

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 916 534**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **08 53283**

51) Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 H 17/00 (2006.01)**

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 21.05.08.

30) Priorité : 21.05.07 DE 102007023826.8.

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.11.08 Bulletin 08/48.

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 :

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

72) Inventeur(s) : *SCHUSSLER MATTHIAS.*

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : *NUSS.*

54) **PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA MESURE SANS CONTACT D'OSCILLATIONS D'UN OBJET.**

57) L'invention concerne un procédé et un dispositif pour la mesure sans contact d'oscillations d'un objet.

Le procédé comprend les étapes suivantes: détermination d'au moins un point à mesurer sur l'objet, déplacement d'au moins un interféromètre laser fixé sur un support dans une position de mesure pour mesurer le point de mesure sur l'objet, émission d'au moins un faisceau laser de l'interféromètre laser sur ledit au moins un point de mesure sur l'objet, saisie du faisceau de mesure rétrodiffusé par l'objet, détermination de données d'oscillation à partir du faisceau de mesure émis et rétrodiffusé, association des données d'oscillation au point de mesure ainsi qu'évaluation des données d'oscillation et sortie des données d'oscillation évaluées du point de mesure, au moins un alignement d'une position de l'interféromètre laser étant effectué au moyen d'au moins une position d'un point connu, librement prédéterminable sur l'objet et que une règle de transformation étant établie à l'aide de l'alignement pour déterminer la position de l'interféromètre laser par rapport à l'objet pour des positions de mesure quelconques.

FR 2 916 534 - A1



## DESCRIPTION

L'invention concerne un procédé pour la mesure sans contact d'oscillations d'un objet qui comprend les étapes suivantes : détermination d'au moins un point à mesurer sur l'objet, déplacement d'au moins un interféromètre laser fixé sur un support dans une position de mesure pour mesurer le point de mesure sur l'objet, émission d'au moins un faisceau laser de l'interféromètre laser sur ledit au moins un point de mesure sur l'objet, saisie ou acquisition du faisceau de mesure rétrodiffusé par l'objet, détermination de données d'oscillation à partir du faisceau de mesure émis et rétrodiffusé, association des données d'oscillation au point de mesure, évaluation des données d'oscillation et sortie des données d'oscillation évaluées du point de mesure.

L'invention concerne également un dispositif pour la saisie sans contact d'oscillations d'un objet, le dispositif convenant en particulier pour réaliser un procédé comprenant les étapes de procédé précitées et comprenant au moins un interféromètre laser avec un moyen pour émettre un faisceau laser et pour saisir ou acquérir le faisceau de mesure rétrodiffusé par l'objet, un support déplaçable sur lequel l'interféromètre laser est fixé, une unité de commande pour commander le support déplaçable ainsi qu'un équipement de saisie et d'évaluation de données pour enregistrer et évaluer des données d'oscillation qui coopère avec le moyen pour émettre et saisir et avec le support.

Il est connu, dans l'état de la technique, de mesurer des oscillations et en particulier des vibrations d'un objet en appliquant des capteurs d'accélération à certains points de mesure sur la surface de l'objet à mesurer. Une mesure des vibrations est ensuite réalisée indirectement à partir des valeurs de mesure des capteurs d'accélération, les valeurs de mesure obtenues pouvant ensuite être représentées avec résolution locale ou associées aux points de mesure respectifs.

Ce type de mesure d'oscillations ne répond cependant pas toujours aux besoins car, par exemple, l'application de capteurs d'accélération à la surface d'un objet peut fausser sa caractéristique oscillatoire au point de rendre les valeurs de mesure impropres à une évaluation. C'est le cas, par exemple, pour des surfaces d'objets souples sur lesquelles l'application des capteurs d'accélération entraîne une

- 2 -

déformation de la surface, ce qui modifie fondamentalement la caractéristique oscillatoire de l'objet. Dans d'autres cas, même si l'application de capteurs d'accélération est possible, la fixation, le câblage ainsi que le positionnement et l'orientation des capteurs d'accélération demandent beaucoup de travail et de temps. Il en va de même pour l'interprétation et l'évaluation des valeurs de mesure obtenues par les capteurs d'accélération.

Depuis quelque temps, il existe aussi des procédés de mesure d'oscillations qui sont capables de mesurer des oscillations d'un objet par voie optique et donc sans contact. Ceux-ci utilisent en général un ou plusieurs interféromètres laser, aussi appelés vibromètres laser, qui exposent successivement différents points de mesure sur l'objet à une lumière cohérente. Si l'objet est mis en oscillation, la surface de l'objet exécute un mouvement oscillatoire, de sorte que la fréquence de la lumière de l'interféromètre laser réfléchi par la surface de l'objet change en raison du décalage Doppler. A partir de ce changement de fréquence, il est ensuite possible de calculer des excursions ainsi que des valeurs de vitesse et d'accélération au point de mesure correspondant de la surface de l'objet. En rassemblant les données d'oscillation des différents points de mesure, on obtient une caractéristique oscillatoire de l'objet.

Un tel procédé et un tel dispositif sont connus par exemple du document EP 1 431 740 A1. Selon le procédé qui y est divulgué, un interféromètre laser qui est fixé sur un support déplaçable commandé par programme est déplacé vers les différents points à mesurer de l'objet. Les positions des différents points de mesure sur l'objet sont préalablement calculées à partir de données de construction numériques de l'objet.

