait, des mesures de sécurité renforcées sont nécessaires ou il faut utiliser un laser de faible puissance, par exemple un laser de classe 1, d'une puissance inférieure à 25 μ W. Cela se répercute défavorablement par une

- 2 -

limitation du domaine d'application, les coûts générés par les mesures de sécurité nécessaires et/ou une diminution de la qualité des signaux de mesure (en particulier du rapport signal/bruit) en raison de la faible puissance de laser et donc de la faible intensité du faisceau de mesure.

5 Le but de l'invention est d'améliorer le dispositif déjà connu et le procédé déjà connu de mesure interférométrique des vibrations sur un objet en ce qui concerne la manipulation par l'utilisateur, en particulier d'élargir le domaine d'application sans que des mesures de sécurité renforcées soient nécessaires. Un autre but est de simplifier l'alignement
10 et/ou la focalisation du faisceau de mesure.

Ces buts sont atteints par un dispositif de mesure interférométrique des vibrations sur un objet,

comprenant une source de rayonnement pour générer un faisceau d'origine, un premier diviseur de faisceau pour diviser le faisceau
15 d'origine en un faisceau de mesure et un faisceau de référence, un détecteur et un dispositif de focalisation,

le dispositif étant réalisé de façon que le faisceau de mesure au moins partiellement réfléchi par l'objet et le faisceau de référence soient superposés sur une surface de détection du détecteur et le dispositif de
20 focalisation étant disposé dans le chemin optique du faisceau de mesure pour focaliser le faisceau de mesure sur un point de mesure sur l'objet,

caractérisé en ce que

le dispositif permet de générer un faisceau de mesure d'une longueur d'onde supérieure à 1100 nm,

25 le dispositif comprend en outre une unité d'imagerie pour la représentation en deux dimensions d'au moins une région partielle de l'objet entourant le point de mesure,

le dispositif de focalisation est disposé dans le chemin optique entre unité d'imagerie et objet,

30 le foyer du faisceau de mesure se situe approximativement dans le plan focal de l'unité d'imagerie, et

le point focal du faisceau de mesure et le plan focal de l'unité d'imagerie peuvent être déplacés simultanément au moyen du dispositif de focalisation.

Le dispositif selon l'invention peut en outre présenter l'une,
35 plusieurs ou toutes les caractéristiques ou variantes de réalisation suivantes :

- 3 -

- le dispositif peut comprendre un deuxième diviseur de faisceau qui est disposé dans le chemin optique du faisceau de mesure entre dispositif de focalisation et détecteur et dans le chemin optique de l'unité d'imagerie entre dispositif de focalisation et unité d'imagerie et conçu de façon que la perte d'intensité du rayonnement dans le domaine visible entre
5 dispositif de focalisation et dispositif d'imagerie soit inférieure à 50 % et la perte d'intensité du faisceau de mesure entre le dispositif de focalisation et la surface de détection du détecteur soit inférieure à 50 %, de préférence de façon que la perte d'intensité du rayonnement dans le domaine visible entre
10 dispositif de focalisation et dispositif d'imagerie soit inférieure à 30 % et la perte d'intensité du faisceau de mesure entre le dispositif de focalisation et la surface de détection du détecteur soit inférieure à 30 % ;

- le deuxième diviseur de faisceau est un diviseur de faisceau dichroïque, de préférence un diviseur de faisceau perméable à au moins
15 50 % au rayonnement dans le domaine visible en ce qui concerne l'intensité de rayonnement et réfléchissant à au moins 50 % pour le faisceau de mesure (4) en ce qui concerne l'intensité de rayonnement, plus préférentiellement un diviseur de faisceau perméable à au moins 70 % au rayonnement dans le domaine visible en ce qui concerne l'intensité de rayonnement et
20 réfléchissant à au moins 70 % pour le faisceau de mesure en ce qui concerne l'intensité de rayonnement ;

- l'unité d'imagerie et/ou une unité d'évaluation conçue pour coopérer avec l'unité d'imagerie est conçue de façon qu'un signe de visée puisse être représenté sur la région partielle de l'objet représentée au moyen
25 de l'unité d'imagerie, en particulier qu'une croix de visée puisse être représentée à l'emplacement du point de mesure ;

- le dispositif présente une unité d'évaluation reliée au détecteur pour amplifier et/ou modifier les signaux de mesure du détecteur, et l'unité d'évaluation est conçue de façon que les vibrations de l'objet mesurées au point de mesure au moyen du détecteur dans le domaine des
30 fréquences audibles ou des parties de celui-ci puissent être émises acoustiquement ;

- l'unité d'évaluation présente un affichage de niveau pour reproduire l'intensité du signal de mesure du détecteur, en particulier pour
35 reproduire un niveau corrélé à l'amplitude de la vibration de l'objet.

- l'unité d'évaluation comprend un filtre multifréquence (égaliseur) pour la réduction spécifiable au choix de plusieurs gammes de

- 4 -

fréquences, en particulier que le filtre multifréquence comprend une unité de mémorisation avec plusieurs jeux de paramètres de filtrage mémorisés, sélectionnables par un utilisateur ;

5 - l'unité d'imagerie est conçue sous la forme d'un appareil de prise de vues numérique, en particulier que l'appareil de prise de vues numérique peut être connecté à un écran et/ou à des lunettes vidéo pour l'affichage de la région partielle de l'objet ;

10 - le dispositif comprend de plus un télescope qui est relié au dispositif et disposé de façon que le champ de vision du télescope comprenne le point de mesure, en particulier que le point de mesure se situe approximativement au centre du champ de vision du télescope ;

Les buts précités sont également atteints par l'invention grâce à un procédé de mesure interférométrique des vibrations sur un objet avec un dispositif tel que décrit ci-dessus, comprenant les étapes suivantes :

15 - génération d'un faisceau d'origine au moyen d'une source de rayonnement,

- division du faisceau d'origine en un faisceau de référence et un faisceau de mesure au moyen d'un premier diviseur de faisceau,

20 - superposition du faisceau de référence et du faisceau de mesure au moins partiellement réfléchi par l'objet sur une surface de détection d'un détecteur,

le faisceau de mesure étant focalisé sur un point de mesure sur l'objet au moyen d'un dispositif de focalisation, caractérisé en ce qu'un faisceau de mesure d'une longueur d'onde supérieure à 1100 nm est généré au moyen du dispositif,

25 qu'en plus au moins une région partielle de l'objet entourant le point de mesure est représentée en deux dimensions au moyen d'une unité d'imagerie, l'unité d'imagerie étant focalisée au moyen du dispositif de focalisation sur la région partielle de l'objet et le dispositif de focalisation étant conçu de façon que le foyer du faisceau de mesure se situe toujours approximativement dans le plan focal de l'unité d'imagerie, et

30 qu'au moyen du dispositif de focalisation, l'unité d'imagerie est focalisée au moins sur la région partielle de l'objet et à cette occasion le faisceau de mesure est simultanément focalisé au moins approximativement sur le point de mesure.

