



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

①① N° de publication : **3 026 200**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **15 58255**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **G 02 F 1/35 (2017.01), G 01 N 21/41**

①②

## BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ SYSTEME DE JAUGE DE CONTRAINTE OPTIQUE NON LINEAIRE EN TEMPS REEL.

②② Date de dépôt : 07.09.15.

③③ Priorité : 22.09.14 US 14493187.

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 25.03.16 Bulletin 16/12.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 01.06.18 Bulletin 18/22.

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) : *THE BOEING COMPANY — US.*

⑦② Inventeur(s) : HUNT JEFFREY H. et BELK JOHN  
H..

⑦③ Titulaire(s) : THE BOEING COMPANY.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

FR 3 026 200 - B1



SYSTÈME DE JAUGE DE CONTRAINTE OPTIQUE NON LINÉAIRE EN TEMPS  
RÉEL

Cette description concerne de manière générale un système de mesure de contrainte à fibre optique, et plus particulièrement un système de mesure de contrainte à fibre optique ayant un signal source non linéaire.

Dans les systèmes de mesure de contrainte à base de fibre optique classiques, un signal source est dirigé dans une fibre optique et un signal de retour se produit en raison de la contrainte imposée à la fibre optique ou en raison d'une reconfiguration de la polarisation due à des variations mécaniques imposées à la fibre optique. Le rapport signal sur bruit pour le signal de retour dans de tels systèmes classiques est loin d'être optimal car le signal de retour est beaucoup plus petit en amplitude que le signal source linéaire. Des réseaux de Bragg peuvent être transcrits dans la fibre optique dans de tels systèmes pour produire un signal de retour plus grand, mais le rapport signal sur bruit pour le signal de retour reste inférieur à celui souhaité. De plus, la longueur d'onde du signal source dans les systèmes de mesure de contrainte à base de fibre optique classiques varie en règle générale sur une plage prédéterminée et le signal de retour est surveillé pour détecter un niveau de crête, le signal de mesure de contrainte correspondant à la longueur d'onde du signal source lorsque le niveau de crête est détecté. Ce type de système impose un retard pour chaque mesure correspondant au temps nécessaire pour balayer le signal source à travers la gamme de longueurs d'onde de fonctionnement.

En conséquence, il existe un besoin pour un système de mesure de contrainte à base de fibre optique ayant un signal de retour avec un rapport signal sur bruit plus élevé. En outre, il existe un besoin pour un système de mesure de contrainte à base de fibre optique produisant un signal de mesure en temps réel.

Selon un aspect, on fournit un système pour mesurer la contrainte entre deux points fixes. Une fibre optique a une première extrémité, une seconde extrémité, et une partie centrale fixée entre les deux points fixes. Une première source de lumière émet en sortie un signal lumineux ayant une première fréquence et est couplée à la première extrémité de la fibre optique. Une seconde source de lumière émet en sortie un signal lumineux ayant une seconde fréquence différente de la première fréquence et est également couplée à la première extrémité de la fibre optique. Un détecteur de

rétrodiffusion est couplé à la première extrémité de la fibre optique pour recevoir un signal lumineux de retour émanant de la fibre optique et émet en sortie un signal basé dessus. Un détecteur de diffusion en avant est couplé à la seconde extrémité de la fibre optique pour recevoir un signal lumineux en avant émanant de la fibre optique et émet un  
5 signal basé dessus. Un processeur est couplé pour recevoir les signaux émanant du détecteur de rétrodiffusion et du détecteur de diffusion en avant. Le processeur est configuré pour générer un signal de sortie proportionnel à la contrainte entre les deux points de la structure sur la base des signaux émanant du détecteur de rétrodiffusion et du détecteur de diffusion en avant.

10 Dans un autre mode de réalisation, la première source de lumière, la seconde source de lumière et le détecteur de rétrodiffusion peuvent être couplés à la fibre optique par l'intermédiaire d'un raccord 3:1. En outre, le détecteur de rétrodiffusion peut comprendre un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et  
15 de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première fréquence et de la seconde fréquence. En outre, le détecteur de diffusion en avant peut comprendre un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première  
20 fréquence et de la seconde fréquence. En outre encore, la partie centrale de la fibre optique comprend des réseaux de Bragg configurés pour réfléchir la lumière à une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première fréquence et de la seconde fréquence. De même, la première source de  
25 lumière peut comprendre un élément de commande de l'intensité configuré pour avoir une première intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une première polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à la première fréquence. En outre, la seconde source de lumière peut comprendre un élément de commande de  
30 l'intensité configuré pour avoir une seconde intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une seconde polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence

correspondant à la seconde fréquence. En outre, la première intensité prédéterminée peut être la même que la seconde intensité prédéterminée. En outre encore, la première polarisation prédéterminée peut être la même que la seconde polarisation prédéterminée.