Pour la mesure dans les différentes positions de mesure, le terme position comprenant à la fois la position respective et/ou l'orientation respective, une distance fixe présélectionnée par rapport à l'objet est en outre respectée. Une fois la position de mesure prise, un faisceau de mesure de l'interféromètre laser est dirigé sur le point à mesurer. Les données d'oscillation sont ensuite saisies, corrélées avec les données spatiales des points de mesure et affichées et/ou évaluées. Le support de l'interféromètre laser se déplace ensuite dans une nouvelle position de mesure et un autre point de mesure est mesuré. Tous les points de mesure sont ainsi successivement mesurés.

- 3 -

L'inconvénient est qu'il faut ici atteindre et mesurer individuellement les différents points de mesure. Cela ralentit considérablement l'opération de mesure de l'objet complet car il faut pour chaque mesure déplacer le support dans une nouvelle position de mesure.

5 Ce faisant, il faut aussi toujours respecter la même distance par rapport à l'objet pour pouvoir effectuer une mesure d'oscillation. Si, par exemple, il s'agit de mesurer des oscillations de l'objet à des fréquences élevées, un nombre plus élevé de points de mesure est nécessaire pour obtenir une précision suffisante de la caractéristique oscillatoire de l'objet. Comme il

10 faut respecter la même distance par rapport à l'objet aussi dans la nouvelle position de mesure, une fastidieuse vérification de la distance est nécessaire à chaque fois. En outre, le support ou l'interféromètre laser déplaçable nécessite, en raison de la même distance à respecter par rapport aux points de mesure, une grande plage de déplacement pour que tous les points de

15 mesure puissent être mesurés.

Par ailleurs, la prise en charge de points de mesure calculés à partir des données de construction numériques de l'objet est affligée d'erreurs étant donné que la position de l'interféromètre laser par rapport à l'objet diffère souvent de la position théorique dans les conditions réelles et

20 qu'en plus, en particulier en cas de fréquents petits mouvements du support ou de l'interféromètre laser, les erreurs s'amplifient lors du positionnement et de l'orientation du support par rapport à l'objet et les positions de mesure suivantes par rapport à l'objet deviennent de plus en plus imprécises.

Avec certains objets, il est en outre difficile de garantir la

25 même distance fixe de l'interféromètre laser pour tous les points de mesure car des objets peuvent, par exemple par des portions de surface en saillie, limiter l'espace pour le positionnement et l'orientation du support ou de l'interféromètre laser. Il peut arriver que certains points de mesure ne puissent pas du tout être mesurés.

30 Le but de l'invention est donc de mettre à disposition un procédé et un dispositif qui permettent une mesure d'oscillation d'un objet plus simple, plus rapide et plus efficace. Ils doivent en même temps permettre une amélioration de la précision de la mesure d'oscillation.

Ce but est atteint par un procédé présentant les caractéristiques

35 évoquées ci-dessus en introduction à la présente, ledit procédé étant caractérisé, en outre, en ce que l'on effectue au moins un alignement d'une position de l'interféromètre laser au moyen d'au moins une position d'un

- 4 -

point connu, librement prédéterminable sur l'objet et en ce que l'on établit à l'aide de l'alignement une règle de transformation pour déterminer la position de l'interféromètre laser par rapport à l'objet pour des positions de mesure quelconques.

5 Ce but est également atteint par un dispositif du type évoqué en introduction et caractérisé en ce qu'il présente des moyens pour calculer des positions de mesure de l'interféromètre laser, le calcul des positions de mesure comprenant un alignement direct ou indirect de la position d'un point connu sur l'objet avec la position de l'interféromètre laser.

10 Le procédé selon l'invention diffère par conséquent fondamentalement de l'état de la technique par le fait que l'on effectue au moins un alignement d'une position de l'interféromètre laser au moyen d'au moins une position d'un point connu, librement prédéterminable sur l'objet et que l'on établit à l'aide de l'alignement une règle de transformation pour  
15 déterminer la position de l'interféromètre laser par rapport à l'objet pour des positions de mesure quelconques.

Le dispositif selon l'invention diffère fondamentalement de l'état de la technique par le fait qu'il est prévu des moyens pour calculer des positions de mesure de l'interféromètre laser, le calcul des positions de  
20 mesure comprenant un alignement direct ou indirect de la position d'au moins un point connu sur l'objet avec la position de l'interféromètre laser.

Ledit au moins un alignement d'une position de l'interféromètre laser au moyen d'au moins une position d'un point connu, librement prédéterminable sur l'objet, permet de déterminer la position de  
25 l'interféromètre laser par rapport au point connu prédéterminé sur l'objet. Cet alignement permet désormais, puisque la position du point de mesure dans le système de référence de l'objet est connue, de représenter la position de l'interféromètre laser dans le système de référence de l'objet.

Etant donné que la position de l'interféromètre laser dans le  
30 système de référence de l'objet par rapport à ce point est à présent connue, on établit à partir de l'alignement une règle de transformation pour pouvoir calculer et représenter la position de l'interféromètre laser dans le système de référence de l'objet aussi dans des positions de mesure quelconques par rapport à l'objet.