- 5 -

Le procédé selon l'invention peut en outre présenter une, plusieurs ou toutes les caractéristiques ou variantes additionnelles suivantes :

5 - il est réalisé au moyen d'un deuxième diviseur de faisceau disposé dans le chemin optique du faisceau de mesure entre dispositif de focalisation et détecteur et dans le chemin optique de l'unité d'imagerie entre dispositif de focalisation et unité d'imagerie, une division de faisceau de façon qu'au moyen du deuxième diviseur de faisceau, les rayons au moins dans le domaine visible soient dirigés à plus de 50 % en ce qui
10 concerne l'intensité de rayonnement sur l'unité d'imagerie et le faisceau de mesure réfléchi par l'objet à plus de 50 % en ce qui concerne l'intensité de rayonnement sur le détecteur, de préférence de façon qu'au moyen du deuxième diviseur de faisceau, les rayons au moins dans le domaine visible soient dirigés à plus de 70 % en ce qui concerne l'intensité de rayonnement
15 sur l'unité d'imagerie et le faisceau de mesure réfléchi par l'objet à plus de 70 % en ce qui concerne l'intensité de rayonnement sur le détecteur ;

20 - au moyen de l'unité d'imagerie et/ou au moyen d'une unité d'évaluation coopérant avec l'unité d'imagerie, un signe de visée, en particulier une croix de visée, est représenté sur l'image de la région partielle de l'objet à l'emplacement du point de mesure ;

25 - la focalisation est réalisée en effectuant, dans une étape de procédé F1, une focalisation au moins sur la région partielle de l'objet mesuré, l'image de la région partielle étant reproduite de manière répétée sur l'unité d'imagerie au moyen d'une unité d'affichage pendant la focalisation, de façon que la focalisation soit réalisable par l'utilisateur au moyen d'un contrôle visuel, une focalisation du faisceau de mesure sur le point de mesure se produisant en même temps au moins approximativement du fait du couplage de la focalisation de l'unité d'imagerie et du faisceau de mesure ;

30 - dans une étape de procédé F2, est effectué un réglage fin de la focalisation du faisceau de mesure sur le point de mesure grâce à l'émission optique et/ou acoustique du niveau du signal de mesure du détecteur et/ou à l'émission acoustique des vibrations de l'objet mesurées au point de mesure au moyen du détecteur dans la gamme des fréquences audibles ou des parties de celle-ci ;
35

- avant l'étape de procédé F1, dans une étape de procédé F0, est effectué un alignement du faisceau de mesure au moyen d'un contrôle

- 6 -

optique de l'image de la région partielle, en particulier qu'un alignement grossier est effectué d'abord au moyen d'un télescope et qu'un alignement fin est effectué ensuite au moyen d'un contrôle optique de l'image de la région partielle.

5 Le dispositif selon l'invention de mesure interférométrique des vibrations sur un objet comprend une source de rayonnement pour générer un faisceau d'origine, un premier diviseur de faisceau pour diviser le faisceau d'origine en un faisceau de mesure et un faisceau de référence, un détecteur et un dispositif de focalisation.

10 Le dispositif est réalisé de façon que, comme dans les interféromètres déjà connus, le faisceau de mesure puisse être dirigé sur un point de mesure sur l'objet et que le faisceau de mesure au moins partiellement réfléchi par l'objet et le faisceau de référence soient superposés sur une surface de détection du détecteur. On peut ainsi, à partir
15 des signaux de mesure du détecteur, déterminer la fréquence de vibration de la surface de l'objet au point de mesure.

Le dispositif de focalisation est disposé dans le chemin optique du faisceau de mesure et réalisé de façon à permettre la focalisation du faisceau de mesure sur le point de mesure sur l'objet.

20 Le point essentiel est que le dispositif permet de générer un faisceau de mesure d'une longueur d'onde supérieure à 1100 nm et que le dispositif comprend en outre une unité d'imagerie pour la représentation en deux dimensions d'au moins une région partielle de l'objet entourant le point de mesure, le dispositif de focalisation étant toujours disposé dans le
25 chemin optique entre unité d'imagerie et objet. Le dispositif de focalisation est conçu de façon que le foyer du faisceau de mesure se situe approximativement dans le plan focal de l'unité d'imagerie et que le point focal du faisceau de mesure et le plan focal de l'unité d'imagerie puissent être déplacés simultanément au moyen du dispositif de focalisation.

30 Une différence essentielle par rapport aux dispositifs déjà connus réside donc en ce que le faisceau de mesure présente une longueur d'onde supérieure à 1100 nm, c'est-à-dire notamment que le faisceau de mesure n'est pas visible pour l'œil humain. Il en résulte les avantages que des mesures sur un objet ne sont pas perçues par l'œil humain et que des
35 intensités élevées du faisceau de mesure sont possibles avec des mesures de sécurité moindres comparé à l'utilisation de faisceaux de mesure dans le domaine visible.

- 7 -

L'utilisation d'un faisceau de mesure non visible pour l'œil humain rend cependant plus difficile le réglage des conditions de mesure souhaitées, en particulier l'alignement du faisceau de mesure sur un point de mesure souhaité sur l'objet, étant donné que l'utilisateur ne peut pas
5 vérifier directement, par un contrôle visuel, l'alignement du faisceau de mesure.

C'est pourquoi, dans le dispositif selon l'invention, aussi bien le chemin optique du faisceau de mesure que le chemin optique entre unité d'imagerie et objet passent par le dispositif de focalisation, c'est-à-dire que
10 les deux chemins optiques traversent au moins partiellement les mêmes composants optiques faisant partie du dispositif de focalisation.

Il est ainsi garanti, avec le dispositif selon l'invention, que le foyer du faisceau de mesure se situe approximativement dans le plan focal de l'unité d'imagerie et, par conséquent, qu'un déplacement du plan focal
15 de l'unité d'imagerie au moyen du dispositif de focalisation entraîne simultanément un déplacement correspondant du point focal du faisceau de mesure.

Le procédé selon l'invention de mesure interférométrique des vibrations sur un objet avec le dispositif selon l'invention comprend les
20 étapes suivantes :

Au moyen de la source de rayonnement est généré un faisceau d'origine qui est divisé en un faisceau de référence et un faisceau de mesure au moyen d'un premier diviseur de faisceau. Le faisceau de référence est superposé avec le faisceau de mesure au moins partiellement réfléchi par
25 l'objet sur la surface de détection du détecteur. En outre, le faisceau de mesure est focalisé sur le point de mesure sur l'objet au moyen du dispositif de focalisation. Le faisceau de mesure présente une longueur d'onde supérieure à 1100 nm.

En outre, une région partielle entourant le point de mesure est
30 représentée en deux dimensions au moyen de l'unité d'imagerie, l'unité d'imagerie étant également focalisée sur la région partielle au moyen du dispositif de focalisation.

Etant donné que le foyer du faisceau de mesure se trouve toujours approximativement dans le plan focal de l'unité d'imagerie, la
35 focalisation de l'unité d'imagerie sur la région partielle au moyen du dispositif de focalisation entraîne simultanément la focalisation au moins approximative du faisceau de mesure sur le point de mesure.

- 8 -

Le dispositif selon l'invention et le procédé selon l'invention présentent donc l'avantage que l'alignement et la focalisation du faisceau de mesure non visible pour l'œil humain sont considérablement simplifiés pour un utilisateur :

5 Par un contrôle visuel de la région partielle de l'objet entourant le point de mesure représentée au moyen de l'unité d'imagerie, l'utilisateur peut aligner le faisceau de mesure d'une manière simple étant donné qu'il peut vérifier directement la région partielle entourant le point de mesure. De même, une mise au point simple, de la manière connue sur les appareils
10 photographiques ou les caméras vidéo, est possible, l'utilisateur effectuant une focalisation de l'unité d'imagerie sur la région partielle par contrôle visuel de la région partielle représentée et réalisant de cette manière simultanément une focalisation du faisceau de mesure sur le point de mesure.