Selon un autre aspect, on fournit un système pour mesurer la contrainte entre deux points fixes. Une fibre optique a une première extrémité, une seconde extrémité, et une partie centrale fixée entre les deux points fixes. Une première source de lumière émet en sortie un signal lumineux ayant une première fréquence et est couplée à la première extrémité de la fibre optique. Une seconde source de lumière émet en sortie un signal lumineux ayant une seconde fréquence différente de la première fréquence et est également couplée à la première extrémité de la fibre optique. Un détecteur de rétrodiffusion est couplé à la première extrémité de la fibre optique pour recevoir un signal lumineux de retour émanant de la fibre optique et émet en sortie un signal basé dessus. Un processeur est couplé pour recevoir le signal émanant du détecteur de rétrodiffusion. Le processeur est configuré pour générer un signal de sortie proportionnel à la contrainte entre les deux points de la structure sur la base du signal émanant du détecteur de rétrodiffusion.

Selon un autre aspect encore, on fournit un système pour mesurer la contrainte entre deux points fixes. Une fibre optique a une première extrémité, une seconde extrémité, et une partie centrale fixée entre les deux points fixes. Une première source de lumière émet en sortie un signal lumineux ayant une première fréquence et est couplée à la première extrémité de la fibre optique. Une seconde source de lumière émet en sortie un signal lumineux ayant une seconde fréquence différente de la première fréquence et est couplée à la première extrémité de la fibre optique. Un détecteur de diffusion en avant est couplé à la seconde extrémité de la fibre optique pour recevoir un signal lumineux en avant émanant de la fibre optique et émet un signal basé dessus. Un processeur est couplé pour recevoir le signal émanant du détecteur de diffusion en avant. Le processeur est configuré pour générer un signal de sortie proportionnel à la contrainte entre les deux points de la structure sur la base du signal émanant du détecteur de diffusion en avant.

En outre, la description comprend des modes de réalisation selon les clauses suivantes :

Clause 1. Système pour mesurer la contrainte entre deux points fixes, comprenant :

une fibre optique ayant une première extrémité, une seconde extrémité, et une partie centrale fixée entre les deux points fixes ;

une première source de lumière émettant en sortie un signal lumineux ayant une première fréquence et couplée à la première extrémité de la fibre optique ;

5           une seconde source de lumière émettant en sortie un signal lumineux ayant une seconde fréquence différente de la première fréquence et couplée à la première extrémité de la fibre optique ;

            un détecteur de rétrodiffusion couplé à la première extrémité de la fibre optique pour recevoir un signal lumineux de retour émanant de la fibre optique et pour émettre en  
10           sortie un signal basé dessus ;

            un détecteur de diffusion en avant couplé à la seconde extrémité de la fibre optique pour recevoir un signal lumineux en avant émanant de la fibre optique et pour émettre en sortie un signal basé dessus ; et

            un processeur couplé pour recevoir les signaux émanant du détecteur de  
15           rétrodiffusion et du détecteur de diffusion en avant, le processeur étant configuré pour générer un signal de sortie proportionnel à la contrainte entre les deux points fixes sur la base des signaux émanant du détecteur de rétrodiffusion et du détecteur de diffusion en avant.

            Clause 2. Système selon la clause 1, dans lequel la première source de lumière, la  
20           seconde source de lumière et le détecteur de rétrodiffusion sont couplés à la fibre optique par l'intermédiaire d'un raccord 3:1.

            Clause 3. Système selon la clause 1, dans lequel le détecteur de rétrodiffusion comprend un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et  
25           de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première fréquence et de la seconde fréquence.

            Clause 4. Système selon la clause 1, dans lequel le détecteur de diffusion en avant comprend un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et  
30           de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première fréquence et de la seconde fréquence.

Clause 5. Système selon la clause 1, dans lequel la partie centrale de la fibre optique comprend des réseaux de Bragg configurés pour réfléchir la lumière à une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de  
5 la première fréquence et de la seconde fréquence.

Clause 6. Système selon la clause 1, dans lequel la première source de lumière comprend un élément de commande de l'intensité configuré pour avoir une intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour  
10 avoir une fréquence correspondant à la première fréquence.

Clause 7. Système selon la clause 1, dans lequel la seconde source de lumière comprend un élément de commande de l'intensité configuré pour avoir une intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour  
15 avoir une fréquence correspondant à la seconde fréquence.

Clause 8. Système pour mesurer la contrainte entre deux points fixes, comprenant :

une fibre optique ayant une première extrémité, une seconde extrémité, et une partie centrale fixée entre les deux points fixes ;  
20

une première source de lumière émettant en sortie un signal lumineux ayant une première fréquence et couplée à la première extrémité de la fibre optique ;

une seconde source de lumière émettant en sortie un signal lumineux ayant une seconde fréquence différente de la première fréquence et couplée à la première extrémité de la fibre optique ;

un détecteur de rétrodiffusion couplé à la première extrémité de la fibre optique pour recevoir un signal lumineux de retour émanant de la fibre optique et pour émettre en sortie un signal basé dessus ; et  
25

un processeur couplé pour recevoir le signal émanant du détecteur de rétrodiffusion, le processeur étant configuré pour générer un signal de sortie proportionnel  
30 à la contrainte entre les deux points fixes sur la base du signal émanant du détecteur de rétrodiffusion.