35 Si l'orientation de l'interféromètre laser est connue par exemple de mesures précédentes, il suffit d'effectuer exactement un alignement à l'aide de la position du point connu prédéterminé.

- 5 -

En général, au moins trois points connus sont cependant nécessaires pour déterminer la position de l'interféromètre laser dans le système de référence de l'objet car il faut déterminer au total six degrés de liberté, à savoir trois degrés de liberté pour la position et trois degrés de liberté pour l'orientation de l'interféromètre laser. Pour l'alignement, on mesure la distance respective entre la position de l'interféromètre laser et du point connu respectif ainsi que deux angles d'orientation du faisceau de mesure de l'interféromètre laser, l'orientation du faisceau de mesure pouvant être modifiée par exemple à l'aide de dispositifs de déviation angulaire commandés par programme de l'interféromètre laser. Il est ainsi possible de déterminer directement la position relative de l'interféromètre laser par rapport au point connu. Un alignement par le biais d'une mesure exclusive d'angles pour l'orientation du faisceau de mesure de l'interféromètre laser par rapport au point connu respectif est également possible. Mais pour déterminer la position de l'interféromètre laser dans le système de référence de l'objet, on a alors besoin d'au moins quatre points connus au lieu de trois.

Pour augmenter la précision de la détermination de la position de l'interféromètre laser dans le système de référence de l'objet, il est aussi possible d'utiliser des points connus supplémentaires, par exemple quatre à dix points connus de l'objet, qui possèdent chaque fois une grande distance relative entre eux. L'interféromètre laser est alors déplacé dans les positions de mesure correspondantes pour aligner la position de l'interféromètre laser avec la position des points connus respectifs. Le temps nécessaire pour une mesure d'oscillation complète de l'objet n'est guère sensiblement augmenté par les quelques alignements supplémentaires.

Pour déterminer la position de l'interféromètre laser dans le système de référence du support déplaçable, il est avantageux d'effectuer au moins un alignement supplémentaire d'une position de l'interféromètre laser au moyen d'au moins une position d'au moins un point connu, librement prédéterminable et d'établir une règle de transformation pour déterminer la position de l'interféromètre laser par rapport à la position du support pour des positions de mesure quelconques à l'aide de l'alignement supplémentaire. Cela permet de déplacer d'une manière simple l'interféromètre laser dans une position de mesure à l'aide du système de référence du support.

- 6 -

Pour cela, il n'est pas absolument nécessaire que ledit au moins un point connu pour l'alignement supplémentaire se situe sur l'objet, il peut aussi s'agir, par exemple, d'un point connu, mesuré très précisément sur une paroi d'une chambre de mesure. Lors de l'alignement supplémentaire, le support avec l'interféromètre laser est d'abord déplacé dans une position de mesure pour mesurer le point connu et une mesure est effectuée. Une fois l'alignement effectué, l'interféromètre laser est déplacé suivant l'un des trois axes de coordonnées spatiales du support, de nouveau orienté sur le point connu à une nouvelle position de mesure et une mesure est de nouveau effectuée. Du fait du déplacement du support dans la nouvelle position de mesure, aussi bien la distance que l'angle entre l'interféromètre laser et le point connu ont changé. Dans le système de référence de l'interféromètre laser, le point connu s'est maintenant déplacé. Le vecteur de ce déplacement correspond exactement au vecteur directeur inverse de l'axe de coordonnées spatiales du support suivant lequel l'interféromètre laser a été déplacé. Cela permet de déterminer la position de l'interféromètre laser dans le système de référence du support et d'établir une règle de transformation correspondante entre le système de référence de l'interféromètre laser et le système de référence du support.

Une fois que la position relative de l'interféromètre laser est connue aussi bien dans le système de référence de l'objet que dans le système de référence du support, il est possible de déterminer aussi la position relative du support dans le système de référence de l'objet à l'aide d'une autre règle de transformation. Si, par exemple, il peut être assuré que lors d'une autre mesure d'oscillation d'un deuxième objet celui-ci se trouve à la même position et est orienté dans la même direction, il n'est pas nécessaire de déterminer à nouveau lesdites règles de transformation et celles-ci peuvent être utilisées directement pour une mesure d'oscillation du deuxième objet.

De manière avantageuse, le déplacement du support vers une position de mesure est commandé par programme. Cela permet d'obtenir une accélération supplémentaire de la mesure d'oscillation de l'objet parce que, de cette manière, les différentes positions de mesure sont atteintes les unes après les autres automatiquement et une longue sélection manuelle des positions de mesure ou un déplacement manuel du support ou de l'interféromètre laser vers les différentes positions de mesure n'est plus nécessaire.