15 Il est ainsi possible d'aligner et focaliser le faisceau de mesure sans, par exemple, qu'il soit nécessaire de connaître la distance entre le dispositif selon l'invention et l'objet à mesurer. De même, la réalisation de la mesure sur l'objet n'est pas visible pour l'œil humain étant donné que ni le faisceau de mesure non visible ni la représentation de la région partielle
20 ne sont perceptibles pour l'œil humain sur l'objet à mesurer.

 Le dispositif selon l'invention et le procédé selon l'invention présentent en outre l'avantage que l'unité d'imagerie n'a pas besoin d'être conçue sensible en ce qui concerne le faisceau de mesure. En effet, du fait de la corrélation de la région partielle représentée et du point de mesure en
25 ce qui concerne l'alignement et la focalisation, il n'est pas nécessaire que le faisceau de mesure ou le point de mesure en soi soit rendu visible pour l'utilisateur par l'unité d'imagerie. En particulier, il est possible d'utiliser des unités d'imagerie classiques pour la représentation dans le domaine visible et il n'est pas nécessaire d'utiliser des unités d'imagerie coûteuses
30 qui soient sensibles aussi dans la gamme des longueurs d'onde supérieures à 1100 nm, comme par exemple des capteurs InGaAs.

 La source de rayonnement est de préférence conçue de façon à pouvoir générer un faisceau d'origine d'une longueur d'onde supérieure à 1100 nm, c'est-à-dire qu'un faisceau d'origine d'une longueur d'onde
35 supérieure à 1100 nm est généré au moyen de la source de rayonnement. Cela garantit d'une manière simple que le faisceau de mesure aussi présente une longueur d'onde supérieure à 1100 nm.

- 9 -

Le dispositif selon l'invention est de préférence réalisé de façon que le foyer du faisceau de mesure se situe toujours exactement dans le plan focal de l'unité d'imagerie, c'est-à-dire qu'au moyen du dispositif selon l'invention, le faisceau de mesure est focalisé simultanément exactement sur le point de mesure. Il peut néanmoins y avoir de faibles écarts en raison des données techniques (tolérances de fabrication, etc.) des composants optiques utilisés.

L'unité d'imagerie est de préférence réalisée de façon que la région partielle puisse être représentée en deux dimensions dans le domaine visible (gamme de longueurs d'onde 380 nm à 750 nm) ou au moins une partie de celui-ci, c'est-à-dire qu'au moyen du procédé selon l'invention, la zone d'image est représentée en deux dimensions dans le domaine visible ou au moins une partie de celui-ci. Cela permet d'une manière simple un contrôle visuel par l'utilisateur.

De manière avantageuse, le dispositif selon l'invention comprend un deuxième diviseur de faisceau qui est disposé dans le chemin optique du faisceau de mesure entre dispositif de focalisation et détecteur et dans le chemin optique de l'unité d'imagerie entre dispositif de focalisation et unité d'imagerie. Le diviseur de faisceau est disposé et conçu de façon que la perte d'intensité du rayonnement dans le domaine visible soit inférieure à 50 % dans le chemin optique entre dispositif de focalisation et dispositif d'imagerie et que la perte d'intensité du faisceau de mesure soit également inférieure à 50 % dans le chemin optique entre dispositif de focalisation et surface de détection du détecteur. Dans cette forme de réalisation avantageuse, il se produit donc une division de faisceau telle qu'au moyen du deuxième diviseur de faisceau, au moins dans le domaine visible, le rayonnement provenant du dispositif de focalisation soit dirigé sur l'unité d'imagerie avec une intensité de rayonnement supérieure à 50 % et le faisceau de mesure réfléchi sur l'objet, provenant du dispositif de focalisation, soit dirigé sur la surface de détection du détecteur également avec une intensité de rayonnement supérieure à 50 %.

Il se produit donc à l'intérieur du dispositif selon l'invention, à partir du dispositif de focalisation, une division du rayonnement telle que le faisceau de mesure est dirigé au moins de façon prépondérante sur le détecteur et le rayonnement visible au moins de façon prépondérante sur l'unité d'imagerie. On obtient ainsi, en particulier sur la surface de détection du détecteur ainsi que sur l'unité d'imagerie, une intensité élevée

- 10 -

en ce qui concerne le rayonnement concerné, de sorte que l'on obtient de meilleurs résultats de mesure (en particulier un meilleur rapport signal/bruit), respectivement une meilleure qualité d'image. En particulier, il est avantageux que ladite perte d'intensité soit inférieure à 30 % aussi
5 bien pour le rayonnement dans le domaine visible que pour le faisceau de mesure, c'est-à-dire qu'au moyen du deuxième diviseur de faisceau les rayons, au moins dans le domaine visible, sont dirigés sur l'unité d'imagerie avec une intensité de rayonnement supérieure à 70 % et le faisceau de mesure réfléchi par l'objet est dirigé sur le détecteur avec une intensité de
10 rayonnement supérieure à 70 %.

De préférence, le deuxième diviseur de faisceau est réalisé sous la forme d'un diviseur de faisceau dichroïque. En particulier, il est avantageux, dans une configuration, que le deuxième diviseur de faisceau soit perméable à au moins 50 % au rayonnement dans le domaine visible en
15 ce qui concerne l'intensité de rayonnement et que le deuxième diviseur de faisceau réfléchisse le faisceau de mesure au moins à 50 % en ce qui concerne l'intensité de rayonnement. En particulier, une perméabilité au rayonnement dans le domaine visible à au moins 70 % en ce qui concerne l'intensité de rayonnement et une réflexion pour le faisceau de mesure à au
20 moins 70 % en ce qui concerne l'intensité de rayonnement sont avantageuses.

La réalisation du deuxième diviseur de faisceau sous forme de diviseur de faisceau dichroïque permet de réaliser d'une manière simple la séparation souhaitée du rayonnement en ce qui concerne le rayonnement
25 dans le domaine visible d'une part et le faisceau de mesure d'autre part.

De manière avantageuse, l'unité d'imagerie est conçue de façon qu'un signe de visée, de préférence une croix de visée, puisse être représenté à l'emplacement du point de mesure sur la région partielle de l'objet représentée au moyen de l'unité d'imagerie. Dans le procédé selon
30 l'invention, un élément de visée, en particulier une croix de visée, est avantageusement représenté au moyen de l'unité d'imagerie sur l'image de la région partielle de l'objet à l'emplacement du point de mesure.

Cela permet d'indiquer d'une manière simple à l'utilisateur l'emplacement du point de mesure sur l'image de la région partielle de
35 l'objet et donc un positionnement exact du point de mesure sur l'objet à mesurer.

- 11 -

La représentation du signe de visée peut être obtenue en disposant des composants optiques pour la représentation d'une croix de visée sur l'unité d'imagerie dans le chemin optique entre objet et unité d'imagerie. Dans une forme de réalisation préférée, le signe de visée est
5 cependant produit par le fait que les signaux d'image de l'unité d'imagerie sont complétés et/ou modifiés de façon que le signe de visée soit visible lors de la représentation des signaux d'image, par exemple sur un moniteur. Dans cette forme de réalisation avantageuse, un signe de visée virtuel est donc produit en modifiant/complétant les signaux d'image.