Clause 9. Système selon la clause 8, dans lequel la première source de lumière, la seconde source de lumière et le détecteur de rétrodiffusion sont couplés à la fibre optique par l'intermédiaire d'un raccord 3:1.

5 Clause 10. Système selon la clause 8, dans lequel le détecteur de rétrodiffusion comprend un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première fréquence et de la seconde fréquence.

10 Clause 11. Système selon la clause 8, dans lequel la partie centrale de la fibre optique comprend des réseaux de Bragg configurés pour réfléchir la lumière à une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première fréquence et de la seconde fréquence.

15 Clause 12. Système selon la clause 8, dans lequel la première source de lumière comprend un élément de commande de l'intensité configuré pour avoir une intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à la première fréquence.

20 Clause 13. Système selon la clause 8, dans lequel la seconde source de lumière comprend un élément de commande de l'intensité configuré pour avoir une intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à la seconde fréquence.

25 Clause 14. Système selon la clause 8, dans lequel la première source de lumière comprend un élément de commande de l'intensité configuré pour avoir une première intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une première polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à la première fréquence ; dans lequel la seconde source de lumière comprend un élément de commande de l'intensité configuré  
30 pour avoir une seconde intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une seconde polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à la



seconde fréquence ; dans lequel la première intensité prédéterminée est la même que la seconde intensité prédéterminée ; et dans lequel la première polarisation prédéterminée est la même que la seconde polarisation prédéterminée.

5 Clause 15. Système pour mesurer la contrainte entre deux points fixes, comprenant :

une fibre optique ayant une première extrémité, une seconde extrémité, et une partie centrale fixée entre les deux points fixes ;

une première source de lumière émettant en sortie un signal lumineux ayant une première fréquence et couplée à la première extrémité de la fibre optique ;

10 une seconde source de lumière émettant en sortie un signal lumineux ayant une seconde fréquence différente de la première fréquence et couplée à la première extrémité de la fibre optique ;

un détecteur de diffusion en avant couplé à la seconde extrémité de la fibre optique pour recevoir un signal lumineux en avant émanant de la fibre optique et pour  
15 émettre en sortie un signal basé dessus, et

un processeur couplé pour recevoir le signal émanant du détecteur de diffusion en avant, le processeur étant configuré pour générer un signal de sortie proportionnel à la contrainte entre les deux points fixes sur la base du signal émanant du détecteur de diffusion en avant.

20 Clause 16. Système selon la clause 15, dans lequel le détecteur de diffusion en avant comprend un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première fréquence et de la seconde fréquence.

25 Clause 17. Système selon la clause 15, dans lequel la partie centrale de la fibre optique comprend des réseaux de Bragg configurés pour réfléchir la lumière à une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première fréquence et de la seconde fréquence.

30 Clause 18. Système selon la clause 15, dans lequel la première source de lumière comprend un élément de commande de l'intensité configuré pour avoir une intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une

polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à la première fréquence.

Clause 19. Système selon la clause 15, dans lequel la seconde source de lumière comprend un élément de commande de l'intensité configuré pour avoir une intensité  
5 prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à la seconde fréquence.

Clause 20. Système selon la clause 15, dans lequel la première source de lumière comprend un élément de commande de l'intensité configuré pour avoir une première  
10 intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation configuré pour avoir une première polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à la première fréquence ; dans lequel la seconde source de lumière comprend un élément de commande de l'intensité configuré pour avoir une seconde intensité prédéterminée, un élément de commande de la  
15 polarisation configuré pour avoir une seconde polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence configuré pour avoir une fréquence correspondant à la seconde fréquence ; dans lequel la première intensité prédéterminée est la même que la seconde intensité prédéterminée ; et dans lequel la première polarisation prédéterminée est la même que la seconde polarisation prédéterminée.

20 Les caractéristiques, fonctions et avantages qui ont été discutés peuvent être obtenus de façon indépendante dans divers modes de réalisation ou peuvent être combinés dans d'autres modes de réalisation encore, dont les détails supplémentaires peuvent être considérés en référence à la description et aux dessins qui suivent.

La description détaillée qui suit, donnée à titre d'exemple et ne visant pas à limiter  
25 la présente invention uniquement à celle-ci, sera mieux comprise en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 est un schéma de principe d'un système de jauge de contrainte optique non linéaire en temps réel selon un aspect de la présente invention ;

la figure 2 est un schéma de principe d'une source de lumière optique selon un  
30 aspect de la présente description ; et

la figure 3 est un schéma de principe d'un détecteur de diffusion selon un aspect de la présente description.

Dans la présente description, des numéros de référence identiques font référence aux mêmes éléments dans l'ensemble des dessins, qui illustrent divers exemples de mode de réalisation de la présente description.