- 7 -

De manière appropriée, on effectue une optimisation du nombre de positions de mesure pour la saisie de l'objet. Etant donné que plusieurs points de mesure peuvent être mesurés à partir de chaque position de mesure, le nombre de positions de mesure peut être optimisé de façon  
5 que le support doive être déplacé vers le moins de positions de mesure possibles ; cela accélère considérablement une mesure d'oscillation complète de l'objet. Il est possible aussi de mesurer un point de mesure de l'objet à partir de différentes positions de mesure pour augmenter davantage la précision de la mesure d'oscillation de l'objet. Le nombre de positions de  
10 mesure est alors également choisi de façon à permettre une mesure suffisamment précise du point de mesure à partir d'un nombre minimal de positions de mesure. Si un seul interféromètre laser est utilisé, des mesures d'oscillation tridimensionnelles sont néanmoins possibles. Un point de mesure est alors mesuré à partir d'au moins trois positions de mesure  
15 différentes de l'interféromètre laser. Le nombre de positions de mesure est alors choisi de façon que chaque point de mesure soit mesuré au moins trois fois à partir de différentes positions de mesure. A partir des différentes données d'oscillation unidimensionnelles de l'objet ainsi obtenues à ce point de mesure, il est possible de calculer des données d'oscillation  
20 tridimensionnelles pour ce point de mesure.

Pour rassembler différents points de mesure qui peuvent être mesurés à partir d'une position de mesure de l'interféromètre laser sous un angle essentiellement optimal, il est avantageux d'effectuer une division de l'objet à mesurer en différents segments et, en particulier, une association  
25 des segments à une position de mesure respective.

Il est en outre approprié, pour réduire le temps pour une mesure d'oscillation de l'objet, d'effectuer avant une mesure d'oscillation proprement dite une simulation préalable pour définir les différentes positions de mesure et/ou les points de mesure respectifs. Il est  
30 particulièrement avantageux que la simulation préalable soit effectuée à l'aide d'un modèle informatisé de l'objet. Un opérateur peut effectuer au préalable simplement et rapidement, le cas échéant aussi manuellement, des corrections par exemple dans le choix des positions de mesure et/ou des positions de l'interféromètre laser. La simulation préalable permet en outre  
35 d'identifier les points de mesure qui ne peuvent pas être mesurés par l'interféromètre laser à partir de certaines de ses positions de mesure. Un opérateur peut alors sélectionner manuellement une nouvelle position de

- 8 -

mesure pour ce point de mesure, cela pouvant aussi se faire automatiquement, par exemple par un programme informatique correspondant.

Si un modèle informatisé de l'objet est utilisé, il est avantageux  
5 que le modèle informatisé soit amélioré à l'aide des données d'oscillation  
évaluées afin que le modèle permette une représentation plus réaliste d'un  
comportement oscillatoire de l'objet. Pour cela, il est possible d'optimiser  
ou de corrélérer avec les données d'oscillation évaluées par exemple  
différents paramètres du modèle informatisé qui reproduisent sous forme  
10 numérique le comportement oscillatoire de l'objet.

Pour augmenter la précision de la mesure d'oscillation d'un  
objet, il est approprié d'identifier des points de mesure défectueux ou non  
atteints par le faisceau de mesure. Il est en particulier avantageux que cette  
identification de points de mesure défectueux ou non atteints par le faisceau  
15 de mesure ait lieu automatiquement et donc de manière plus rapide et plus  
fiable.

De manière appropriée, l'identification est effectuée au moyen  
d'un procédé d'imagerie et/ou au moyen d'au moins une mesure de  
distance. Cela permet une vérification simple et efficace de la mesure  
20 d'oscillation. En cas d'utilisation d'un procédé d'imagerie, on évalue, par  
exemple à l'aide d'une image d'une caméra, si le faisceau de mesure de  
l'interféromètre laser atteint suffisamment précisément le point de mesure  
de l'objet. Pour cela, un faisceau de mesure de l'interféromètre laser est  
dirigé sur un point de mesure et on détermine à l'aide de l'image de caméra  
25 si le point de mesure a été atteint dans certaines tolérances prédéterminables  
par le faisceau de mesure de l'interféromètre laser. Avec plusieurs  
interféromètres laser, on vérifie individuellement à l'aide d'un faisceau de  
mesure respectif si le point de mesure a été atteint. Pour cela, il est  
recommandé de désactiver les autres interféromètres laser pour permettre  
30 une association univoque du faisceau de mesure émis et rétrodiffusé à  
l'interféromètre laser activé.

En cas d'utilisation d'au moins une mesure de distance, on  
compare la distance entre la position du point de mesure de l'objet et la  
position de l'interféromètre laser avec la distance mesurée correspondante.  
35 L'évaluation des écarts par rapport à la position théorique calculée, par  
exemple à l'aide de limites de tolérance, permet ensuite de dire dans quelle

- 9 -

mesure le point de mesure n'a pas été atteint ou a été atteint de manière défectueuse par le faisceau de mesure de l'interféromètre laser.

Dans un dispositif pour la saisie sans contact d'oscillations d'un objet et en particulier convenant pour la réalisation d'un procédé tel qu'évoqué ci-dessus, il est prévu des moyens pour calculer des positions de mesure de l'interféromètre laser, le calcul des positions de mesure comprenant un alignement direct ou indirect de la position d'un point connu sur l'objet avec la position de l'interféromètre laser pour effectuer un alignement entre la position de l'interféromètre laser et du point connu, librement déterminable sur l'objet et pour, à l'aide de cet alignement, établir une règle de transformation afin que toutes les positions de mesure de l'interféromètre laser puissent être calculées avec une grande précision.