10 Il est avantageux, en particulier, de concevoir le signe de visée avec un contraste de luminosité élevé par rapport à la zone d'image entourant le signe de visée. De manière avantageuse, une moyenne des valeurs de luminosité des points d'image entourant le signe de visée est déterminée et le signe de visée est représenté dans une couleur claire, en
15 particulier en blanc, si la moyenne se situe au-dessous d'une valeur seuil prédéfinie et le signe de visée est représenté dans une couleur sombre, en particulier en noir, si la moyenne se situe au-dessus d'une valeur seuil prédéfinie.

De préférence, le dispositif selon l'invention présente une unité
20 d'évaluation reliée au détecteur pour amplifier et/ou modifier les signaux de mesure du détecteur et l'unité d'évaluation est conçue de façon que les vibrations de l'objet mesurées au point de mesure au moyen du détecteur dans le domaine des fréquences audibles ou des parties de celui-ci puissent être émises acoustiquement.

25 L'émission acoustique est réalisée de préférence de manière à ce que le dispositif émette les vibrations dans le domaine des fréquences audibles sous la forme de vibrations électriques, de façon qu'une émission acoustique puisse avoir lieu au moyen de haut-parleurs ou de casques d'écoute classiques.

30 Dans cette forme de réalisation préférée, une reproduction acoustique des vibrations présentes à l'emplacement du point de mesure sur l'objet est donc possible d'une manière simple. Cela permet, par exemple, de rendre audibles par un utilisateur, via l'émission acoustique, des ondes sonores à l'emplacement ou au voisinage de l'objet à mesurer, qui
35 impriment des vibrations correspondantes à l'objet.

De préférence, l'unité d'évaluation présente un affichage de niveau pour reproduire l'intensité du signal de mesure du détecteur, en

particulier pour reproduire un niveau correspondant à l'amplitude de la vibration de l'objet à l'emplacement du point de mesure. L'utilisateur acquiert ainsi en plus un contrôle visuel sur la vibration de l'objet à l'emplacement du point de mesure, en particulier sur l'intensité de la vibration. Cela permet à l'utilisateur de réaliser un réglage fin de la focalisation en maximalisant l'intensité du signal de mesure, c'est-à-dire le niveau de signal visible au moyen de l'affichage de niveau, par un réglage fin de la focalisation.

De préférence, l'unité d'évaluation comprend un filtre multifréquence (égaliseur) pour la réduction spécifiable au choix de plusieurs gammes de fréquences. De tels filtres multifréquence sont connus en soi et utilisés par exemple dans des appareils de reproduction de musique pour atténuer différentes gammes de fréquences spécifiables au choix, c'est-à-dire réduire l'intensité du signal dans la gamme de fréquences respective d'un facteur spécifiable au choix.

Dans cette forme de réalisation avantageuse du dispositif selon l'invention, il est ainsi possible de supprimer des effets parasites en atténuant complètement ou plus fortement les gammes de fréquences dans lesquelles les effets parasites se manifestent le plus par rapport aux autres gammes de fréquences. En particulier, il est avantageux que le filtre multifréquence comprenne une unité de mémorisation et que plusieurs jeux de paramètres de filtrage soient mémorisés dans l'unité de mémorisation, les jeux de paramètres de filtrage contenant un facteur de réduction correspondant pour chaque gamme de fréquences. Le filtre multifréquence est réalisé de façon que les jeux de paramètres de filtrage puissent être sélectionnés au choix par un utilisateur et qu'une modification du signal émis par l'unité d'évaluation ait lieu en fonction du jeu de paramètres de filtrage sélectionné.

De cette manière, il est possible de prévoir dans l'unité de mémorisation des jeux de paramètres de filtrage optimisés pour différents matériaux d'objet, de façon que l'utilisateur obtienne une reproduction optimale des ondes sonores prédominantes à l'emplacement de l'objet indépendamment des propriétés du matériau de l'objet par une sélection du jeu de paramètres de filtrage associé au matériau correspondant.

L'unité d'imagerie sert, comme décrit précédemment, à représenter au moins une région partielle de l'objet à mesurer, le point de mesure se situant à l'intérieur de la région partielle. En principe, l'unité

- 13 -

d'imagerie peut être conçue à la manière d'un télescope ou d'une longue-vue optique. L'unité d'imagerie est cependant avantageusement conçue sous la forme d'un appareil photographique et/ou d'une caméra vidéo, en particulier sous la forme d'un appareil de prise de vues numérique.

5 L'unité d'imagerie comprend par conséquent de préférence un capteur de prise de vues numérique plan, de préférence un capteur CCD optique connu dans les appareils de prise de vues numériques ou un capteur optique basé sur la technologie CMOS. Le dispositif est conçu de façon à représenter la région partielle de l'objet via le dispositif de focalisation et, le cas échéant, d'autres composants optiques, sur le capteur numérique
10 d'images.

L'unité d'imagerie est de préférence conçue pour la capture et/ou la représentation d'une image directe de l'objet, en particulier d'une représentation non interférométrique. De préférence, l'appareil de prise de
15 vues est conçu pour la capture et/ou la représentation photographique de l'objet d'une manière connue en soi dans les appareils photographiques ou les caméras vidéo.

En outre, l'unité de représentation présente de préférence une unité d'affichage pour la représentation de la région partielle capturée au
20 moyen du capteur numérique d'images et/ou une connexion permettant de connecter un dispositif d'affichage d'images comme un écran et/ou des lunettes vidéo.

Cela permet d'une manière simple et économique une représentation optique de la région partielle de l'objet, en particulier en
25 utilisant des composants disponibles dans le commerce comme par exemple des écrans LCD ou des lunettes vidéo LCD.

De manière avantageuse, les signaux d'image de l'unité d'imagerie sont traités par l'unité d'évaluation décrite précédemment de façon à pouvoir être représentés sur des appareils d'affichage habituels tels
30 que des écrans (moniteurs) et/ou des lunettes vidéo. En particulier, un signe de visée virtuel est ajouté de préférence, comme décrit précédemment, au moyen de l'unité d'évaluation.

Comme décrit précédemment, le dispositif selon l'invention est conçu de façon que le point de mesure se situe à l'intérieur de la région
35 partielle et qu'un déplacement de la région partielle entraîne un déplacement correspondant du point de mesure, de sorte que la position relative du point de mesure à l'intérieur de la région partielle est inchangée.

- 14 -

De préférence, le point de mesure se situe approximativement au centre à l'intérieur de la région partielle de l'objet représentée sur l'unité d'imagerie.

L'utilisateur peut effectuer un alignement de la région partielle et du point de mesure en déplaçant et, selon le cas, tournant et/ou inclinant le dispositif selon l'invention complet. Il entre également dans le cadre de l'invention que le dispositif présente des mécanismes de déviation optiques comme par exemple des miroirs tournants, lesquels sont disposés aussi bien dans le chemin optique entre objet et unité d'imagerie que dans le chemin optique du faisceau de mesure, de sorte que la région partielle et le point de mesure sur l'objet sont déplaçables simultanément sans que la position du point de mesure par rapport à la région partielle soit modifiée. De préférence, le déplacement a lieu au choix dans deux directions de l'espace perpendiculaires l'une par rapport à l'autre.