Le système décrit ici applique un signal source à un détecteur à base de fibre optique qui se compose d'une combinaison de deux signaux différents, chacun ayant une longueur d'onde différente. Il en résulte un signal de retour (à la fois vers l'avant et vers l'arrière) à une troisième longueur d'onde différente prévisible. Le signal de retour sera fonction de et indicateur de la contrainte induite dans la fibre optique car cette contrainte augmente la non linéarité locale de la fibre optique. Ce système non linéaire présente un rapport signal sur bruit beaucoup plus élevé que les systèmes linéaires classiques puisque le signal de retour est émis à une longueur d'onde différente de celles des deux signaux source combinés. Pour un système linéaire, la polarisation est linéairement liée au champ électrique associé au signal lumineux d'entrée, selon l'équation (1) ci-dessous :

$$P(\omega) = \chi * E(\omega) \quad (1)$$

Dans l'équation (1),  $P(\omega)$  représente la polarisation du matériau,  $E(\omega)$  représente le champ électrique et  $\chi$  représente la réponse du matériau à base de fibre optique.  $P(\omega)$ ,  $E(\omega)$  et  $\chi$  sont tous des quantités vectorielles. En revanche, pour un système non linéaire, la relation entre la polarisation et le champ électrique associé au signal lumineux d'entrée comprend des effets (non linéaires) d'ordre supérieur, selon l'équation (2) ci-dessous :

$$P^2(\omega_1 + \omega_2) = \chi^2 * E_1(\omega_1) * E_2(\omega_2) \quad (2)$$

Dans ce cas,  $E_1(\omega_1)$  et  $E_2(\omega_2)$  sont les champs électriques associés aux deux signaux lumineux d'entrée,  $P^2(\omega_1 + \omega_2)$  est la polarisation de deuxième ordre, et  $\chi^2$  représente la réponse de la fibre optique et est une matrice, pas un vecteur, en raison des effets de deuxième ordre. Il existe de nombreuses autres relations non linéaires qui peuvent être appliquées, y compris, par exemple, des effets de troisième ordre qui en découlent basés sur des signaux d'entrée ayant une relation telle que  $2\omega_1 - \omega_2$ .

En se référant maintenant à la figure 1, un système de jauge de contrainte optique non linéaire en temps réel 100 comprend une fibre optique 101 qui est configurée pour

détecter toute contrainte imposée longitudinalement le long de la fibre 101 dans une partie centrale 102 qui est fixée à une structure entre deux points fixes prédéterminés 113, 114. Par exemple, chaque extrémité de la fibre 101 peut être fixée en place dans une structure permanente telle qu'un aéronef, un pont, un propulseur à énergie éolienne, etc., et le système 100 peut être utilisé, conformément à la présente invention, afin de détecter toute contrainte induite dans la fibre 101 par une variation quelconque de la distance entre les deux points fixes 113, 114. Des réseaux de Bragg peuvent être transcrits dans la fibre optique 101 à l'intérieur de la partie centrale 102 pour augmenter le niveau du signal à la fréquence de réponse (et le rapport signal sur bruit), mais ils ne sont pas obligatoires.

Le système 100 comprend une première source de lumière optique 108 et une seconde source de lumière optique 107 (chacune étant décrite ci-dessous). La source de lumière optique 108 est de préférence couplée à une première extrémité d'une fibre optique 105 et la seconde source de lumière optique 107 est de préférence couplée à une première extrémité d'une fibre optique distincte 106. Les secondes extrémités des fibres optiques 106, 105 sont de préférence couplées à un raccord trois-pour-un 103 qui est, à son tour, couplé à une première extrémité de la fibre optique 101. Un détecteur de rétrodiffusion 109 est également couplé au raccord trois-pour-un 104 par l'intermédiaire d'une fibre optique distincte 104 pour recevoir un signal lumineux de retour émanant de la fibre optique 101. Comme l'homme du métier le reconnaîtra aisément, il existe de nombreuses autres possibilités pour coupler la première source de lumière optique 108, la seconde source de lumière optique 107 et le détecteur de rétrodiffusion 109 à la première extrémité de la fibre optique 101 et toutes ces autres possibilités relèvent de la portée de la présente description. En dernier lieu, un détecteur de diffusion en avant 112 est de préférence couplé à la seconde extrémité (à distance) de la fibre optique 101 pour recevoir un signal lumineux en avant émanant de la fibre optique 101. Dans un mode de réalisation actuellement préféré, le signal de contrainte de sortie (discuté ci-dessous) est basé sur les sorties émanant à la fois du détecteur de rétrodiffusion 109 et du détecteur de diffusion en avant 112. Dans une variante de mode de réalisation, le détecteur de diffusion en avant 112 est omis et le signal de contrainte de sortie est uniquement basé sur une sortie émanant du détecteur de rétrodiffusion 109. Dans une autre variante de mode de réalisation, le détecteur de rétrodiffusion 109 est omis et le signal de contrainte de sortie est uniquement basé sur une sortie émanant du détecteur de diffusion en avant 112. Un

processeur 110 est couplé au détecteur de rétrodiffusion 109 et au détecteur de diffusion en avant 112 pour recevoir les signaux émanant de ceux-ci. Le processeur 110 génère un signal de sortie 111 basé sur les signaux émanant du détecteur de rétrodiffusion 109 et du détecteur de diffusion en avant 112.

5           En se référant maintenant à la figure 2, chaque source de lumière optique 108, 107 est configurée pour fournir de la lumière à une longueur d'onde fixe, selon une polarisation fixe et à une intensité fixe. Par exemple, les éléments électroluminescents respectifs 201, 202 peuvent chacun émettre une lumière à des longueurs d'onde  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  différentes. Les éléments électroluminescents 201, 202 peuvent être une source de  
10 lumière quelconque classique utilisée avec des systèmes à fibre optique, par exemple, une diode électroluminescente ou une diode laser. Chaque élément électroluminescent 201, 202 est de préférence pourvu d'éléments de commande de l'intensité 203, 204, d'éléments de commande de la polarisation 205, 206 et d'éléments de commande de la fréquence 207, 208 respectifs, de sorte que les signaux de sortie respectifs 209, 210 ont une intensité, une  
15 polarisation et une fréquence précises et prédéterminées (longueur d'onde). Dans certains cas, seule la fréquence sera différente entre la première source de lumière optique 108 et la seconde source de lumière optique 107. Les commandes d'intensité peuvent inclure des filtres à large bande pour réduire l'intensité ou peuvent faire référence spécifiquement à certains filtres coupe-bande de fréquence qui sont destinés à abandonner les niveaux  
20 d'intensité où les détecteurs peuvent agir de façon linéaire. La commande de la polarisation se fait habituellement par une combinaison de supports optiques sensibles à la polarisation, par exemple, des polariseurs à couches minces, ou des systèmes plus élaborés tels que les systèmes de polariseurs Glan-Thompson ou les systèmes de polariseurs Glan-air. En outre, un dispositif optique basé sur l'angle de Brewster peut être  
25 utilisé pour la sélectivité de la polarisation. Les commandes de la fréquence peuvent être effectuées dans les cas simples par des filtres de couleur dépendant de la fréquence ou des filtres diélectriques et dans les systèmes plus élaborés par un spectrophotomètre qui est généralement composé d'un réseau de diffraction qui fonctionne à une fréquence ou à une bande passante d'intérêt.

30           En se référant maintenant à la figure 3, chacun des détecteurs de diffusion en avant 112 et du détecteur de rétrodiffusion 109 est construit suivant le même mode opératoire et comprend des éléments de commande de l'intensité 301, 302, des éléments

de sélection de la polarisation 303, 304, des éléments de sélection de la fréquence (longueur d'onde) 305, 306 et des détecteurs 307, 308 respectifs. Quand deux signaux lumineux distincts et différents 209, 210 sont appliqués ensemble à la fibre optique 101, le signal de retour (à la fois vers l'avant et vers l'arrière) généré par la contrainte induite sur la fibre optique 101 se produira à une fréquence différente (longueur d'onde) de celles des deux signaux lumineux appliqués 209, 210. Comme l'homme du métier le reconnaîtra aisément, en appliquant deux signaux contrôlés distincts  $E_1(\omega_1)$ ,  $E_2(\omega_2)$  à la fibre optique 101, la réponse du matériau de fibre optique entraîne un effet de deuxième ordre qui a pour résultat un signal de réponse à une fréquence différente (longueur d'onde). Étant donné que les caractéristiques du signal de réponse peuvent être calculées en se fondant sur les signaux appliqués, chacun des éléments de commande de l'intensité 301, 302, des éléments de sélection de la polarisation 303, 304, des éléments de sélection de la fréquence (longueur d'onde) 305, 306, peut être sélectionné pour correspondre à la fréquence de la réponse calculée. En conséquence, les signaux transmis aux détecteurs respectifs 307, 308 seront proportionnels à la réponse du matériau de fibre optique et varieront en fonction d'une cause quelconque appliquée à la fibre optique 101. Les contraintes qui sont produites dans la fibre optique 101 se traduiront par des déplacements mécaniques au niveau microscopique. Ces déplacements mécaniques dans certains cas, se traduiront par des défauts, à savoir, des ruptures microscopiques dans les fibres. Dans les cas moins graves, ils peuvent simplement se traduire par des commandes ou des annulations de commandes du matériau qui constitue la fibre optique. De telles variations microscopiques entraîneront des changements affectant l'hyperpolarisabilité au niveau local et par la suite se manifesteront par des changements macroscopiques dans les susceptibilités non linéaires de deuxième ou de troisième ordre de la fibre optique. Puisque les signaux d'intérêt répondent aux changements dans ces susceptibilités non linéaires, les variations microscopiques dans les contraintes entraînent des variations dans les signaux non linéaires de deuxième et de troisième ordre qui sont mesurés.

En fournissant un signal source non linéaire, le système décrit ici génère un signal de sortie qui présente un rapport signal sur bruit beaucoup plus élevé que les systèmes classiques ayant un signal source linéaire. En outre, l'utilisation d'un signal source non linéaire dans le système décrit ici simplifie les circuits de détection, étant donné que

le signal de retour aura une longueur d'onde prédéterminée, et permet un signal de mesure plus sensible (effectivement en temps réel).

5 Bien que la présente description ait été particulièrement représentée et décrite en référence aux modes de réalisation préférés et aux divers aspects de ceux-ci, l'homme du métier pourra apprécier le fait que divers changements et modifications peuvent leur être apportés sans s'écarter de l'esprit et de la portée de la description. Il est entendu que les revendications annexées doivent être interprétées comme incluant les modes de réalisation décrits ici, les autres possibilités mentionnées ci-dessus, et tous les équivalents de celles-ci.

REVENDICATIONS

1. Système (100) pour mesurer la contrainte entre deux points fixes, comprenant :
- une fibre optique (101) ayant une première extrémité, une seconde extrémité, et une partie centrale (102) fixée entre les deux points fixes (113, 114) ;
- une première source de lumière (108) émettant en sortie un signal lumineux ayant une première fréquence et couplée à la première extrémité de la fibre optique (105) ;
- 5 une seconde source de lumière (107) émettant en sortie un signal lumineux ayant une seconde fréquence différente de la première fréquence et couplée à la première extrémité de la fibre optique (106) ;
- un détecteur de rétrodiffusion (109) couplé à la première extrémité de la fibre optique (104) pour recevoir un signal lumineux de retour émanant de la fibre optique et pour émettre en sortie un signal basé dessus ;
- 10 un détecteur de diffusion en avant (112) couplé à la seconde extrémité de la fibre optique (101) pour recevoir un signal lumineux en avant émanant de la fibre optique et pour émettre en sortie un signal basé dessus ; et
- 15 un processeur (110) couplé pour recevoir les signaux émanant du détecteur de rétrodiffusion (109) et le détecteur de diffusion en avant (112), le processeur étant configuré pour générer un signal de sortie (111) proportionnel à la contrainte entre les deux points fixes sur la base des signaux émanant du détecteur de rétrodiffusion et du détecteur de diffusion en avant.
- 20
2. Système selon la revendication 1, dans lequel la première source de lumière (108), la seconde source de lumière (107) et le détecteur de rétrodiffusion (109) sont couplés à la fibre optique par l'intermédiaire d'un raccord 3:1 (103).
- 25
3. Système selon la revendication 1, dans lequel le détecteur de rétrodiffusion (109) comprend un élément de commande de la fréquence (306) configuré pour avoir une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première fréquence et de la seconde fréquence.



4. Système selon la revendication 1, dans lequel le détecteur de diffusion en avant comprend un élément de commande de la fréquence (305) configuré pour avoir une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de  
5 la première fréquence et de la seconde fréquence.
5. Système selon la revendication 1, dans lequel la partie centrale (102) de la fibre optique comprend des réseaux de Bragg configurés pour réfléchir la lumière à une fréquence correspondant à une fréquence de réponse calculée sur la base de la première fréquence et  
10 de la seconde fréquence, la fréquence de réponse calculée étant différente de la première fréquence et de la seconde fréquence.
6. Système selon la revendication 1, dans lequel la première source de lumière (108) comprend un élément de commande de l'intensité (203) configuré pour avoir une intensité  
15 prédéterminée, un élément de commande de la polarisation (205) configuré pour avoir une polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence (207) configuré pour avoir une fréquence correspondant à la première fréquence.
7. Système selon la revendication 1, dans lequel la seconde source de lumière (107)  
20 comprend un élément de commande de l'intensité (204) configuré pour avoir une intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation (206) configuré pour avoir une polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence (208) configuré pour avoir une fréquence correspondant à la seconde fréquence.
- 25 8. Système selon la revendication 1, dans lequel la première source de lumière (108) comprend un élément de commande de l'intensité (203) configuré pour avoir une première intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation (205) configuré pour avoir une première polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence ( 207) configuré pour avoir une fréquence correspondant à la  
30 première fréquence ; dans lequel la seconde source de lumière (107) comprend un élément de commande de l'intensité (204) configuré pour avoir une seconde intensité prédéterminée, un élément de commande de la polarisation (206) configuré pour avoir

une seconde polarisation prédéterminée et un élément de commande de la fréquence (208) configuré pour avoir une fréquence correspondant à la seconde fréquence ; dans lequel la première intensité prédéterminée est la même que la seconde intensité prédéterminée ; et dans lequel la première polarisation prédéterminée est la même que la seconde polarisation prédéterminée.

5

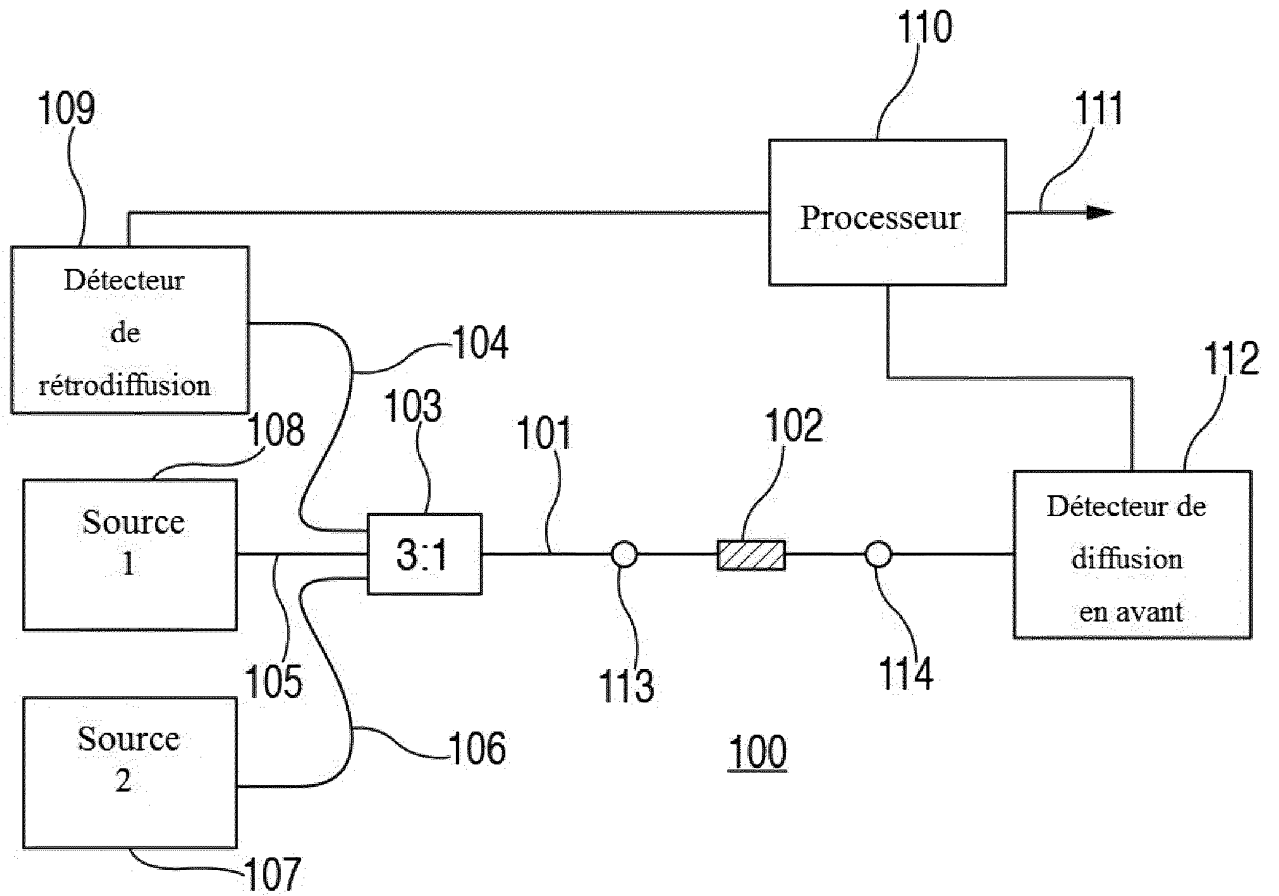
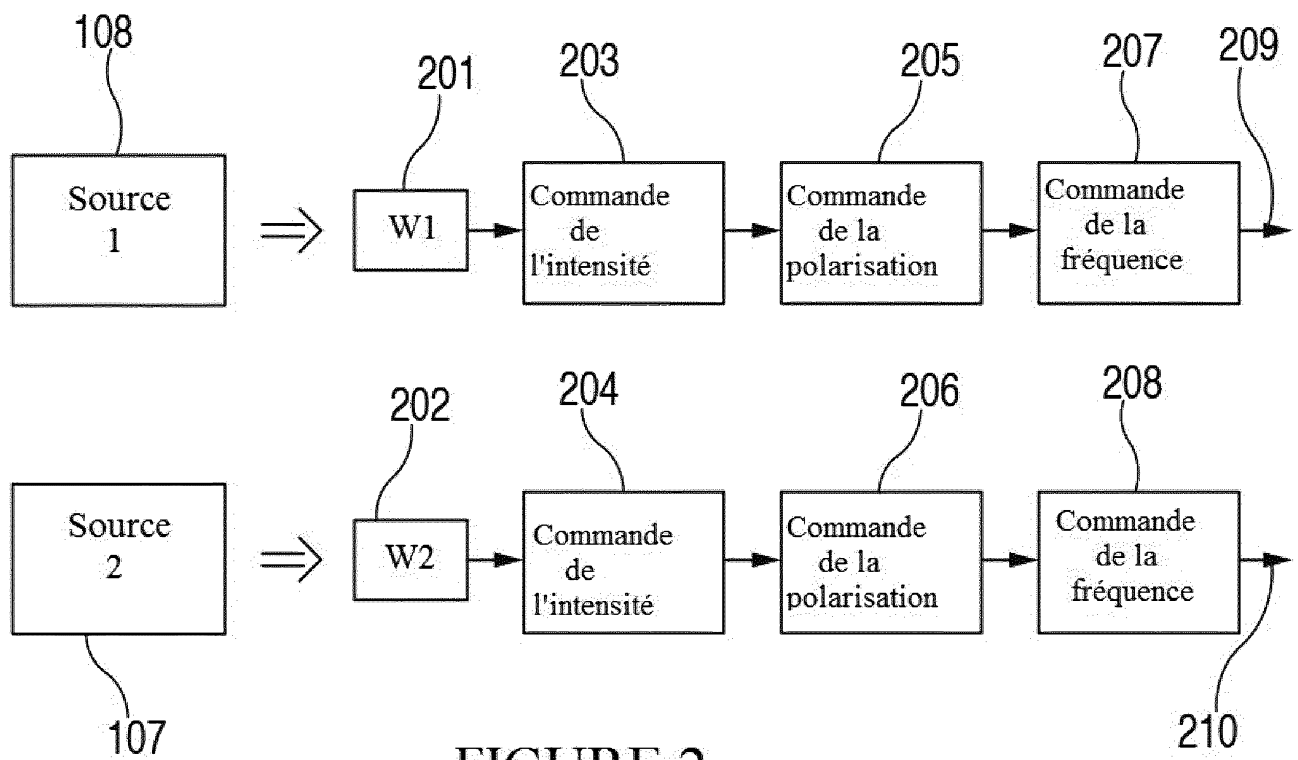
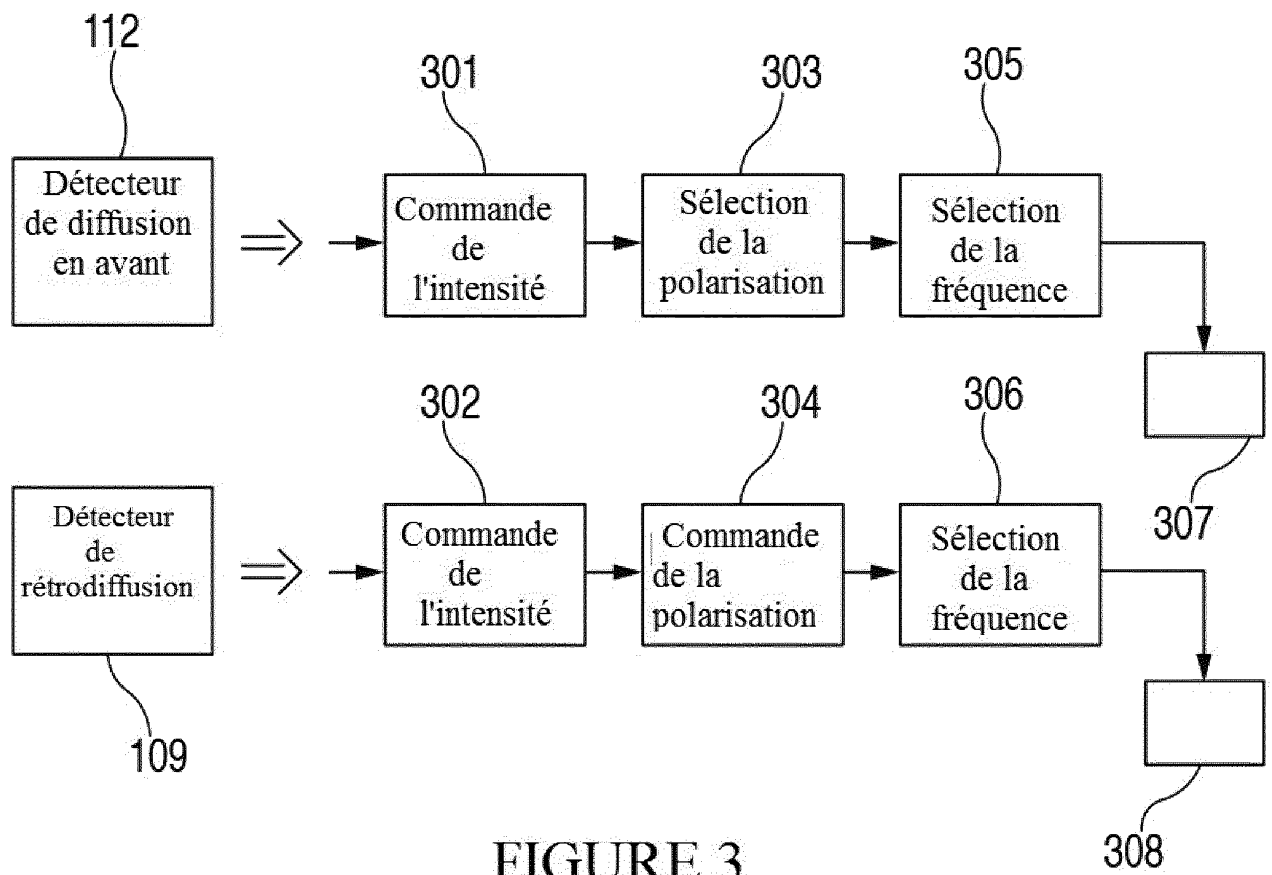


FIGURE 1





# 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**

EP 1760424 A1 (NEUBREX CO LTD [JP])  
07 mars 2007 (2007-03-07)

US 2004113055 A1 (WHELAN MAURICE PATRICK [IT] ET AL.)  
17 juin 2004 (2004-06-17)

US 2011228255 A1 (LI CHE-HSIEN [JP] ET AL.)  
22 septembre 2011 (2011-09-22)

US 6813403 B2 (TENNYSON RODERICK C [CA])  
02 novembre 2004 (2004-11-02)

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

NEANT

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

NEANT