De manière avantageuse, trois interféromètres laser sont disposés en position relative fixe sur le support. La disposition de trois interféromètres laser permet d'une manière simple une mesure d'oscillation tridimensionnelle par rapport à un point de mesure étant donné que le point de mesure peut être mesuré en même temps à une seule position de mesure depuis trois directions différentes de l'espace. L'association fixe entre les trois interféromètres laser permet en outre une corrélation simple entre les données d'oscillation obtenues des trois interféromètres laser puisqu'elle permet d'éviter des alignements délicats et longs de différentes positions des trois interféromètres laser entre eux.

Pour pouvoir mesurer aussi chaque fois plusieurs points de mesure différents à partir de positions de mesure différentes, il est approprié que soient prévus des moyens pour focaliser le faisceau de mesure de l'interféromètre laser. La position de mesure respective est ainsi en très grande partie indépendante de la position du point de mesure respectif et permet une sélection d'une position optimale de l'interféromètre laser par rapport au point de mesure. Une focalisation automatique particulièrement avantageuse raccourcit encore considérablement le temps pour une mesure d'oscillation d'un point de mesure. Au total, la focalisation augmente la précision de la mesure d'oscillation étant donné qu'un bruit des données d'oscillation déterminées est minimalisé en raison de la position de mesure optimale.

De manière appropriée, l'interféromètre laser présente au moins un dispositif de déviation angulaire et/ou un dispositif de mesure de distance et/ou des moyens de saisie et transmission d'images. Cela permet

- 10 -

non seulement de mesurer différents points de mesure à partir d'une position de mesure de l'interféromètre laser, mais aussi de déterminer ou vérifier la position relative de l'interféromètre laser à l'aide de la distance et/ou à l'aide d'une image. Une identification de points de mesure qui n'ont pas été atteints ou ont été atteints de manière défectueuse par un faisceau de mesure de l'interféromètre laser est également possible. Une longue vérification après coup de données d'oscillation obtenues de manière défectueuse n'est ainsi plus nécessaire.

De manière avantageuse, l'unité de commande est programmable. Cela permet une mesure d'oscillation entièrement automatisée, donc un « balayage » de l'objet, et la réalisation et/ou la surveillance de la mesure d'oscillation par du personnel d'exploitation ne sont plus nécessaires. Il est ainsi possible, par exemple, d'effectuer une mesure d'oscillation complète d'un objet de manière entièrement automatisée pendant la nuit.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortent de la description ci-après d'un exemple de réalisation à l'aide des dessins sur lesquels sont montrés

figure 1 un exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention pour réaliser le procédé selon l'invention sur une représentation schématisée,

figure 2 une vue d'ensemble des différentes positions de mesure de l'interféromètre laser du dispositif selon l'invention pour une mesure de points de mesure de différents segments d'une voiture.

La figure 1 montre un dispositif selon l'invention pour la mesure d'oscillation sans contact qui sert à mesurer les oscillations d'une carrosserie 10 d'une voiture 8. A cet effet, trois interféromètres laser 6a, 6b, 6c sont montés chaque fois dans une zone d'extrémité de branches 5' d'un support 5. Les branches 5' sont en particulier disposées de façon que des points d'extrémité 5a, 5b, 5c des branches 5' forment ensemble les sommets d'un triangle essentiellement équilatéral, mais d'autres dispositions sont aussi possibles dans le cadre de l'invention.

Le support 5 est lui-même fixé à un bras de support 4 d'un robot industriel 3 et le support 5 peut être déplacé au moyen du bras de support 4 dans différentes positions de mesure M1 pour la mesure d'oscillation de la carrosserie 10. La position de la position de mesure M1 respective par rapport à un point de mesure 9 sur la surface de la carrosserie

- 11 -

10 peut être choisie essentiellement librement et est en général choisie de façon que le point de mesure 9 soit atteint à une distance optimale et sous un angle optimal par des faisceaux de mesure 7a, 7b, 7c des trois interféromètres laser 6a, 6b, 6c.

5 Etant donné que les trois interféromètres laser 6a, 6b, 6c sont disposés en association spatiale fixe les uns par rapport aux autres sur le support 5 par les branches 5', il n'est pas nécessaire d'effectuer une détermination et un alignement coûteux en temps des positions des différents interféromètres laser 6a, 6b, 6c avant chaque mesure d'oscillation  
10 d'un point de mesure 9. Il suffit de déterminer une seule fois la position des interféromètres laser 6a, 6b, 6c dans le système de référence du support, par exemple au moyen d'un alignement supplémentaire.

Une unité de commande 2 servant à la commande du bras de support 4 du robot industriel 3 transmet les coordonnées spatiales des points  
15 de mesure 9 à un équipement de saisie et d'évaluation de données 2' qui est relié aux différents interféromètres laser 6a, 6b, 6c (voir aussi la fig. 2a ou la fig. 2b ; non représenté sur la figure 1). Un ordinateur 2, 2' de type commercial peut remplir aussi bien les tâches d'une unité de commande 2 que celles d'une unité de saisie et d'évaluation de données 2'. Les données  
20 saisies et/ou évaluées peuvent ensuite être visualisées sur un moniteur 1 de l'ordinateur 2, 2'.