On obtient une forme de réalisation avantageuse particulièrement robuste et simple du dispositif selon l'invention si le dispositif complet est disposé dans un boîtier commun et l'alignement effectué par une rotation et/ou une inclinaison correspondante du boîtier et qu'aucun mécanisme de déviation n'est prévu. Ainsi, le dispositif selon l'invention peut être disposé à la manière d'une caméra vidéo sur un trépied au moyen d'une tête pivotante et inclinable, de façon que, comme connu avec les caméras vidéo, un alignement de la région partielle et du point de mesure sur l'objet soit effectué par rotation et/ou pivotement du dispositif.

Dans une autre forme de réalisation préférée, le dispositif selon l'invention comprend de plus un télescope optique qui est relié au dispositif et disposé de façon que le champ de vision du télescope comprenne le point de mesure, en particulier que le point de mesure se situe approximativement au centre du champ de vision du télescope. Le télescope est en outre de préférence conçu de façon que le champ de vision du télescope soit sensiblement plus grand que la région partielle de l'objet représentée sur l'unité d'imagerie.

Pour l'alignement de la région partielle et du faisceau de mesure, il est donc possible, dans cette forme de réalisation avantageuse, d'effectuer d'abord un alignement grossier au moyen du télescope étant donné que le champ de vision du télescope couvre une région beaucoup plus grande que la région partielle de l'objet représentée sur l'unité d'imagerie. A cet effet, il est particulièrement avantageux que le télescope aussi comprenne un élément de visée comme par exemple une croix de

- 15 -

visée qui marque l'emplacement du point de mesure. L'alignement grossier est effectué par l'utilisateur en regardant à travers le télescope et en alignant le dispositif selon l'invention de façon que le point de mesure souhaité se situe au centre du champ de vision du télescope ou que le signe de visée soit dirigé sur le point de mesure souhaité. Ensuite, l'utilisateur effectue un alignement fin en ajustant le cas échéant le dispositif en ce qui concerne son alignement en observant l'image de la région partielle de l'objet représentée sur l'unité d'imagerie (par exemple à l'aide d'un moyen d'affichage d'images ou de lunettes vidéo). Le réglage fin est réalisable de manière précise en particulier si un signe de visée est aussi représenté pour l'utilisateur à l'emplacement du point de mesure au moyen de l'unité d'imagerie.

La focalisation est effectuée de préférence en effectuant, dans une étape de procédé F1, une focalisation au moins sur la région partielle de l'objet mesuré, l'image de la région partielle étant reproduite de manière répétée au moyen d'une unité d'affichage (comme par exemple un moyen d'affichage d'images ou des lunettes vidéo) pendant la focalisation, de façon que la focalisation soit réalisable par l'utilisateur au moyen d'un contrôle visuel. Du fait du couplage de la focalisation de l'unité d'imagerie et du faisceau de mesure, il se produit en même temps, au moins approximativement, une focalisation du faisceau de mesure sur le point de mesure.

Dans une étape de procédé F2 ultérieure (le cas échéant en intercalant d'autres étapes de procédé), on effectue, dans cette forme de réalisation préférée du dispositif selon l'invention, un réglage fin de la focalisation du faisceau de mesure sur le point de mesure grâce à l'émission optique et/ou acoustique du niveau du signal de mesure du détecteur et/ou à l'émission de la vibration du point de mesure mesurée au moyen du détecteur dans la gamme des fréquences audibles. L'utilisateur effectue ainsi le réglage fin en maximalisant le niveau de signal et/ou à l'aide de l'émission acoustique.

L'alignement décrit précédemment a lieu de préférence en tant qu'étape de procédé F0 (le cas échéant en intercalant d'autres étapes de procédé) avant les étapes de procédé F1 et F2.

Il entre aussi dans le cadre de l'invention de réaliser l'alignement et la focalisation en même temps et en plusieurs sous-étapes se succédant alternativement.

- 16 -

La source de rayonnement est de préférence réalisée de façon qu'elle génère un rayonnement monochromatique. En particulier, une réalisation de la source de rayonnement sous forme de laser, de préférence sous forme de laser à bande étroite avec une largeur de raie inférieure à 2 kHz, également de préférence sous forme de laser fibré erbium, est
5 avantageuse.

La faible largeur de raie inférieure à 2 kHz et de préférence inférieure à 500 Hz diminue le bruit dans le signal de mesure.

Le détecteur est de préférence réalisé sous la forme d'un
10 détecteur InGaAs.

Le dispositif de focalisation présente de préférence au moins une lentille déplaçable et particulièrement de préférence un système de lentilles comprenant au moins une lentille déplaçable, de façon qu'un déplacement d'une ou plusieurs lentilles produise un déplacement simultané
15 du plan de focalisation de l'unité d'imagerie et du point focal du faisceau de mesure.

De préférence, la source de rayonnement est réalisée sous la forme d'un laser qui génère un faisceau d'origine d'une longueur d'onde supérieure à 1100 nm.

De préférence, la source de rayonnement génère un faisceau
20 d'origine dans la gamme des longueurs d'onde supérieures à 1500 nm, en particulier dans la gamme des longueurs d'onde comprise entre 1500 nm et 1800 nm. On atteint en effet dans cette gamme de longueurs d'onde une affectation à la classe laser 1 si la puissance du faisceau de mesure ne dépasse pas 10 mW. Cela permet, d'une part, une bonne qualité du signal de mesure (en particulier un bon rapport signal/bruit) et, d'autre part, seules de faibles mesures de sécurité sont à respecter lors de la fabrication et de l'utilisation du dispositif selon l'invention ou du procédé selon l'invention comparé à des classes laser plus élevées. Le dispositif est par conséquent
25 conçu de façon que la puissance du faisceau de mesure soit inférieure à 10 mW et supérieure à 5 mW, de préférence supérieure à 8 mW.

En particulier, la source de rayonnement est de préférence réalisée sous la forme d'un laser qui génère un faisceau de mesure d'une longueur d'onde d'environ 1550 nm.

La taille du point de mesure et de la région partielle représentée
35 au moyen de l'unité d'imagerie dépend essentiellement de la configuration des composants optiques du dispositif, en particulier de la configuration du

- 17 -

dispositif de focalisation ainsi que de la distance entre objet et dispositif de focalisation. Plus cette distance est grande, plus la région partielle et le point de mesure sur l'objet sont grands (dans chaque cas à l'état focalisé). Le dispositif est de préférence conçu de façon que des mesures soient
5 réalisables au moins dans une plage de distances entre objet et dispositif de focalisation de 20 m à 50 m, de préférence de 5 m à 100 m.

Le dispositif est de préférence conçu de façon que le point de mesure sur l'objet couvre une surface inférieure à 300 mm², en particulier une surface inférieure à 100 mm², de préférence inférieure à 50 mm² pour
10 atteindre une précision de mesure élevée. En particulier, le dispositif est avantageusement conçu de façon que le point de mesure sur l'objet couvre une surface inférieure à 0,2 mm², de préférence comprise entre 0,05 mm² et 0,2 mm², préférentiellement d'environ 0,1 mm² pour une distance objet-dispositif de focalisation d'environ 5 m et/ou une surface inférieure à 100
15 mm², de préférence comprise entre 70 mm² et 30 mm², préférentiellement d'environ 50 mm² pour une distance objet-dispositif de focalisation d'environ 100 m.

En ce qui concerne la région partielle représentée par l'unité d'imagerie, le dispositif est de préférence conçu de façon à représenter une
20 région partielle de l'objet plus grande que le point de mesure, en particulier qui présente une surface supérieure à 50 cm², de préférence supérieure à 100 cm² pour permettre un alignement et une focalisation simples. En particulier, le dispositif est avantageusement conçu de façon que la région partielle sur l'objet couvre une surface supérieure à 100 cm², de préférence
25 comprise entre 100 cm² et 500 cm², préférentiellement d'environ 150 cm² pour une distance objet-dispositif de focalisation d'environ 5 m et/ou une surface supérieure à 1 m², de préférence comprise entre 1 m² et 10 m², préférentiellement d'environ 5 m² pour une distance objet-dispositif de focalisation d'environ 100 m.

30 Le point de mesure est de préférence de forme ronde, carrée ou rectangulaire (en particulier rectangulaire avec un rapport de hauteur des bases supérieur à 1 et inférieur à 10, de préférence inférieur à 5, en particulier inférieur à 2). Ces valeurs sont valables aussi pour la région partielle représentée.

35 D'autres caractéristiques et formes de réalisation préférées du dispositif selon l'invention et du procédé selon l'invention sont décrites ci-

- 18 -

après à l'aide de l'exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention représenté schématiquement sur la figure 1.

L'exemple de réalisation représenté sur la figure 1 comprend une source de rayonnement 1 réalisée sous la forme d'un laser qui génère un faisceau d'origine monochromatique 2 d'une longueur d'onde de 1550 nm et d'une largeur de raie inférieure à 500 Hz. Une division du faisceau d'origine 2 en un faisceau de mesure 4 et un faisceau de référence 5 est réalisée au moyen d'un premier diviseur de faisceau 3.

Le faisceau de mesure 4 est dirigé par un deuxième diviseur de faisceau 6 sur un point de mesure 7 sur un objet à mesurer 8. Un dispositif de focalisation 9 est disposé dans le chemin optique du faisceau de mesure 4 entre l'objet 8 et le deuxième diviseur de faisceau 6 pour focaliser le faisceau de mesure 4 sur le point de mesure 7.

Le dispositif de focalisation 9 présente une lentille optique (non représentée) déplaçable parallèlement au faisceau de mesure 4.

Le faisceau de mesure 4 réfléchi au moins partiellement par l'objet 8 est dirigé par le dispositif de focalisation 9 et le deuxième diviseur de faisceau 6 sur une surface de détection du détecteur 10 et superposé sur celle-ci avec le faisceau de référence 5. La superposition des faisceaux de mesure et de référence s'effectue d'une manière connue en soi au moyen d'autres composants optiques : un miroir 11 ainsi que deux autres diviseurs de faisceau 3a et 3b.

Le point essentiel est que le dispositif selon l'invention comprend en outre une unité d'imagerie 12 réalisée sous la forme d'un appareil de prise de vues numérique CCD ou CMOS. L'unité d'imagerie 12 est conçue pour coopérer avec le dispositif de focalisation 9 et le deuxième diviseur de faisceau 6 de façon qu'une région partielle A en deux dimensions soit représentée sur une puce CCD de l'unité d'imagerie 12. Pour simplifier la représentation, seul un chemin optique central entre région partielle A et unité d'imagerie 12 est représenté sur la figure 1.

Le dispositif de focalisation 9 sert par conséquent aussi bien à focaliser le faisceau de mesure 4 qu'à focaliser la région partielle A représentée sur l'unité d'imagerie 12. Le dispositif selon l'invention est réalisé de façon que le point de mesure 7 se situe au centre de la région partielle A et que le point focal du faisceau de mesure se situe approximativement dans le plan focal de l'unité d'imagerie 12.

- 19 -

Le dispositif selon la figure 1 comprend en outre un télescope 13 qui est relié au dispositif et aligné de façon que le point de mesure 7 et la région partielle A soient situés au centre du champ de vision du télescope 13. Pour une meilleure lisibilité, la représentation de la figure 1 n'est pas à l'échelle, en particulier la distance entre le dispositif et l'objet 8 est représentée d'une manière fortement réduite par rapport aux dimensions du dispositif selon l'invention. Le télescope 13 présente une croix de visée disposée au centre du champ de vision du télescope, laquelle marque l'emplacement du point de mesure 7.

10 Le dispositif selon la figure 1 est monté sur un trépied 14 au moyen d'une tête mécanique de trépied 15.

Le dispositif comprend en outre une unité d'évaluation 16 qui est reliée à la fois au détecteur 10 et à l'unité d'imagerie 12.

15 Pour réaliser une mesure interférométrique des vibrations au point de mesure 7 de l'objet 8, on effectue d'abord un alignement grossier du dispositif. Pour ce faire, l'utilisateur regarde à travers le télescope 13 et effectue au moyen de la tête mécanique de trépied 15 des mouvements de rotation et/ou de pivotement pour amener la croix de visée dans le champ de vision du télescope 13 à peu près sur le point de mesure 7 souhaité sur l'objet 8.

20 L'unité d'évaluation 16 présente une connexion permettant de connecter des lunettes vidéo et délivre des signaux d'image correspondants de la puce CCD de l'unité d'imagerie 12 sur cette connexion. L'unité d'évaluation 16 est par ailleurs conçue pour délivrer en plus des signaux d'image de l'unité d'imagerie 12 une croix de visée qui marque l'emplacement du point de mesure 7.

30 Après alignement grossier du dispositif, l'utilisateur met une paire de lunettes vidéo connectée à ladite connexion de l'unité d'évaluation 16 et peut ainsi procéder d'une manière simple, au moyen d'un contrôle visuel, à un alignement fin pour le positionnement exact du point de mesure 7 à l'emplacement souhaité sur l'objet 8.

35 La distinction entre alignement grossier et alignement fin provient du fait que le champ de vision du télescope 13 est beaucoup plus grand que la région partielle A représentée au moyen de l'unité d'imagerie 12. De même, la profondeur de champ du télescope 13 est beaucoup plus grande que celle de l'unité d'imagerie 12 pour la représentation de la région partielle A.

- 20 -

L'alignement fin s'effectue également par des mouvements de rotation et/ou de pivotement au moyen de la tête mécanique de trépied 15.

Une fois l'alignement effectué, on procède à la focalisation.

Pour cela, on effectue d'abord une focalisation grossière, l'utilisateur choisissant au moyen du dispositif de focalisation 9 le plan focal de l'unité d'imagerie 12 de façon qu'il se situe sur la surface de l'objet 8 dans la région partielle A, c'est-à-dire que l'utilisateur met au point sur la région partielle A.

L'utilisateur effectue ensuite un réglage fin de la focalisation.

Pour cela, il met un casque d'écoute relié à l'unité d'évaluation 16.

L'unité d'évaluation 16 est conçue de façon à pouvoir déterminer les vibrations du point de mesure 7 sur l'objet 8 qui se situent dans la gamme des fréquences audibles à partir des signaux de mesure du détecteur 10 et délivrer des signaux électriques correspondants à une sortie casque à laquelle le casque d'écoute susmentionné est connecté.

Les ondes sonores présentes dans l'environnement de l'objet 8 ont pour effet d'imprimer à l'objet 8 des vibrations correspondantes, de sorte que ces ondes sonores sont audibles pour l'utilisateur au moyen du casque d'écoute.