L'ordinateur 2, 2' ne sert pas seulement à la saisie et à l'évaluation de données d'oscillation. A l'aide d'un modèle informatisé de la voiture 8 pour la mesure d'oscillation, on effectue avant une mesure  
25 d'oscillation réelle une simulation préalable de la mesure d'oscillation de la voiture 8. Les différentes positions de mesure M1 sont représentées au moyen du moniteur 1 de l'ordinateur 2, 2'. En même temps, l'ordinateur 2, 2' calcule les points de mesure 9 possibles sur la surface de la carrosserie 10 de la voiture 8 à partir des positions de mesure M1 respectives. En outre, la  
30 simulation préalable identifie les points de mesure 9 qui ne peuvent pas être atteints par les faisceaux de mesure 7a, 7b, 7c à partir de certaines positions de mesure M1. Le cas échéant, de nouvelles positions de mesure M1, M2 sont déterminées et définies pour ces points de mesure 9 afin que ces points de mesure 9 puissent aussi être mesurés lors du déroulement de la mesure  
35 d'oscillation réelle.

La simulation préalable permet également de déterminer ou extrapoler d'autres paramètres de la mesure d'oscillation, par exemple la

- 12 -

durée dans le temps d'une mesure d'oscillation complète de la voiture 8. Enfin, différentes zones de la surface de la carrosserie 10 de la voiture 8 sont divisées en segments 121, 122 au moyen de la simulation préalable (voir les figures 2a, 2b, représentés par des hachures), différents points de mesure 9 des segments 121, 122 étant mesurés de nouveau à partir de chaque fois une position de mesure M1, M2 commune. Finalement, on définit à l'aide de l'ordinateur 2, 2' différentes positions de mesure M1, M2 avec des points de mesure 9 associés pour effectuer entièrement automatiquement, sous la commande d'un programme, la mesure d'oscillation de la voiture 8 ou des différents segments 121, 122.

Une fois la simulation préalable terminée, la mesure d'oscillation réelle est lancée. Pour cela, au moins un des interféromètres laser 6a, 6b, 6c est déplacé par l'ordinateur 2, 2' au moyen du support 5, pour un alignement, dans une position de mesure M1 telle qu'un point connu sur la surface de la carrosserie 10 soit mesuré. A partir de cet alignement, l'ordinateur 2, 2' établit une règle de transformation qui permet de déterminer la position des interféromètres laser 6a, 6b, 6c dans des positions de mesure M1, M2 quelconques. Après établissement de la règle de transformation, la voiture 8 est excitée de manière à être mise en oscillation.

Pour la mise en oscillation de la voiture 8 ou de sa carrosserie 10, on utilise ce que l'on appelle un « shaker » 11 qui est relié par liaison de force, de forme ou de matière, par exemple par collage, à la carrosserie 10 de la voiture 8. La position de la liaison entre le shaker 11 et la carrosserie 10 de la voiture 8 est désignée par le terme de point d'introduction de force K. Le shaker 11 est toujours relié à l'ordinateur 2, 2' et est commandé et surveillé à l'aide de l'ordinateur 2, 2'. De préférence, au moins un capteur d'accélération non représenté et un capteur de force non représenté sont disposés entre le shaker 11 et le point d'introduction de force K, lesquels mesurent directement la transmission de force à la carrosserie 10 de la voiture 8 ainsi que les valeurs d'accélération au point d'introduction de force K. Ces valeurs d'accélération et de force sont saisies par l'ordinateur 2, 2'. A l'aide de ces valeurs d'accélération et de force transmises, il est maintenant possible, en combinaison avec les données d'oscillation encore à mesurer de l'interféromètre laser 6a, 6b, 6c, d'effectuer une analyse modale après achèvement de la mesure d'oscillation, donc en particulier une détermination des fréquences et formes propres de la voiture 8.

- 13 -

L'ordinateur 2, 2' détermine en outre à l'aide des valeurs d'accélération et de force saisies si la carrosserie 10 est effectivement excitée selon des fréquences d'excitation souhaitées qui sont transmises à la carrosserie 10 par le shaker 11.

5                   Après que toutes les positions de mesure M1, M2 ainsi que les points de mesure 9 ont été définis dans la simulation préalable, l'ordinateur 2, 2' commande le robot industriel 3 ou le bras de support 4 de façon que les interféromètres laser 6a, 6b, 6c soient déplacés dans une première position de mesure M1. Les interféromètres laser 6a, 6b, 6c émettent et reçoivent des  
10 faisceaux de mesure 7a, 7b, 7c pour une mesure d'oscillation du point de mesure 9 et transmettent les données d'oscillation à l'ordinateur 2, 2' pour l'évaluation et la sortie des données d'oscillation.

                  Avant chaque mesure d'oscillation, les faisceaux de mesure 7a, 7b, 7c des interféromètres laser 6a, 6b, 6c respectifs sont focalisés sur le  
15 point de mesure 9 respectif à l'aide d'un équipement de focalisation non représenté. Pour des raisons de temps, il est possible d'omettre une focalisation pour le point de mesure 9 si une focalisation des interféromètres laser 6a, 6b, 6c déjà effectuée pour un point de mesure précédent est suffisante pour le point de mesure 9. C'est le cas, par  
20 exemple, si la distance entre point de mesure précédent et point de mesure 9 actuel est faible.

                  Pour la mesure d'oscillation du prochain point de mesure 9 individuel à la position de mesure M1, des équipements de déviation angulaire non représentés des interféromètres laser 6a, 6b, 6c sont ensuite  
25 réglés de façon qu'un autre point de mesure 9 puisse être mesuré sans modifier la position de mesure M1. Pour cela, les équipements de déviation angulaire comprennent des miroirs avec des moteurs et/ou des éléments piézoélectriques ; les équipements de déviation angulaire sont en outre commandés par programme, en particulier réglables par l'intermédiaire de  
30 l'ordinateur 2, 2'.

                  Lorsque tous les points de mesure 9 à mesurer d'une position de mesure M1 ou d'un segment 121 sont mesurés, l'ordinateur 2, 2' calcule une position de mesure suivante M2 et commande le bras de support 4 du robot industriel 3 en conséquence, afin que le support 5 et les  
35 interféromètres laser 6a, 6b, 6c disposés dessus prennent la nouvelle position de mesure M2 pour la mesure d'oscillation d'autres points de mesure 9.

- 14 -

En principe, le bras de support 4 d'un robot industriel 3 peut aussi être programmé seulement pour une seule position de mesure M1, c'est-à-dire que le bras de support 4 est déplacé manuellement dans la position de mesure M1 respective et mesure des points de mesure 9 sélectionnés sur la surface de la carrosserie 10. Si un modèle informatisé de l'objet est stocké dans l'ordinateur 2, 2', cette opération peut aussi être réalisée de manière automatisée. Un opérateur peut sélectionner différents points de mesure 9 sur le moniteur 1.

Les figures 2a et 2b montrent pour l'essentiel deux différentes positions de mesure M1, M2 du bras de support 4 ou du support 5 telles qu'elles sont typiquement définies pendant une simulation préalable ou se présentent pendant une mesure d'oscillation réelle de la voiture 8. Les interféromètres laser 6a, 6b, 6c focalisent à cette occasion des faisceaux de mesure 7a, 7b, 7c sur un point de mesure 9 respectif qui se trouve sur la carrosserie 10 de la voiture 8. Les points de mesure 9 mesurables à partir des positions de mesure M1, M2 respectives sont chaque fois représentés regroupés en un segment 121, 122 correspondant. Lorsque tous les points de mesure 9 du segment 121 ont été mesurés, le bras de support 4 ou indirectement les interféromètres laser 6a, 6b, 6c respectifs sont déplacés, sous la commande d'un programme, par l'ordinateur 2, 2' dans la nouvelle position de mesure M2, les points de mesure 9 respectifs appartenant au segment 122 étant ensuite à leur tour mesurés automatiquement dans un ordre librement choisi.

Lorsque tous les points de mesure 9 ont été mesurés, l'ordinateur 2, 2' peut de nouveau mesurer, sous la commande d'un programme, des points de mesure non mesurés ou défectueux. Pour cela, le support 5 est de nouveau déplacé par le bras de support 4 au moyen de l'ordinateur 2, 2' dans les positions de mesure M1, M2 correspondantes. L'identification de points de mesure défectueux ou non mesurés peut aussi avoir lieu déjà lors d'une première mesure d'oscillation du point de mesure 9. L'ordinateur 2, 2' peut, en particulier aussi sans nouvelle mesure d'oscillation de points de mesure 9 mesurés de manière défectueuse, calculer les données d'oscillation du point de mesure 9 mesuré de manière défectueuse, par exemple par interpolation de points de mesure 9 mesurés correctement.

En principe, il est possible dans le cadre de l'invention, pour raccourcir la durée d'une mesure d'oscillation, de prévoir plusieurs robots

- 15 -

industriels avec chaque fois un ou plusieurs bras de support 4, un support pour au moins un interféromètre laser étant disposé sur chacun des bras de support.

5 Les oscillations de l'objet peuvent également, dans le cadre de l'invention, être excitées d'une autre manière qu'avec un shaker, en particulier les oscillations peuvent aussi être excitées par un moteur monté dans la voiture, par une chaussée simulée sur laquelle roulent les roues de la voiture ou bien par un haut-parleur disposé dans l'habitacle de la voiture.

10 Il entre par ailleurs dans le cadre de l'invention d'établir les règles de transformation respectives entre les systèmes de référence de l'interféromètre laser, de l'objet et du support déplaçable à l'aide d'un autre système de référence, indépendant des systèmes de référence précités.

15 Enfin, il entre également dans le cadre de l'invention de ne pas prévoir seulement un support mobile avec au moins un interféromètre laser fixé dessus pour mesurer un point de mesure sur un objet, mais aussi de prévoir un support déplaçable, en particulier également commandé par programme, pour déplacer l'objet lui-même afin que l'objet puisse être déplacé dans une position de mesure par rapport à un interféromètre laser pour une mesure d'oscillation. Il entre aussi dans le cadre de l'invention de  
20 prévoir un support mobile aussi bien pour l'interféromètre laser que pour l'objet, les deux étant déplaçables sous la commande d'un programme et pouvant ainsi prendre une position optimale l'un par rapport à l'autre pour une mesure d'oscillation.

25 En résumé, l'invention offre en particulier l'avantage d'améliorer considérablement la précision d'une mesure d'oscillation sans contact et de diminuer en même temps sensiblement le temps et le travail nécessaires pour une mesure d'oscillation complète de l'objet.

## REVENDICATIONS

1. Procédé pour la mesure sans contact d'oscillations d'un objet, comprenant les étapes suivantes :

- détermination d'au moins un point à mesurer (9) sur l'objet (8),
  - déplacement d'au moins un interféromètre laser (6a, 6b, 6c) fixé sur un support (5) dans une position de mesure (M1) pour mesurer le point de mesure (9) sur l'objet (8),
  - émission d'au moins un faisceau laser (7a, 7b, 7c) de l'interféromètre laser (6a, 6b, 6c) sur ledit au moins un point de mesure (9) sur l'objet (8),
  - saisie ou acquisition du faisceau de mesure (7a, 7b, 7c) rétrodiffusé par l'objet (8),
  - détermination de données d'oscillation à partir du faisceau de mesure (7a, 7b, 7c) émis et rétrodiffusé,
  - association des données d'oscillation au point de mesure (8),
  - évaluation des données d'oscillation et sortie des données d'oscillation évaluées du point de mesure (9),
- caractérisé en ce que
- l'on effectue au moins un alignement d'une position de l'interféromètre laser (6a, 6b, 6c) au moyen d'au moins une position d'un point connu, librement prédéterminable sur l'objet (8) et
  - l'on établit à l'aide de l'alignement une règle de transformation pour déterminer la position de l'interféromètre laser (6a, 6b, 6c) par rapport à l'objet (8) pour des positions de mesure (M1, M2) quelconques.

2. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

- l'on effectue au moins un alignement supplémentaire d'une position de l'interféromètre laser (6a, 6b, 6c) au moyen d'au moins une position d'au moins un point connu, librement prédéterminable et
- l'on établit une règle de transformation pour déterminer la position de l'interféromètre laser (6a, 6b, 6c) par rapport à la position du support (5) pour des positions de mesure (M1, M2) quelconques à l'aide de l'alignement supplémentaire.

3. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

- 17 -

le déplacement du support (5) vers une position de mesure (M1, M2) est commandé par programme.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que

5 l'on effectue une optimisation du nombre de positions de mesure (M1, M2) pour la saisie de l'objet (8).

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que

10 l'on effectue une division de l'objet (8) à mesurer en différents segments (121, 122) et, en particulier, une association des segments (121, 122) à une position de mesure (M1, M2) respective.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que

15 l'on effectue une simulation préalable pour définir les différentes positions de mesure (M1, M2) et/ou les points de mesure (9) respectifs, de préférence à l'aide d'un modèle informatisé de l'objet (8).

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que

20 le modèle informatisé de l'objet (8) est amélioré à l'aide des données d'oscillation évaluées.

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que

25 l'on effectue une identification de préférence automatique des points de mesure (9) qui ne sont pas atteints ou qui sont atteints de manière défectueuse par le faisceau de mesure (7a, 7b, 7c).

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que

l'identification est effectuée au moyen d'un procédé d'imagerie et/ou au moyen d'au moins une mesure de distance.

30 10. Dispositif pour la saisie sans contact d'oscillations d'un objet, le dispositif convenant en particulier pour réaliser un procédé comprenant les étapes de procédé selon la revendication 1 et comprenant

35 - au moins un interféromètre laser (6a, 6b, 6c) avec un moyen pour émettre un faisceau laser (7a, 7b, 7c) et pour saisir ou acquérir le faisceau de mesure (7a, 7b, 7c) rétrodiffusé par l'objet (8),

- 18 -

- un support (5) déplaçable sur lequel l'interféromètre laser (6a, 6b, 6c) est fixé,
  - une unité de commande (2) pour commander le support (5) déplaçable ainsi que
- 5 - un équipement de saisie et d'évaluation de données (2') pour enregistrer et évaluer des données d'oscillation qui coopère avec le moyen pour émettre et saisir et avec le support (5),  
caractérisé en ce
- 10 qu'il présente des moyens pour calculer des positions de mesure (M1, M2) de l'interféromètre laser (6a, 6b, 6c), le calcul des positions de mesure (M1, M2) comprenant un alignement direct ou indirect de la position d'un point connu sur l'objet (8) avec la position de l'interféromètre laser (6a, 6b, 6c).
11. Dispositif selon la revendication 10,  
15 caractérisé en ce que  
trois interféromètres laser (7a, 7b, 7c) sont disposés en position relative fixe sur le support (5).
12. Dispositif selon la revendication 10,  
caractérisé en ce que
- 20 il est prévu des moyens pour la focalisation de préférence automatique du faisceau de mesure (7a, 7b, 7c).
13. Dispositif selon la revendication 10,  
caractérisé en ce que  
l'interféromètre laser (6a, 6b, 6c) comprend au moins un dispositif de  
25 déviation angulaire et/ou un dispositif de mesure de distance et/ou des  
moyens de saisie et transmission d'images.
14. Dispositif selon la revendication 10,  
caractérisé en ce que  
l'unité de commande (2) est programmable.

Fig 1