L'utilisateur peut ainsi, d'une manière simple, procéder à un réglage fin par un contrôle acoustique en optimisant la reproduction acoustique des ondes sonores, en particulier en maximalisant le niveau sonore.

Pour augmenter la précision de mesure, le montage interférométrique du dispositif représenté sur la figure 1 est conçu sous la forme d'un interféromètre hétérodyne et présente une cellule de Bragg 17 qui permet de générer une différence de fréquence par une modulation de fréquence entre faisceau de mesure 4 et faisceau de référence 5. L'évaluation des signaux de mesure du détecteur 10 par l'unité d'évaluation 16 est effectuée de la manière connue s'agissant des interféromètres hétérodynes.

Le dispositif selon la figure 1 présente en outre une lentille optique 10 qui est conçue sous la forme d'une lentille négative. La lentille 18 permet de produire par rapport au faisceau de mesure 4 un foyer virtuel qui est reproduit sur le point de mesure 7 de l'objet 8 par le dispositif de focalisation 9.

- 21 -

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
5 autant du domaine de protection de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de mesure interférométrique des vibrations sur un objet (8),
comprenant une source de rayonnement (1) pour générer un faisceau d'origine, un premier diviseur de faisceau (3) pour diviser le faisceau d'origine en un faisceau de mesure (4) et un faisceau de référence (5), un
5 détecteur et un dispositif de focalisation (9),
le dispositif étant réalisé de façon que le faisceau de mesure (4) au moins partiellement réfléchi par l'objet (8) et le faisceau de référence (5) soient superposés sur une surface de détection du détecteur (10) et le dispositif de
10 focalisation (9) étant disposé dans le chemin optique du faisceau de mesure pour focaliser le faisceau de mesure sur un point de mesure (7) sur l'objet (8),
caractérisé en ce que
le dispositif permet de générer un faisceau de mesure d'une longueur
15 d'onde supérieure à 1100 nm,
le dispositif comprend en outre une unité d'imagerie (12) pour la représentation non interférométrique en deux dimensions d'au moins une région partielle de l'objet entourant le point de mesure (7),
le dispositif de focalisation (9) est disposé dans le chemin optique entre
20 unité d'imagerie (12) et objet (8),
le foyer du faisceau de mesure se situe approximativement dans le plan focal de l'unité d'imagerie (12),
le point focal du faisceau de mesure et le plan focal de l'unité d'imagerie (12) peuvent être déplacés simultanément au moyen du dispositif de
25 focalisation (9),
le dispositif comprend un deuxième diviseur de faisceau (6) qui est disposé dans le chemin optique du faisceau de mesure entre dispositif de focalisation (9) et détecteur et dans le chemin optique de l'unité d'imagerie (12) entre dispositif de focalisation (9) et unité d'imagerie (12) et conçu de
30 façon que la perte d'intensité du rayonnement dans le domaine visible entre dispositif de focalisation (9) et dispositif d'imagerie soit inférieure à 50 % et la perte d'intensité du faisceau de mesure entre le dispositif de focalisation (9) et la surface de détection du détecteur soit inférieure à 50 %.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la perte d'intensité du rayonnement dans le domaine visible entre dispositif de focalisation (9) et dispositif d'imagerie est inférieure à 30 % et la perte d'intensité du faisceau de mesure entre le dispositif de focalisation (9) et la surface de détection du détecteur est inférieure à 30 %.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le deuxième diviseur de faisceau est un diviseur de faisceau dichroïque, de préférence un diviseur de faisceau perméable à au moins 50 % au rayonnement dans le domaine visible en ce qui concerne l'intensité de rayonnement et réfléchissant à au moins 50 % pour le faisceau de mesure (4) en ce qui concerne l'intensité de rayonnement, plus préférentiellement un diviseur de faisceau perméable à au moins 70 % au rayonnement dans le domaine visible en ce qui concerne l'intensité de rayonnement et réfléchissant à au moins 70 % pour le faisceau de mesure (4) en ce qui concerne l'intensité de rayonnement.

4. Dispositif selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité d'imagerie (12) et/ou une unité d'évaluation (16) conçue pour coopérer avec l'unité d'imagerie est conçue de façon qu'un signe de visée puisse être représenté sur la région partielle (A) de l'objet représentée au moyen de l'unité d'imagerie (12), en particulier qu'une croix de visée puisse être représentée à l'emplacement du point de mesure.

5. Dispositif selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif présente une unité d'évaluation (16) reliée au détecteur pour amplifier et/ou modifier les signaux de mesure du détecteur (10), et l'unité d'évaluation (16) est conçue de façon que les vibrations de l'objet mesurées au point de mesure (7) au moyen du détecteur (10) dans le domaine des fréquences audibles ou des parties de celui-ci puissent être émises acoustiquement.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'unité d'évaluation (16) présente un affichage de niveau pour reproduire l'intensité du signal de mesure du détecteur (10), en particulier pour reproduire un niveau corrélé à l'amplitude de la vibration de l'objet.

7. Dispositif selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que l'unité d'évaluation (16) comprend un filtre multifréquence pour la réduction spécifiable au choix de plusieurs gammes de fréquences, en

particulier que le filtre multifréquence comprend une unité de mémorisation avec plusieurs jeux de paramètres de filtrage mémorisés, sélectionnables par un utilisateur.

5 8. Dispositif selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité d'imagerie (12) est conçue sous la forme d'un appareil de prise de vues numérique, en particulier que l'appareil de prise de vues numérique peut être connecté à un écran et/ou à des lunettes vidéo pour l'affichage de la région partielle de l'objet.

10 9. Dispositif selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif comprend de plus un télescope (13) qui est relié au dispositif et disposé de façon que le champ de vision du télescope comprenne le point de mesure (7), en particulier que le point de mesure (7) se situe approximativement au centre du champ de vision du télescope.

15 10. Procédé de mesure interférométrique des vibrations sur un objet (8) avec un dispositif selon une des revendications 1 à 9, comprenant les étapes suivantes :

- génération d'un faisceau d'origine au moyen d'une source de rayonnement (1),

20 - division du faisceau d'origine en un faisceau de référence et un faisceau de mesure au moyen d'un premier diviseur de faisceau,

- superposition du faisceau de référence et du faisceau de mesure au moins partiellement réfléchi par l'objet (8) sur une surface de détection d'un détecteur (10),

25 le faisceau de mesure (4) étant focalisé sur un point de mesure (7) sur l'objet (8) au moyen d'un dispositif de focalisation (9),

procédé caractérisé en ce qu'un faisceau de mesure d'une longueur d'onde supérieure à 1100 nm est généré au moyen du dispositif,

30 qu'en plus au moins une région partielle (A) de l'objet entourant le point de mesure (7) est représentée en deux dimensions et de manière non interférométrique au moyen d'une unité d'imagerie (12), l'unité d'imagerie (12) étant focalisée au moyen du dispositif de focalisation (9) sur la région partielle (A) de l'objet et le dispositif de focalisation (9) étant conçu de façon que le foyer du faisceau de mesure se
35 situe toujours approximativement dans le plan focal de l'unité d'imagerie (12),

- 25 -

qu'au moyen du dispositif de focalisation (9), l'unité d'imagerie (12) est focalisée au moins sur la région partielle (A) de l'objet et à cette occasion le faisceau de mesure (4) est simultanément focalisé au moins approximativement sur le point de mesure (7), et

5 qu'au moyen d'un deuxième diviseur de faisceau disposé dans le chemin optique du faisceau de mesure entre dispositif de focalisation (9) et détecteur et dans le chemin optique de l'unité d'imagerie (12) entre dispositif de focalisation (9) et unité d'imagerie (12) est réalisée une division de faisceau de façon qu'au moyen du deuxième diviseur de
10 faisceau, les rayons au moins dans le domaine visible soient dirigés à plus de 50 % en ce qui concerne l'intensité de rayonnement sur l'unité d'imagerie (12) et le faisceau de mesure (4) réfléchi par l'objet (8) à plus de 50 % en ce qui concerne l'intensité de rayonnement sur le détecteur.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'au
15 moyen du deuxième diviseur de faisceau, les rayons au moins dans le domaine visible soient dirigés à plus de 70 % en ce qui concerne l'intensité de rayonnement sur l'unité d'imagerie (12) et le faisceau de mesure (4) réfléchi par l'objet (8) à plus de 70 % en ce qui concerne l'intensité de rayonnement sur le détecteur.

20 12. Procédé selon une des revendications 10 à 11, caractérisé en ce qu'au moyen de l'unité d'imagerie (12) et/ou au moyen d'une unité d'évaluation (16) coopérant avec l'unité d'imagerie, un signe de visée, en particulier une croix de visée, est représenté sur l'image de la région partielle de l'objet à l'emplacement du point de mesure.

25 13. Procédé selon une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que

la focalisation est réalisée en effectuant, dans une étape de procédé F1, une focalisation au moins sur la région partielle (A) de l'objet mesuré, l'image de la région partielle étant reproduite de manière répétée sur l'unité
30 d'imagerie (12) au moyen d'une unité d'affichage pendant la focalisation, de façon que la focalisation soit réalisable par l'utilisateur au moyen d'un contrôle visuel, une focalisation du faisceau de mesure sur le point de mesure (7) se produisant en même temps au moins approximativement du fait du couplage de la focalisation de l'unité d'imagerie (12) et du faisceau
35 de mesure, et que

dans une étape de procédé F2, est effectué un réglage fin de la focalisation du faisceau de mesure sur le point de mesure (7) grâce à l'émission optique

- 26 -

et/ou acoustique du niveau du signal de mesure du détecteur (10) et/ou à l'émission acoustique des vibrations de l'objet mesurées au point de mesure (7) au moyen du détecteur (10) dans la gamme des fréquences audibles ou des parties de celle-ci.

- 5 14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'avant l'étape de procédé F1, dans une étape de procédé F0, est effectué un alignement du faisceau de mesure au moyen d'un contrôle optique de l'image de la région partielle, en particulier qu'un alignement grossier est effectué d'abord au moyen d'un télescope et qu'un alignement fin est
- 10 effectué ensuite au moyen d'un contrôle optique de l'image de la région partielle.

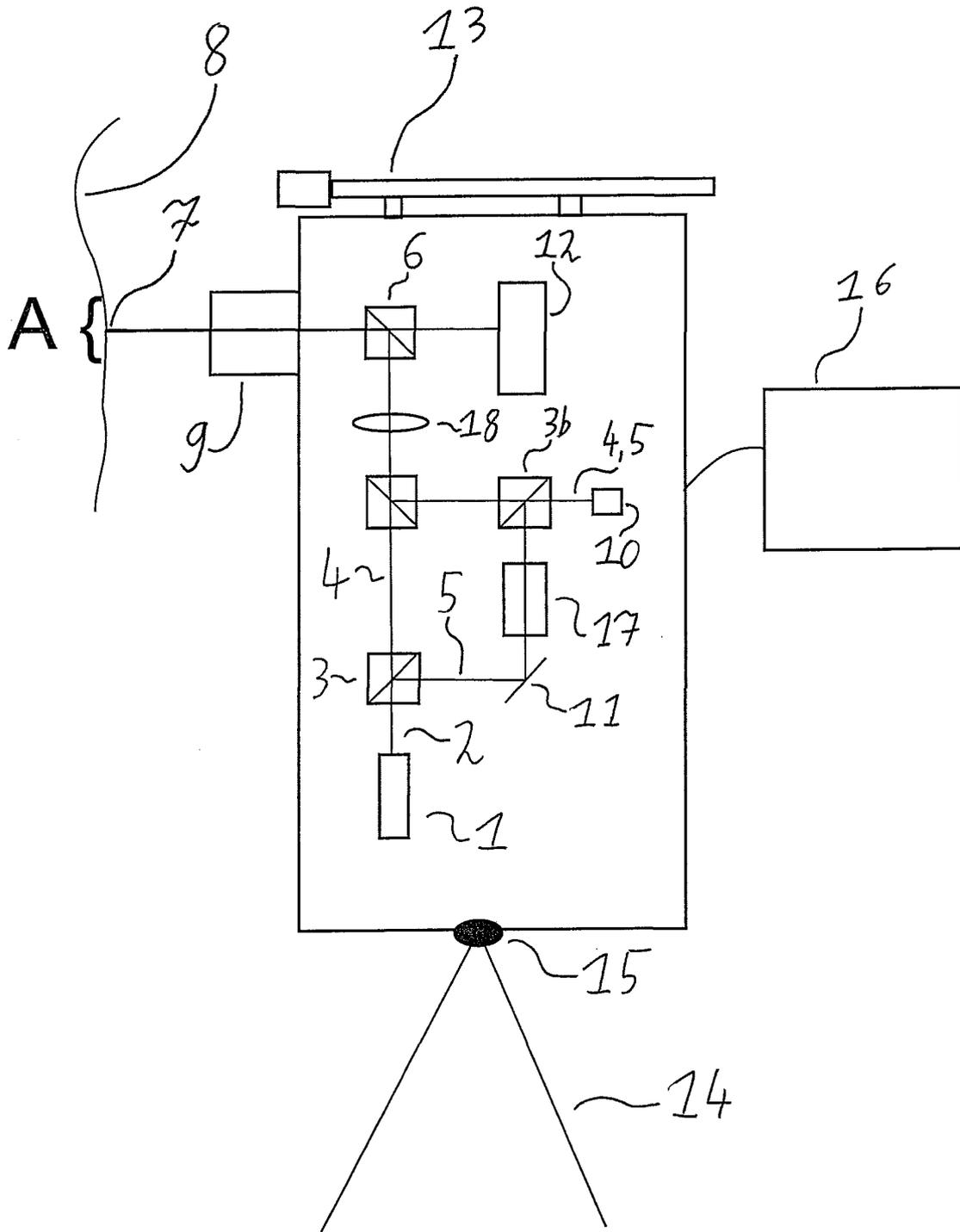


Fig. 1

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

WO 2006 124 939 A2 (Lockheed Martin Coherent Technologies Inc. [US])
23 novembre 2006 (20061123)

WO 2009 079 031 A1 (Quality Vision International [US])
25 juin 2009 (20090625)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

FR 2 913 265 A1 (Polytec GmbH [DE])
5 septembre 2008 (20080905)

US 2009 251 706 A1 (Rembe et al [DE])
8 octobre 2009 (20091008)

US 5 305 084 A1 (Doi et al [JP])
19 avril 1994 (19940419)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT