

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
12 juin 2014 (12.06.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/087102 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01N 21/35 (2014.01) G01N 21/31 (2006.01)
G01N 21/27 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/052940

(22) Date de dépôt international :
4 décembre 2013 (04.12.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1261757 7 décembre 2012 (07.12.2012) FR
1261758 7 décembre 2012 (07.12.2012) FR

(71) Déposant : SP3H [FR/FR]; Bâtiment Laennec - BP 40022,
Domaine du Petit Arbois, F-13545 Aix-en-Provence Cedex
4 (FR).

(72) Inventeurs : OBERTI, Sylvain; 61 Cours Franklin Roose-
velt, F-13004 Marseille (FR). FOURNEL, Johan; 168
Chemin de Canto Plouro, F-84440 Robion (FR).

(74) Mandataires : DE ROQUEMAUREL, Bruno et al.; Ca-
binet Omnipat, 24 Place des Martyrs de la Résistance, F-
13100 Aix en Provence (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

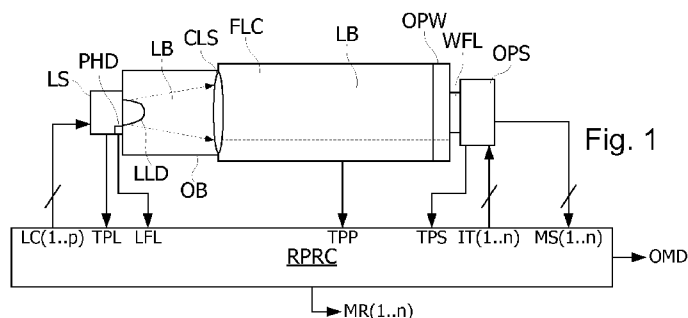
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : ONBOARD DEVICE AND METHOD FOR ANALYZING FLUID IN A HEAT ENGINE

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF EMBARQUE D'ANALYSE DE FLUIDE DANS UN MOTEUR THERMIQUE



(57) Abstract : The invention relates to a method of controlling a product analysis spectrometer, the method comprising steps consisting in: acquiring a measurement (LFL, TPL) representative of the operation of a light source (LS), determining as a function of the measurement a value of supply current (LCx) of the light source, and/or a value of duration of integration (ITy) of photosensitive cells (y) of a sensor (OPS), which are disposed on a path of a light beam (LB) emitted by the light source and having interacted with a product to be analyzed, and if the value of duration of integration and/or of supply current lies between threshold values, providing to the light source a supply current corresponding to the determined value of supply current, adjusting the duration of integration of a photosensitive cell to the determined value of duration of integration, and acquiring measurements of luminous intensity (MSy) which are provided by the sensor, making it possible to form a spectrum.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de commande d'un

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/087102 A1



spectromètre d'analyse d'un produit, le procédé comprenant des étapes consistant à: acquérir une mesure (LFL, TPL) représentative du fonctionnement d'une source de lumière (LS), déterminer en fonction de la mesure, une valeur de courant d'alimentation (LCx) de la source de lumière, et/ou une valeur de durée d'intégration (ITy) de cellules photosensibles (y) d'un capteur (OPS), disposées sur un trajet d'un faisceau lumineux (LB) émis par la source de lumière et ayant interagi avec un produit à analyser, et si la valeur de durée d'intégration et/ou de courant d'alimentation est comprise entre des valeurs de seuil, fournir à la source de lumière un courant d'alimentation correspondant à la valeur déterminée de courant d'alimentation, ajuster la durée d'intégration d'une cellule photosensible à la valeur déterminée de durée d'intégration, et acquérir des mesures d'intensité lumineuse (MSy) fournies par le capteur, permettant de former un spectre.

PROCEDE ET DISPOSITIF EMBARQUE D'ANALYSE DE FLUIDE DANS UN MOTEUR THERMIQUE

La présente invention concerne l'analyse de fluides par spectrométrie. La présente invention s'applique notamment mais non exclusivement à l'analyse de fluides dans un moteur thermique, et en particulier à l'analyse des hydrocarbures utilisés comme carburant d'un tel
5 moteur. Cette analyse concerne tous les moteurs thermiques, que ce soit ceux utilisés dans les transports terrestres, maritimes et aériens, les moteurs militaires ou les moteurs stationnaires.

Le durcissement des normes environnementales impose aux différents constructeurs ou utilisateurs de moteurs thermiques de rechercher
10 des gains de consommation de carburant et de réduction des émissions polluantes des moteurs. Or il s'avère que certaines caractéristiques du carburant comme sa composition, ont une influence directe sur les performances et le bon fonctionnement des moteurs thermiques. Il s'avère également que certaines de ces caractéristiques sont particulièrement
15 variables en ce qui concerne les carburants à base d'hydrocarbures, notamment en fonction de la provenance du carburant. On estime en effet que certaines caractéristiques comme la composition des carburants à base d'hydrocarbures, peuvent varier de 15 à 40% ou davantage. Or la connaissance de ces caractéristiques permet de déterminer certains
20 paramètres de réglage du moteur afin de réduire la consommation et les émissions polluantes du moteur. De plus, la connaissance qualitative du carburant peut aussi permettre de détecter des pollutions ou anomalies de ce carburant et ainsi de prévenir des dommages sur le moteur ou le véhicule en général.

25 Il est donc souhaitable d'analyser les caractéristiques comme la composition du carburant alimentant un moteur thermique, et de tenir compte des résultats obtenus pour ajuster des paramètres de fonctionnement du moteur. A cet effet, la spectrométrie proche infrarouge (de 700 à 2500 nm) s'avère adaptée à l'analyse d'hydrocarbures ou de
30 mélanges d'hydrocarbures.

Un capteur basé sur le principe de la spectrométrie notamment en proche infrarouge, comprend généralement un spectromètre et un calculateur de traitement de données permettant de transformer les signaux de sortie bruts (spectre brut) du spectromètre en information qualitative sur le produit à mesurer. Le spectromètre comprend une source de lumière qui couvre au moins une bande de longueurs d'ondes dans laquelle l'analyse doit être effectuée, une cellule de mesure dans laquelle interagissent la lumière produite par la source de lumière et le produit à analyser, et un capteur qui fournit un spectre de la lumière en sortie de la cellule de mesure.

Le spectromètre peut mesurer le spectre du produit à analyser en transmission, en réflexion ou en absorbance d'un faisceau de lumière émis par la source de lumière. Un spectromètre est caractérisé principalement par sa gamme d'analyse spectrale (largeur et position du spectre généré), sa finesse d'analyse ou le nombre de points de mesure constituant le spectre généré, et sa précision de mesure.

Les spectromètres actuels, généralement conçus pour les laboratoires ou des applications industrielles complexes et coûteuses, ne sont donc guère adaptés à l'environnement d'un moteur thermique, et en particulier à celui de l'automobile, où ils peuvent subir des vibrations intenses et des températures extrêmes. En plus de leur grande complexité, de leur coût élevé, de leur encombrement relativement important, et de la nécessité de maintenance, ces appareils nécessitent de nombreux composants optiques imposant de sévères contraintes d'alignement, de manipulation et de stockage.

Il est donc souhaitable de réaliser un spectromètre qui soit compatible avec une production en grande série, à un coût adapté à celui des composants automobiles, et qui soit adapté à l'environnement automobile. A cet effet, l'usage d'une ou plusieurs diodes électroluminescentes (LED) comme source de lumière apparaît particulièrement adapté.

Toutefois, il s'avère que le spectre mesuré, qui est caractéristique de la qualité et/ou de la composition du produit à analyser, se trouve affecté par des facteurs extérieurs, comme la température, ainsi que par les caractéristiques du spectre du faisceau lumineux interagissant avec le produit à analyser. Or les diodes LED vieillissent, si bien que leur spectre d'émission varie dans le temps comme exposé dans l'article du LED Journal "LED lighting Life Prediction" de Jianzhong Jiao, Ph.D., Director of

Regulations & Emerging Technologies, Osram Opto Semiconductors, Inc., Oct. 2009. En outre, il est connu et démontré que la spectrométrie en proche infrarouge en général est sensible à la température (comme exposé par exemple dans la publication "On-line monitoring of batch cooling crystallization of organic compounds using ATR-FTIR spectroscopy coupled with an advanced calibration method" - Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 96 (2009) 49–58, Zeng-Ping Chen, Julian Morris, Antonia Borissova, Shahid Khan, Tariq Mahmud, Rado Penchev, Kevin J. Roberts). La spectrométrie en proche infrarouge utilisant une source de lumière à base de diode LED s'avère donc particulièrement sensible à la température. En effet, le spectre d'émission d'une diode LED varie de manière significative autant en intensité qu'en décalage de longueur d'onde d'un pic maximum, lorsque la température varie de quelques degrés seulement, comme en atteste la publication "Temperature Dependence Of LED and its Theoretical Effect on Pulse Oximetry", British Journal of Anaesthesia, 1991, Vol.67, No 5 638-643 (K. J. Reynolds, B.A., M.SC., J. P. De Kock, B.A., L. Tarassenko, M.A., D.PHIL., C.EKG., M.I.E.E. and J. T. B. Moyle, M.B., B.S., I.ENG., M.rNST.M.c, M.I.ELEC.I.E.).

Or un capteur associé à un moteur thermique, embarqué notamment dans un véhicule doit pouvoir fonctionner dans une gamme de température très large (selon l'application, les standards actuels imposent une gamme de température allant de -40°C jusqu'à +105°C, voire jusqu'à +150°C). Par ailleurs, les capteurs embarqués sont censés garantir une longue durée de vie (en fonction de l'application, les standards actuels imposent quelques milliers d'heures à plusieurs dizaines de milliers d'heures). Il est donc crucial pour assurer le bon fonctionnement du spectromètre de pouvoir gérer en temps réel l'influence de la température et du vieillissement de la source de lumière pour assurer une détermination qualitative du produit à analyser qui soit précise et robuste.

Il est donc également souhaitable de réaliser un spectromètre présentant un signal spectral stable, et un rapport signal/bruit le plus constant possible, et ceci dans une large plage de variation de la température ambiante et sur une longue durée de fonctionnement.

Des modes de réalisation concernent un procédé de commande d'un spectromètre d'analyse d'un produit, comprenant des étapes d'émission d'un faisceau lumineux par une source de lumière du spectromètre, de transmission du faisceau lumineux à un produit à analyser avec lequel il

interagit, et d'acquisition de mesures d'intensité lumineuse permettant de former un spectre, au moyen d'un capteur du spectromètre, disposé sur un trajet du faisceau lumineux après avoir interagi avec le produit à analyser. Selon un mode de réalisation, l'acquisition de mesures d'intensité lumineuse, comprend des étapes consistant à : acquérir en présence du produit à analyser une mesure représentative du fonctionnement de la source de lumière du spectromètre et indépendante du produit à analyser, déterminer en fonction de la mesure de fonctionnement, une valeur de courant d'alimentation de la source de lumière, et si la valeur de courant d'alimentation est comprise entre des valeurs de seuil, fournir à la source de lumière un courant d'alimentation correspondant à la valeur déterminée de courant d'alimentation, et/ou déterminer en fonction de la mesure de fonctionnement, une valeur de durée d'intégration de cellules photosensibles du capteur, et si la valeur de durée d'intégration est comprise entre des valeurs de seuil, ajuster la durée d'intégration des cellules photosensibles à la valeur déterminée de durée d'intégration.

Selon un mode de réalisation, de nouvelles valeurs du courant d'alimentation de la source de lumière et/ou de durée d'intégration sont déterminées et un courant d'alimentation correspondant à la valeur déterminée de courant d'alimentation est fourni à la source de lumière, tant que la valeur déterminée de durée d'intégration n'est pas comprise entre les valeurs de seuil.

Selon un mode de réalisation, la mesure représentative du fonctionnement de la source de lumière est une mesure d'intensité lumineuse produite directement par la source de lumière, et/ou une mesure de la température de la source de lumière et/ou une mesure d'intensité et/ou de tension d'alimentation de la source de lumière.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend des étapes de test d'autodiagnostic comprenant au moins l'une des comparaisons suivantes : des comparaisons pour déterminer si les mesures représentatives du fonctionnement de la source de lumière sont cohérentes entre elles et avec le courant d'alimentation fourni à la source de lumière, des comparaisons du courant d'alimentation fourni à la source de lumière à des valeurs minimum et maximum, et si l'une des comparaisons révèle un

défaut, le spectromètre est passé dans un mode de fonctionnement dégradé ou de défaut.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend une étape de correction des mesures d'intensité lumineuse tenant compte d'un écart de la
5 température du produit à analyser et/ou de la température du capteur avec une température de référence, de manière à obtenir des mesures d'intensité lumineuse corrigées résultant de mesures effectuées à la température de référence, les mesures corrigées formant un spectre corrigé.

Selon un mode de réalisation, la source lumineuse comprend
10 plusieurs diodes électroluminescentes ayant des spectres distincts couvrant une bande de longueur d'onde d'analyse, le procédé comprenant des étapes successives d'allumage de chacune des diodes électroluminescentes, d'obtention d'un spectre corrigé pour chaque diode, et de sommation des spectres corrigés obtenus en appliquant des coefficients de pondération,
15 pour obtenir un spectre résultant.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend une étape de moyennage de plusieurs spectres résultants, le nombre de spectres moyennés pouvant dépendre d'un mode de fonctionnement, normal ou dégradé, du spectromètre.

20 Selon un mode de réalisation, le procédé comprend une calibration du spectromètre, comprenant : des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum de correspondance de mesures d'intensité lumineuse produite directement par la source lumineuse avec des valeurs de consigne de courant d'alimentation de la source lumineuse et/ou avec la température
25 de la source lumineuse, et/ou des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum de consigne de courant d'alimentation de la source lumineuse, et/ou des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum de temps d'intégration des cellules photosensibles du capteur, et/ou des étapes réalisées en présence d'un ou plusieurs produits de
30 référence, de détermination d'une fonction fournissant un temps d'intégration optimal d'une cellule photosensible du capteur en fonction d'une intensité lumineuse produite par la source lumineuse, et/ou des étapes réalisées en présence d'un ou plusieurs produits de référence, durant lesquelles on fait varier de manière indépendante la température de
35 la source lumineuse et/ou la température du capteur et/ou la température du

produit de référence, on collecte des mesures d'intensité lumineuse fournies par le capteur, les valeurs de consigne de courant d'alimentation de la source lumineuse, les temps d'intégration du capteur, et des mesures de température, et on détermine une fonction fournissant une mesure
5 d'intensité lumineuse corrigée correspondant à une température de référence, en fonction des mesures collectées.

Des modes de réalisation peuvent également concerner un spectromètre comprenant une source de lumière émettant un faisceau lumineux, un capteur comprenant des cellules photosensibles disposées sur
10 un trajet du faisceau lumineux après avoir interagi avec un produit à analyser, et un dispositif de commande commandant un courant d'alimentation de la source lumineuse, et une durée d'intégration des cellules photosensibles, le dispositif de commande étant configuré pour mettre en œuvre le procédé tel que précédemment défini.

15 Selon un mode de réalisation, la source lumineuse comprend plusieurs diodes électroluminescentes présentant des spectres d'émission différents pour couvrir une bande de longueur d'onde d'analyse, et une photodiode pour mesurer l'intensité lumineuse du faisceau lumineux émis par les diodes électroluminescentes avant que le faisceau lumineux
20 interagisse avec le produit à analyser.

Selon un mode de réalisation, la source lumineuse est configurée pour fournir au dispositif de commande des tensions et/ou des courants d'alimentation des diodes électroluminescentes.

25 Selon un mode de réalisation, les diodes électroluminescentes sont intégrées dans un même composant électronique, éventuellement avec la photodiode et/ou un capteur de température.

Selon un mode de réalisation, le spectromètre comprend un capteur de température fournissant des mesures de la température de la source lumineuse, et/ou un capteur de température fournissant des mesures de la
30 température du capteur, et/ou un capteur de température fournissant des mesures de la température du produit à analyser.

Selon un mode de réalisation, le spectromètre comprend une cellule de mesure dans laquelle un produit à analyser interagit avec le faisceau lumineux, un élément optique de collimation pour conformer le faisceau en
35 sortie de la source lumineuse et le transmettre à la cellule de mesure, un

5 filtre de longueur d'onde configuré pour étaler spatialement les différentes longueurs d'onde du faisceau lumineux en sortie de la cellule de mesure et les transmettre à différentes cellules photosensibles du capteur, la source lumineuse, l'élément optique, la cellule de mesure, le filtre et le capteur étant
assemblés de manière à ne former aucune zone d'air susceptible d'être traversée par le faisceau lumineux entre la source de lumière et le capteur.

Des exemples de réalisation de l'invention et de mise en oeuvre du procédé de l'invention seront décrits dans ce qui suit, à titre non limitatif en
10 relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 représente schématiquement un spectromètre selon un mode de réalisation,

la figure 2 représente schématiquement un circuit électronique de commande d'une source de lumière du spectromètre, selon un mode de
15 réalisation,

les figures 3A et 3B représentent des spectres d'émission de diodes LED, sous la forme de courbes de variation d'intensité lumineuse émise en fonction de la longueur d'onde,

la figure 4 représente une séquence d'étapes exécutée par un processeur de régulation du spectromètre, selon un mode de réalisation,
20

la figure 5 représente un graphique définissant des zones de fonctionnement du spectromètre.

La figure 1 représente un spectromètre conçu notamment pour répondre aux contraintes spécifiques d'un capteur embarqué sur un véhicule
25 ou un moteur thermique. Le spectromètre comprend :

- une source de lumière LS émettant un faisceau lumineux LB,
- un élément optique CLS à base de lentilles pour conformer le faisceau LB produit par la source LS,
- une cellule de mesure FLC dans laquelle un produit à analyser interagit
30 avec le faisceau LB,
- un filtre de longueur d'onde WFL permettant d'étaler spatialement les différentes longueurs d'onde du faisceau LB en sortie de la cellule FLC, et
- un capteur OPS qui fournit des mesures permettant de constituer un spectre de la lumière en sortie du filtre WFL.

35 La source de lumière LS couvre au moins une bande de longueurs d'ondes dite d' "analyse" dans laquelle les mesures de spectre doivent être

effectuées. L'élément optique CLS transforme la géométrie du faisceau LB et l'introduit dans la cellule de mesure FLC. L'élément optique CLS peut par exemple comprendre une lentille de collimation qui rend le faisceau LB à rayons parallèles. La cellule FLC comprend une fenêtre de sortie OPW transmettant au capteur OPS la lumière qui a interagi avec le produit à analyser. Le capteur OPS comprend plusieurs cellules photosensibles (n cellules) et reçoit la lumière transmise par la fenêtre OPW au travers du filtre WFL. Le filtre WFL répartit les longueurs d'onde composant la lumière transmise par la cellule de mesure FLC sur les cellules photosensibles du capteur OPS, de manière à ce que chaque cellule du capteur OPS ne reçoive qu'une plage de longueurs d'onde réduite appartenant à la bande de longueurs d'onde correspondant au spectre à générer. Le filtre WFL peut être par exemple de type Fabry-Perot, ou de type linéaire variable et générer une dispersion spatiale des longueurs d'onde de l'ordre de 20 à 50 nm/mm. Le capteur OPS peut être de type CCD ou CMOS, et comprendre une barrette de 20 à 200 cellules photosensibles.

La source lumineuse LS comprend une ou plusieurs diodes électroluminescentes LED (p diodes LED), qui peuvent être intégrées dans un unique composant électronique associé à une unique lentille LLD concentrant les rayons lumineux émis par les diodes en un faisceau d'angle solide faible. Le courant d'alimentation, ou la tension directe de chacune des diodes LED, peut être mesuré électroniquement par des moyens conventionnels connus de l'homme de l'art. La source lumineuse LS peut être fixée à l'élément optique CLS par l'intermédiaire d'un bloc optique OB traversé par le faisceau lumineux LB émis par la source LS, de manière à ne pas emprisonner d'air dans la zone traversée par le faisceau. Le bloc optique OB est transparent aux longueurs d'ondes à analyser et peut être plein ou bien creux et rempli d'un fluide inerte. Les faces latérales du bloc OB, non traversées par le faisceau lumineux issu de la source SL, peuvent être recouvertes d'un revêtement opaque pour empêcher des fuites de lumière par ces faces.

Le filtre WFL est fixé sur la fenêtre OPW, de manière à ne pas emprisonner d'air, directement ou par l'intermédiaire d'un bloc optique présentant les mêmes caractéristiques que celles du bloc optique OB mentionnées précédemment. De même, le filtre WFL est fixé sur une fenêtre d'entrée du capteur OPS de manière à ne pas emprisonner d'air, directement ou par l'intermédiaire d'un bloc optique pouvant présenter les

même caractéristiques que celles du bloc optique OB mentionnées précédemment.

De cette manière, le spectromètre peut être monobloc, ce qui le rend facile à stocker et à manipuler industriellement. L'alignement des différents éléments optiques composant le spectromètre peut ainsi être ajusté une fois
5 pour toutes lors de la fabrication du spectromètre. L'absence d'air dans la zone traversée par le faisceau lumineux LB entre la source LS et le capteur OPS permet également de s'affranchir de tout risque de condensation de vapeur d'eau dans cette zone, la présence de gouttelettes d'eau sur le trajet
10 du faisceau LB pouvant en effet perturber l'analyse du produit dans la cellule de mesure FLC.

Le spectromètre est contrôlé par un dispositif de commande et de régulation RPRC qui régule le courant d'alimentation LCx (x étant un nombre entier compris entre 1 et p) de chaque diode LED de la source de lumière
15 LS, ainsi qu'un temps d'intégration ITy (y étant un nombre entier compris entre 1 et n) de chaque cellule photosensible y du capteur OPS, en fonction de différents paramètres comprenant au moins l'un des paramètres suivants : l'intensité lumineuse LFL émise par la source de lumière LS, et mesurée par une photodiode PHD qui peut être intégrée dans la source LS,
20 la température TPL de la source LS, la température TPP du produit à analyser, et la température TPS du capteur OPS. Le temps d'intégration ITy d'une cellule photosensible y correspond au temps pendant lequel un puits de potentiel de la cellule photosensible est laissé en charge sous l'effet d'un flux lumineux.

25 Selon un mode de réalisation, le dispositif de régulation RPRC réalise une régulation en mode bouclé, à la fois du courant d'alimentation LCx des diodes LED de la source LS, et du temps d'intégration ITy des cellules photosensibles du capteur OPS. Lorsque le temps d'intégration ITy a atteint une valeur limite, sans qu'un signal satisfaisant (compris entre deux valeurs
30 limites) soit obtenu en sortie du capteur OPS, l'intensité ou la tension du courant d'alimentation LCx de la source lumineuse est ajustée. Cette régulation vise à stabiliser le signal reçu par chacune des cellules photosensibles du capteur, et ainsi à minimiser les impacts de facteurs extérieurs au produit à analyser lui-même, tels que des variations de la
35 température ambiante ou le vieillissement des diodes LED de la source LS. Cette régulation vise à permettre au spectromètre de fonctionner dans une très large gamme de températures, tout en conservant un rapport

signal/bruit relativement constant dans le temps et homogène en fonction de la longueur d'onde, et donc une sensibilité de mesure sensiblement constante.

Le temps d'intégration ITy du capteur OPS peut être ajusté
5 individuellement pour chaque cellule photosensible du capteur OPS, ou globalement pour toutes les cellules photosensibles, par exemple en choisissant comme temps d'intégration global, la valeur minimum des temps d'intégration ITy déterminés pour chacune des cellules y du capteur.

Le dispositif de régulation RPRC reçoit une mesure d'intensité
10 lumineuse MSy pour chaque cellule y du capteur OPS, et peut fournir des mesures MSCy corrigées en fonction de différents paramètres comme la température TPP du produit à analyser et/ou la température TPS du capteur OPS.

La figure 2 représente un circuit électronique de commande LSCC de
15 la source de lumière LS, selon un mode de réalisation. Sur la figure 2, le circuit LSCC est connecté à la source LS et est relié au dispositif de régulation RPRC par l'intermédiaire d'un module de conversion CVM comprenant plusieurs convertisseurs analogiques / numériques et plusieurs convertisseurs numériques / analogiques. La source de lumière LS
20 comprend plusieurs diodes LED LD1, LD2, LD3, LD4, et une photodiode PHD. Le circuit LSCC comprend des circuits de régulation de courant REG1, REG2, REG3, REG4, des amplificateurs à gain ajustable A1, A2, A3, A4, un amplificateur AMP et des résistances R1, R2, R3, R4. La photodiode PHD est reliée par l'intermédiaire de l'amplificateur AMP à un convertisseur
25 analogique/numérique du module de conversion CVM, qui fournit au dispositif RPRC des valeurs numériques de mesures d'intensité lumineuse LFL. La cathode de chaque diode LD1 à LD4 est connectée à la masse. L'anode de chaque diode LD1 à LD4 est connectée à la sortie d'un des amplificateurs A1 à A4. Chaque amplificateur A1 à A4 est relié à une source
30 de tension d'alimentation AV par l'intermédiaire d'une des résistances R1 à R4. Chaque amplificateur A1 à A4 reçoit sur une entrée de commande de gain un signal de commande de courant AC1 à AC4 émis par l'un des régulateurs REG1 à REG4. Chaque régulateur REG1 à REG4 effectue une mesure du courant d'alimentation I1 à I4 de la diode LD1 à LD4 à laquelle il
35 est connecté. Chaque régulateur REG1 à REG4 reçoit une valeur de courant de consigne LC1 à LC4 fournie sous forme numérique par le dispositif de régulation RPRC et convertie par un convertisseur numérique/analogique du

module CVM. Chaque régulateur REG1 à REG4 régule l'un des signaux de commande de courant AC1 à AC4 en fonction de la valeur du courant de consigne LC1 à LC4 qu'il reçoit et en fonction de l'intensité du courant I1 à I4 qu'il mesure à la sortie de l'amplificateur A1 à A4 dont il commande le gain, de manière à ce que le courant I1 à I4 mesuré corresponde à la valeur du courant de consigne LC1 à LC4.

Le circuit LSCC ou la source de lumière LS peut comprendre un capteur de température TSS pour mesurer la température de la source LS. Le capteur de température TSS est alors connecté à un convertisseur analogique numérique du module CVM, qui fournit au dispositif RPRC des valeurs numériques de mesures de température TPL de la source LS.

Chaque régulateur REG1 à REG4 peut transmettre la mesure de courant I1 à I4 à un convertisseur analogique/numérique du module CVM, qui transmet à son tour une valeur numérique correspondante au dispositif RPRC. De même, l'anode de chaque diode LD1 à LD4 peut être également connectée à un convertisseur analogique numérique du module CVM, qui fournit au dispositif RPRC une valeur numérique représentative de la tension V1 à V4 à l'anode de la diode. Par ailleurs, les diodes LD1 à LD4 et éventuellement la photodiode PHD peuvent être formées sur un même substrat semi-conducteur et intégré dans un même composant. Le dispositif RPRC peut comprendre un connecteur pour se connecter au moyen d'un bus série ou parallèle DTB à un ordinateur et pour transmettre des spectres de mesure MR(1..n) et un état de fonctionnement OMD, et éventuellement d'autres signaux par exemple relatifs aux mesures effectuées sur le spectromètre.

Dans l'exemple de la figure 2, la source de lumière LS comprend quatre diodes LEDs. Chaque diode LED peut émettre de la lumière ayant un spectre de la forme d'une courbe de Gauss dissymétrique. Ainsi, la figure 3A représente des spectres d'émission des diodes LD1 à LD4, sous la forme de courbes C1 à C4 de variation d'intensité lumineuse émise en fonction de la longueur d'onde. Les courbes C1 à C4 de la figure 3A, ont été obtenues à courant d'alimentation constant et identique pour toutes les diodes LD1 à LD4. Les valeurs d'intensité lumineuse indiquées sur l'axe des ordonnées sont des valeurs normalisées. Dans l'exemple de la figure 3A, la courbe C1 du spectre de la diode LD1 présente une intensité maximum à 1 à une longueur d'onde égale à environ 850 nm. La courbe C2 du spectre de la diode LD2 présente une intensité maximum à environ 0.92 à une longueur

d'onde égale à environ 890 nm. La courbe C3 du spectre de la diode LD3 présente une intensité maximum à environ 0.41 à une longueur d'onde égale à environ 940 nm. La courbe C4 du spectre de la diode LD4 présente une intensité maximum à environ 0.22 à une longueur d'onde égale à environ 970 nm. Il peut être noté sur la figure 3A que plus la longueur d'onde de l'intensité lumineuse maximum émise par la diode LD1 à LD4 est élevée, plus cette intensité est faible.

La figure 3B représente sous la forme de courbes C1' à C4' de variation d'intensité lumineuse émise en fonction de la longueur d'onde, les spectres d'émission des diodes LD1 à LD4 après ajustement du courant d'alimentation LC1 à LC4 de chaque diode LD1 à LD4 par le dispositif de régulation RPRC. Sur la figure 3B, les courbes C1' à C4' présentent toutes une valeur d'intensité normalisée maximum à 1. La figure 3B représente également sous la forme d'une courbe CR, le spectre d'émission combiné émis lorsque les diodes LD1 à LD4 sont allumées en même temps, avec leur courant d'alimentation LC1 à LC4 ajusté. Il est à noter que les valeurs numériques apparaissant dans les figures 3A et 3B sont données à titre d'exemple et peuvent varier notamment en fonction des conditions de fabrication des diodes.

La figure 4 représente une séquence d'étapes qui peut être exécutée par le dispositif de régulation RPRC. Sur la figure 4, la séquence d'étapes comprend des étapes S1 à S18. A l'étape S1, le dispositif RPRC ajuste à une valeur de consigne LCx le courant d'alimentation (intensité ou tension) d'une diode LDx de la source de lumière LS (x variant de 1 à 4 dans l'exemple de la Figure 2). La valeur LCx est celle d'une valeur initiale prédéfinie ou une valeur précédemment appliquée à la diode LDx. Aux étapes suivantes S2 et S3, le dispositif RPRC reçoit une mesure d'intensité lumineuse LFL provenant de la photodiode PHD et éventuellement une mesure de température TPL provenant du capteur TSS. Aux étapes S4 et S5 suivantes, le dispositif RPRC détermine par comparaison si les mesures d'intensité lumineuse LFL et de température TPL reçues sont cohérentes entre elles et avec le courant LCx fourni à la diode LDx. Ces étapes peuvent être réalisées à partir d'abaques de variation de l'intensité lumineuse émise par une diode LDx en fonction de son courant d'alimentation et de sa température. Les comparaisons effectuées aux étapes S4 et S5 permettent de réaliser un autodiagnostic du spectromètre à l'étape S6. Ainsi, si les comparaisons effectuées aux étapes S4 et S5 révèlent un

dysfonctionnement et que le spectromètre est dans un mode de fonctionnement OMD normal, le spectromètre passe dans un mode de fonctionnement OMD dégradé DG. Si les comparaisons effectuées aux étapes S4 et S5 révèlent un dysfonctionnement et que le spectromètre est dans un état de fonctionnement dégradé DG, le spectromètre passe à l'étape S18 dans un mode de défaut DF dans lequel il ne peut plus fonctionner. Si les comparaisons effectuées aux étapes S4 et S5 ne révèlent pas de dysfonctionnement, le dispositif RPRC exécute les étapes suivantes S7 et S8. A l'étape S7, le dispositif RPRC détermine un temps d'intégration optimum ITy de chaque cellule photosensible y du capteur OPS à l'aide d'une fonction f1 appliquée à l'intensité lumineuse LFL mesurée à l'étape S2. La fonction f1 peut être déterminée par des abaques donnant le temps d'intégration optimum de chaque cellule y du capteur OPS, en fonction de mesures d'intensité de la lumière émise LFL. A l'étape S8, le dispositif RPRC compare pour chaque cellule y, le temps d'intégration ITy obtenu à des valeurs minimum ITmy et maximum ITMy déterminées pour la cellule y. Si le temps d'intégration ITy est compris entre les valeurs minimum et maximum ITmy, ITMy pour chaque cellule y, le dispositif RPRC exécute les étapes S15 à S17 puis retourne à l'étape S1 pour exécuter une nouvelle phase de régulation, sinon il exécute l'étape S9.

A l'étape S9, le dispositif RPRC compare le temps d'intégration optimum ITy au temps d'intégration minimum ITmy pour chaque cellule y pour laquelle le test à l'étape S8 n'a pas été vérifié. Si le temps d'intégration ITy est inférieur au temps d'intégration ITmy pour tout ou partie des cellules y du capteur OPS, le module RPRC exécute l'étape S10, puis l'étape S12, sinon (cas où le temps d'intégration ITy est supérieur au temps d'intégration maximum ITMy pour tout ou partie des cellules y) il exécute les étapes S11 et S12. A l'étape S10, le dispositif RPRC diminue d'un pas STP le courant d'alimentation LCx de la diode LED LDx. A l'étape S11, le dispositif RPRC incrémente le courant d'alimentation LCx de la diode LDx du pas STP. A l'étape S12, le dispositif RPRC détermine si le nouveau courant d'alimentation LCx obtenu à l'étape S10 ou S11 est compris entre des valeurs minimum LCMx et maximum LCMx déterminées pour la diode LDx. Si tel est le cas, le dispositif RPRC retourne à l'étape S1 pour exécuter une nouvelle phase de régulation. Dans le cas contraire, le dispositif RPRC exécute l'étape S13 où il teste le mode de fonctionnement OMD du

spectromètre. Si le mode OMD est normal NL, le dispositif RPRC exécute l'étape S14 où le mode de fonctionnement OMD passe en mode dégradé DG. Si à l'étape S13, le mode OMD est dégradé DG, le dispositif RPRC exécute l'étape S18, où le mode OMD passe en défaut DF.

5 Ainsi, aux étapes S10 et S11, si le temps d'intégration optimal IT_y déterminé pour au moins une cellule photosensible y est en dehors des seuils minimum et maximum IT_{my} et IT_{My} , on ajoute au courant d'alimentation LC_x de la diode LED LD_x , un pas STP d'une certaine amplitude, positif ou négatif (positif si le temps d'intégration optimal IT_y est supérieur au seuil maximum IT_{My} , et négatif si ce temps d'intégration est inférieur au seuil minimum IT_{my}). Un nouveau temps d'intégration optimal IT_y est alors à nouveau déterminé aux étapes S1 à S7 en fonction du nouveau courant LC_x . L'exécution des étapes S1 à S12 est répétée tant que le temps d'intégration optimal IT_y se trouve en dehors des seuils IT_{my} et IT_{My} et tant que le courant LC_x est compris entre les seuils LC_{mx} et LC_{Mx} .

15 A l'étape S15, le dispositif RPRC fixe le temps d'intégration de chaque cellule y du capteur OPS à son temps d'intégration optimum IT_y déterminé à l'étape S7. A l'étape S16, le dispositif RPRC procède à l'acquisition d'une mesure MS_{xy} fournie par chaque cellule y avec la diode LD_x allumée, ainsi qu'éventuellement, d'une mesure de la température TP du produit à analyser dans la cellule de mesure FLC (TPP) et/ou d'une mesure de température du capteur OPS (TPS) et/ou une mesure de température de la source LS (TPL). A l'étape S17, le dispositif RPRC applique une correction à la mesure MS_{xy} à l'aide d'une fonction f_2 et fournit une mesure corrigée MSC_{xy} pour chaque cellule y . La fonction f_2 est appliquée à la température TP mesurée (ou aux températures mesurées) à l'étape S16.

25 La séquence d'étapes S1 à S18 permet ainsi d'obtenir un spectre corrigé $MSC_x(1..n)$ pour chaque diode LD_x . La séquence d'étapes S1 à S15 est ainsi exécutée pour chaque diode LD_x de la source LS afin d'obtenir au moins un spectre $MSC_x(1..n)$ pour chaque diode LD_x . Après une normalisation des spectres obtenus pour chaque diode, un spectre résultant $MR(1..n)$ est calculé en additionnant les spectres obtenus avec chaque diode LD_x allumée, avec un coefficient de pondération P_{xy} spécifié pour chaque diode LD_x et chaque cellule y du capteur OPS :

$$MR_y = \sum_x P_{xy} \cdot MSC_{xy} \quad (1)$$

Les coefficients de pondération P_{xy} peuvent être ajustés afin de donner plus d'importance au signal utile dans le spectre résultant. En d'autres termes, les signaux des cellules y mesurant les signaux bruts les plus élevés, et donc fournissant l'information la plus fiable (rapport signal sur bruit élevé), sont associés à un coefficient de pondération P_{xy} plus élevé. Les coefficients de pondération P_{xy} sont déterminés durant la phase de calibration et dépendent de la température TPL de la source LS.

Le spectre résultant $MR(1..n)$ obtenu peut en outre faire l'objet d'un calcul de moyenne avec plusieurs autres spectres successifs obtenus, afin d'obtenir un spectre exploitable par un dispositif de régulation de paramètres de fonctionnement d'un moteur thermique. Le nombre de spectres $MR(1..n)$ utilisés pour ce calcul de moyenne peut être augmenté au passage du mode de fonctionnement OMD normal NL au mode dégradé DG. Le nombre de spectres obtenus à moyenner en mode normal, peut être de l'ordre de 5 à 20, et en mode dégradé, de l'ordre de 100.

Il est à noter qu'à l'étape S15, le temps d'intégration IT_y de toutes les cellules photosensibles y du capteur OPS peut être fixé globalement au plus petit temps d'intégration déterminé à l'étape S7 pour chaque cellule y .

Ainsi, aux étapes S4, S5, S6, S12, S13, S14 et S18, le dispositif RPRC effectue un autodiagnostic du spectromètre en distinguant trois modes de fonctionnement OMD du spectromètre : le mode de fonctionnement normal NL dans lequel le spectromètre produit des mesures exploitables, le mode de fonctionnement dégradé DG dans lequel le spectromètre produit toujours des mesures exploitables, mais dans des conditions anormales, et un mode de défaut DF dans lequel le spectromètre est considéré défaillant et ne peut plus fournir de mesure exploitable. Dans le mode dégradé DG, le temps pour fournir une mesure est largement augmenté ou bien le degré de confiance dans les mesures fournies décroît (peut être au choix de l'utilisateur). Le mode de défaut DF est détecté par exemple lorsque l'intensité lumineuse LFL mesurée par la photodiode PHD ne correspond pas au courant LC_x fourni à l'une des diodes LED de la source LS ou à la température TPS de la source LS. Le dispositif RPRC peut émettre signal d'autodiagnostic indiquant le mode de fonctionnement OMD du spectromètre. Ce signal peut être transmis par exemple à un ordinateur de bord du véhicule dans lequel est embarqué le spectromètre.

La figure 5 représente un graphe du courant de consigne LCx fourni à une diode LED LDx de la source LS (axe des ordonnées) en fonction de l'intensité lumineuse LFL ou de la température TPL, mesurées dans la source LS (axe des abscisses). Ce graphe présente quatre droites D1, D2, D3, D4 passant par l'origine O du graphe. Les droites D1 et D2 délimitent entre elles une zone 1 de fonctionnement correspondant au mode de fonctionnement normal NL dans lequel le courant LCx fourni à une diode LED LDx de la source LS, la température TPL de la source et/ou l'intensité lumineuse LFL mesurées présentent des valeurs normales (ni trop faibles ni excessives). L'axe des ordonnées et la droite D3 délimitent entre elles une zone 3a. L'axe abscisses et la droite D2 D3 délimitent entre elles une zone 3b. Les zones 3a et 3b correspondent au mode de défaut DF dans lequel le courant LCx fourni à une diode LDx de la source de lumière est fort et l'intensité lumineuse fournie par la source est anormalement faible, ou dans lequel le courant fourni à la diode LDx est faible et la température de la source TPL est anormalement élevée. Entre la zone 1 et les zones 3a et 3b se trouvent des zones 2a et 2b correspondant au mode de fonctionnement dégradé DG.

Les valeurs minimum LCMx et maximum LCMx du courant d'alimentation de chaque diode LDx, résultent de tests effectués lors d'une phase de calibration pour déterminer la plage de fonctionnement idéale de chacune des diodes électroluminescentes de la source LS. La valeur maximum LCMx est déterminée afin de ne pas accélérer le vieillissement de la diode. La valeur minimum LCMx peut être choisie de manière à assurer une répétabilité et une stabilité du flux lumineux émis par la diode.

Les valeurs minimum ITMy et maximum ITMy de chaque cellule y du capteur OPS sont également déterminées lors de la phase de calibration par des tests permettant de déterminer une plage de fonctionnement idéale des cellules photosensibles y du capteur OPS, considérées indépendamment ou dans leur ensemble. La valeur maximum ITMy est déterminée afin d'éviter une saturation de la cellule photosensible y. La valeur minimum ITMy est déterminée de manière à obtenir un signal stable et répétable, tout en respectant une valeur cible minimale de rapport signal/bruit, préalablement définie.

De même, les fonctions f1 et f2 utilisées aux étapes S7 et S17 peuvent être déterminées durant la phase de calibration. Ainsi, la fonction f1 donnant le temps d'intégration optimal ITy de chaque cellule y du capteur

OPS en fonction de l'intensité lumineuse LFL mesurée par la photodiode PHD, peut être déterminée en utilisant un ou plusieurs produits de référence, fluides ou solides, avec lesquels une série de tests est réalisée. Pour chacun des produits de référence, on fait varier l'intensité lumineuse LFL mesurée par la photodiode PHD en faisant varier le courant d'alimentation LCx de la diode LED LDx. Pour chaque valeur d'intensité lumineuse LFL, on recherche le temps d'intégration optimal ITy de chaque cellule y, c'est-à-dire un temps d'intégration permettant d'obtenir un flux lumineux mesuré par la cellule y, stable et constant, c'est-à-dire sensiblement indépendant du flux lumineux émis par la source LS. On obtient ainsi des couples de mesure (intensité lumineuse LFL mesurée par la photodiode PHD - temps d'intégration optimal ITy). A chaque mesure, la température de la source TPL, si elle est disponible, est également collectée, ainsi que la température du produit TPP et la consigne du courant LCx correspondante. Les variations de l'intensité lumineuse LFL mesurée par la photodiode PHD sont telles que pour une partie des mesures effectuées, le temps d'intégration optimal ITy est en dehors des valeurs de seuil prédéfinies ITmy, ITMy. A partir des couples de mesure, on établit soit des tables de correspondance, soit des abaques, soit des modèles prédictifs, permettant de déterminer le temps d'intégration optimal ITy de chaque cellule y en fonction de l'intensité lumineuse LFL mesurée par la photodiode PHD. A partir des données ainsi collectées, on détermine des valeurs minimum et maximum de correspondance entre l'intensité lumineuse LFL mesurée par la photodiode PHD et la température TPL de la source LS (si celle-ci est disponible), et entre l'intensité lumineuse LFL et la valeur du courant d'alimentation LCx de la diode LED LDx. Ces valeurs minimum et maximum de correspondance sont utilisées aux étapes S4 et S5 pour effectuer un autodiagnostic du spectromètre.

La fonction f2 permettant de corriger la mesure de l'intensité lumineuse MSxy fournie par la cellule y en fonction de la température TP peut être déterminée par une série de tests durant laquelle on fait varier de manière indépendante la température TPL de la source LS, la température TPS du capteur OPS et la température TPP du produit à analyser. Ces températures s'étendent de -40 à +105°C, ou idéalement de -50 à +150°C avec au moins un produit de référence fluide ou solide. Pour chacun des tests, les valeurs de mesure d'intensité MSxy, de courant de consigne LCx et de température sont collectées. A partir de ces mesures, on établit soit

des tables de correspondance, soit des abaques, soit des modèles prédictifs permettant de déterminer pour chaque cellule photosensible y du capteur OPS l'intensité lumineuse que cette cellule aurait mesurée à une certaine température de référence fixe (par exemple 20°C) et ceci pour obtenir un spectre corrigé indépendant des conditions ambiantes de température et des conditions de température des composants du spectromètre. Les abaques obtenues permettent de déterminer une mesure corrigée d'intensité lumineuse MSC_{xy} à la température de référence en fonction de la mesure d'intensité lumineuse MS_{xy} relevée à la température ambiante par chaque cellule photosensible y, en fonction des températures TPL, TPP, TPS de la source LS, du produit dans la cellule de mesure FLC et du capteur OPS, et en fonction du temps d'intégration IT_y et du courant d'alimentation LC_x de la diode LED LD_x. Certains des paramètres listés précédemment peuvent ne pas être pris en compte, et en particulier la température TPS du capteur OPS, notamment si ce dernier est équipé d'une compensation en température efficace.

Grâce à la transposition de spectre effectuée pour ramener le spectre mesuré MS_x(1..n) à un spectre MSC_x(1..n) qui aurait été obtenu à une température de référence, le spectromètre qui vient d'être décrit peut ainsi fonctionner dans une très large gamme de températures, y compris avec des différences de température très importantes entre le produit à analyser et la source de lumière LS. Il est à noter que cette disposition est obtenue sans utiliser une voie de référence complexe nécessitant un second capteur qui reçoit directement la lumière émise par la source, comme proposé dans la demande de brevet FR 2 940 447, mais seulement avec une mesure de l'intensité lumineuse LFL émise par la source LS, donc à moindre coût et sans augmenter l'encombrement du spectromètre.

Au lieu de se baser sur l'intensité lumineuse LFL mesurée par la photodiode PHD, la régulation réalisée par la séquence d'étapes S1 à S18 peut être effectuée sur la base de la température de la source TPL et/ou du produit à analyser TPP, ou encore sur la base des tensions V_x ou des courants I_x (x étant compris entre 1 et 4 dans l'exemple de la figure 2) mesurés dans le circuit de la figure 2. En outre, la température TPL et/ou les tensions V_x et/ou les courants I_x peuvent être utilisés pour vérifier le bon fonctionnement de la photodiode PHD et du capteur de température TSS.

Il apparaîtra clairement à l'homme de l'art que la présente invention est susceptible de diverses variantes de réalisation et diverses applications. En particulier, le procédé de commande n'est pas limité à l'utilisation de diodes électroluminescentes en tant que source lumineuse. En effet, le
5 procédé de régulation précédemment décrit peut s'appliquer à une source lumineuse quelconque, dont l'intensité lumineuse émise peut être ajustée par le courant d'alimentation de la source lumineuse.

Par ailleurs, le procédé de commande peut s'appliquer à d'autres spectromètres que celui décrit en référence à la figure 1. Il importe
10 simplement que la durée d'intégration du capteur du spectromètre puisse être ajustée, et que le spectromètre puisse fournir des mesures représentatives du fonctionnement de la source lumineuse.

L'étape de correction des mesures de spectre obtenues, pour tenir compte de la température des divers composants du spectromètre, n'est pas
15 non plus nécessaire. Il peut en effet être envisagé de placer le spectromètre dans une enceinte dont la température est maintenue constante, ou de ne procéder à une mesure de spectre que lorsque la température du spectromètre a atteint une température de consigne.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de commande d'un spectromètre d'analyse d'un produit, comprenant des étapes d'émission d'un faisceau lumineux (LB) par une source de lumière (LS) du spectromètre, de transmission du faisceau lumineux à un produit à analyser avec lequel il interagit, et d'acquisition de
5 mesures d'intensité lumineuse (MSxy) permettant de former un spectre, au moyen d'un capteur (OPS) du spectromètre, disposé sur un trajet du faisceau lumineux après avoir interagi avec le produit à analyser, caractérisé en ce que l'acquisition de mesures d'intensité lumineuse, comprend des étapes consistant à :

10 acquérir en présence du produit à analyser une mesure (LFL, TPL, Ix, Vx) représentative du fonctionnement de la source de lumière (LS) et indépendante du produit à analyser, et

déterminer en fonction de la mesure de fonctionnement, une valeur de courant d'alimentation (LCx) de la source de lumière, et si la valeur de
15 courant d'alimentation est comprise entre des valeurs de seuil (LCmx, LCMx), fournir à la source de lumière un courant d'alimentation correspondant à la valeur déterminée de courant d'alimentation, et/ou déterminer en fonction de la mesure de fonctionnement, une valeur de durée d'intégration (ITy) de cellules photosensibles (y) du capteur (OPS), et si la
20 valeur de durée d'intégration est comprise entre des valeurs de seuil (ITmx, ITMx), ajuster la durée d'intégration des cellules photosensibles à la valeur déterminée de durée d'intégration.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel de nouvelles valeurs
25 du courant d'alimentation (LCx) de la source de lumière et/ou de durée d'intégration (ITy) sont déterminées et un courant d'alimentation correspondant à la valeur déterminée de courant d'alimentation est fourni à la source de lumière (LS), tant que la valeur déterminée de durée d'intégration n'est pas comprise entre les valeurs de seuil (ITmy, ITMy).

30

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel la mesure représentative du fonctionnement de la source de lumière (LS) est une mesure d'intensité lumineuse (LFL) produite directement par la source

de lumière, et/ou une mesure de la température (TPL) de la source de lumière et/ou une mesure d'intensité (Ix) et/ou de tension d'alimentation (Vx) de la source de lumière.

5 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant des étapes de test d'autodiagnostic comprenant au moins l'une des comparaisons suivantes : des comparaisons pour déterminer si les mesures (LFL, TPL, Ix, Vx) représentatives du fonctionnement de la source de lumière (LS) sont cohérentes entre elles et avec le courant d'alimentation
10 (LCx) fourni à la source de lumière, des comparaisons du courant d'alimentation fourni à la source de lumière à des valeurs minimum et maximum (LCmx, LCMx), et si l'une des comparaisons révèle un défaut, le spectromètre est passé dans un mode de fonctionnement (OMD) dégradé (DG) ou de défaut (DF).

15

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant une étape de correction des mesures d'intensité lumineuse (MSxy) tenant compte d'un écart de la température (TPP) du produit à analyser et/ou de la température (TPS) du capteur (OPS) avec une température de référence, de
20 manière à obtenir des mesures d'intensité lumineuse corrigées (MSCxy) résultant de mesures effectuées à la température de référence, les mesures corrigées formant un spectre corrigé (MSCx(1..n)).

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la
25 source lumineuse (LS) comprend plusieurs diodes électroluminescentes (LDx) ayant des spectres distincts couvrant une bande de longueur d'onde d'analyse, le procédé comprenant des étapes successives d'allumage de chacune des diodes électroluminescentes, d'obtention d'un spectre corrigé pour chaque diode, et de sommation des spectres corrigés obtenus en
30 appliquant des coefficients de pondération, pour obtenir un spectre résultant (MR(1..n)).

7. Procédé selon la revendication 6, comprenant une étape de moyennage de plusieurs spectres résultants (MR(1..n)), le nombre de

spectres moyennés pouvant dépendre d'un mode de fonctionnement (OMD), normal ou dégradé, du spectromètre.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, comportant une
5 calibration du spectromètre, comprenant :

des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum de correspondance de mesures d'intensité lumineuse (LFL) produite directement par la source lumineuse (LS) avec des valeurs de consigne de courant d'alimentation (LCx) de la source lumineuse et/ou avec la
10 température (TPL) de la source lumineuse, et/ou

des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum (LCmx, LCMx) de consigne de courant d'alimentation de la source lumineuse, et/ou

des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum (ITmy, ITMy) de temps d'intégration des cellules photosensibles (y) du capteur (OPS), et/ou
15

des étapes réalisées en présence d'un ou plusieurs produits de référence, de détermination d'une fonction (f1) fournissant un temps d'intégration optimal (ITy) d'une cellule photosensible (y) du capteur (OPS) en fonction d'une intensité lumineuse (LFL) produite par la source lumineuse (LS), et/ou
20

des étapes réalisées en présence d'un ou plusieurs produits de référence, durant lesquelles on fait varier de manière indépendante la température (TPL) de la source lumineuse (LS) et/ou la température (TPS) du capteur (OPS) et/ou la température (TPP) du produit de référence, on
25 collecte des mesures d'intensité lumineuse (MSxy) fournies par le capteur, les valeurs de consigne de courant d'alimentation (LCx) de la source lumineuse, les temps d'intégration (ITy) du capteur, et des mesures de température, et on détermine une fonction (f2) fournissant une mesure d'intensité lumineuse corrigée (MSCxy) correspondant à une température de
30 référence, en fonction des mesures collectées.

9. Spectromètre comprenant une source de lumière (LS) émettant un faisceau lumineux (LB), un capteur (OPS) comprenant des cellules photosensibles (y) disposées sur un trajet du faisceau lumineux après avoir
35 interagi avec un produit à analyser, et un dispositif de commande (RPRC)

commandant un courant d'alimentation (LCx) de la source lumineuse, et une durée d'intégration (ITy) des cellules photosensibles,

caractérisé en ce que le dispositif de commande (RPRC) est configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'une des revendications 1

5 à 8.

10. Spectromètre selon la revendication 9, dans lequel la source lumineuse (LS) comprend plusieurs diodes électroluminescentes (LDx) présentant des spectres d'émission différents pour couvrir une bande de
10 longueur d'onde d'analyse, et une photodiode (PHD) pour mesurer l'intensité lumineuse (LFL) du faisceau lumineux (LB) émis par les diodes électroluminescentes avant que le faisceau lumineux interagisse avec le produit à analyser.

15 11. Spectromètre selon la revendication 10, dans lequel la source lumineuse (LS) est configurée pour fournir au dispositif de commande (RPRC) des tensions (Vx) et/ou des courants (Ix) d'alimentation des diodes électroluminescentes (LDx).

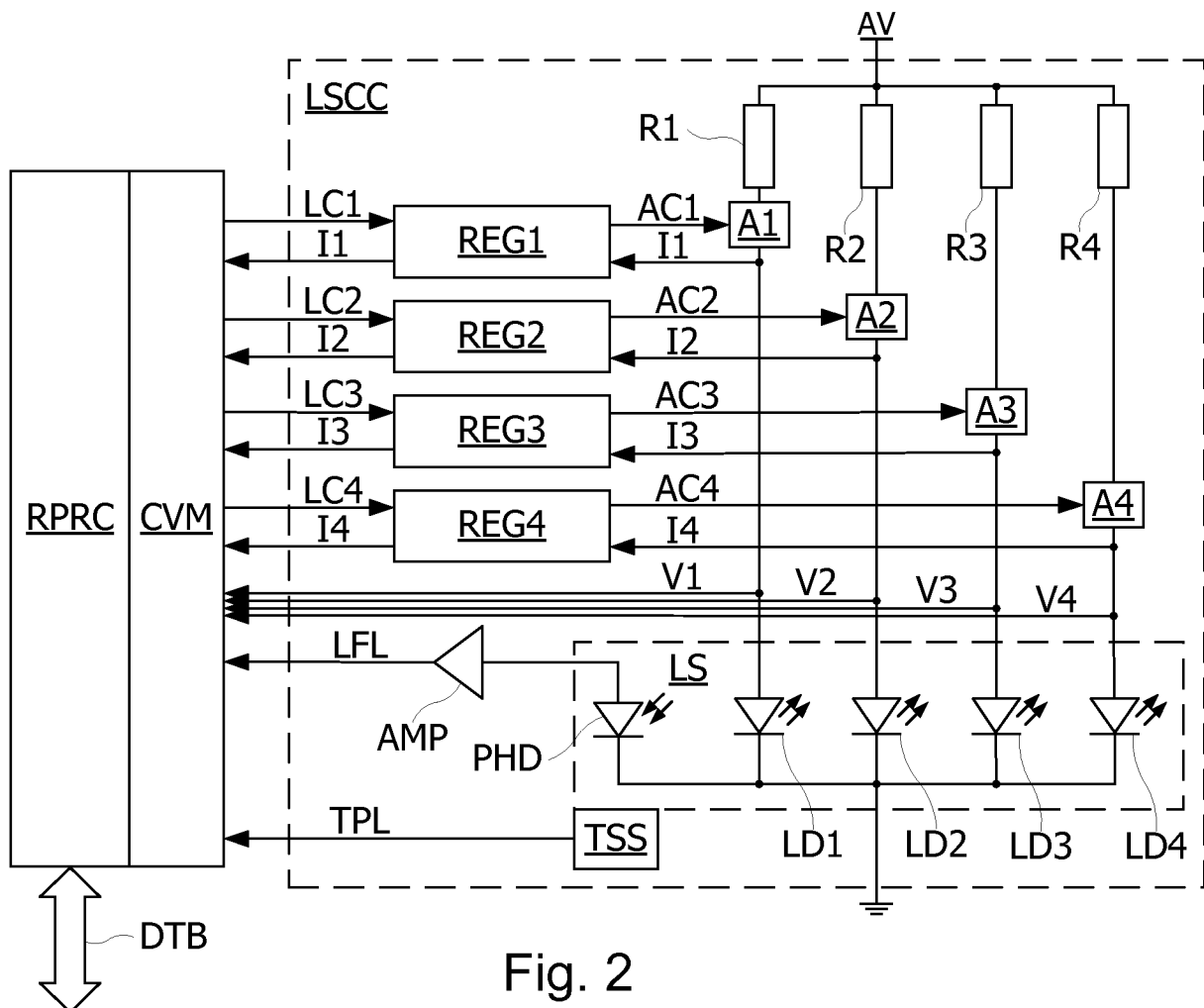
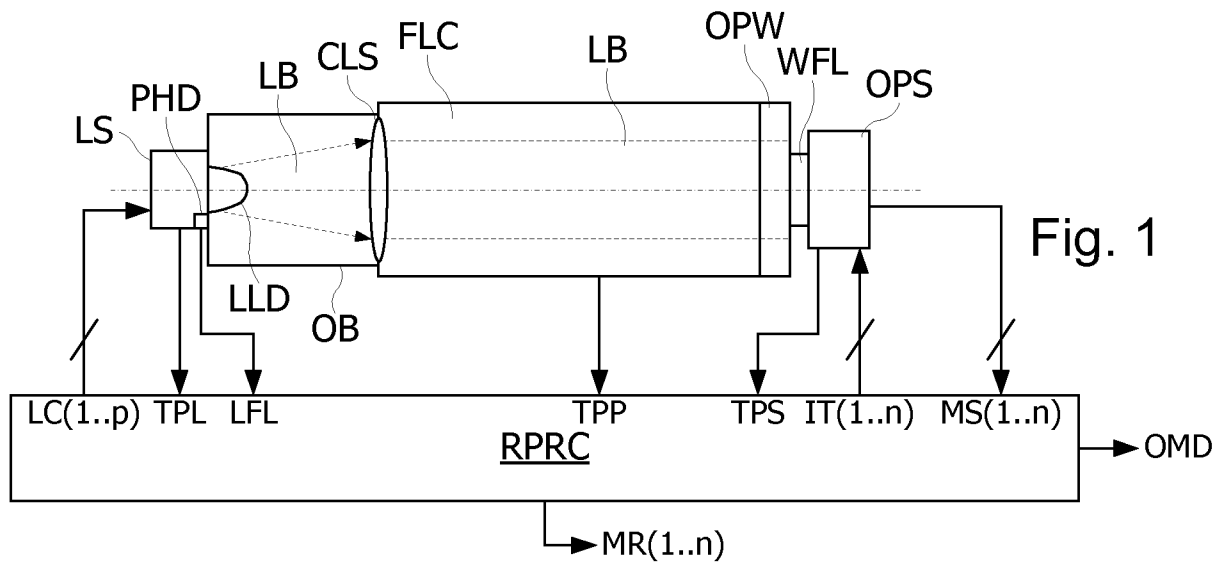
20 12. Spectromètre selon la revendication 10 ou 11, dans lequel les diodes électroluminescentes (LDx) sont intégrées dans un même composant électronique (LS), éventuellement avec la photodiode (PHD) et/ou un capteur de température (TSS).

25 13. Spectromètre selon l'une des revendications 9 à 12, comprenant un capteur de température (TSS) fournissant des mesures de la température (TPL) de la source lumineuse, et/ou un capteur de température fournissant des mesures de la température (TPS) du capteur (OPS), et/ou un capteur de température fournissant des mesures de la température (TPP) du produit à
30 analyser.

14. Spectromètre selon l'une des revendications 9 à 13, comprenant une cellule de mesure (FLC) dans laquelle un produit à analyser interagit avec le faisceau lumineux (LB), un élément optique de collimation (CLS)
35 pour conformer le faisceau en sortie de la source lumineuse (LS) et le

transmettre à la cellule de mesure, un filtre de longueur d'onde (WFL) configuré pour étaler spatialement les différentes longueurs d'onde du faisceau lumineux en sortie de la cellule de mesure et les transmettre à différentes cellules photosensibles (y) du capteur (OPS), la source lumineuse, l'élément optique, la cellule de mesure, le filtre et le capteur étant
5 assemblés de manière à ne former aucune zone d'air susceptible d'être traversée par le faisceau lumineux entre la source de lumière et le capteur.

1/3



2/3

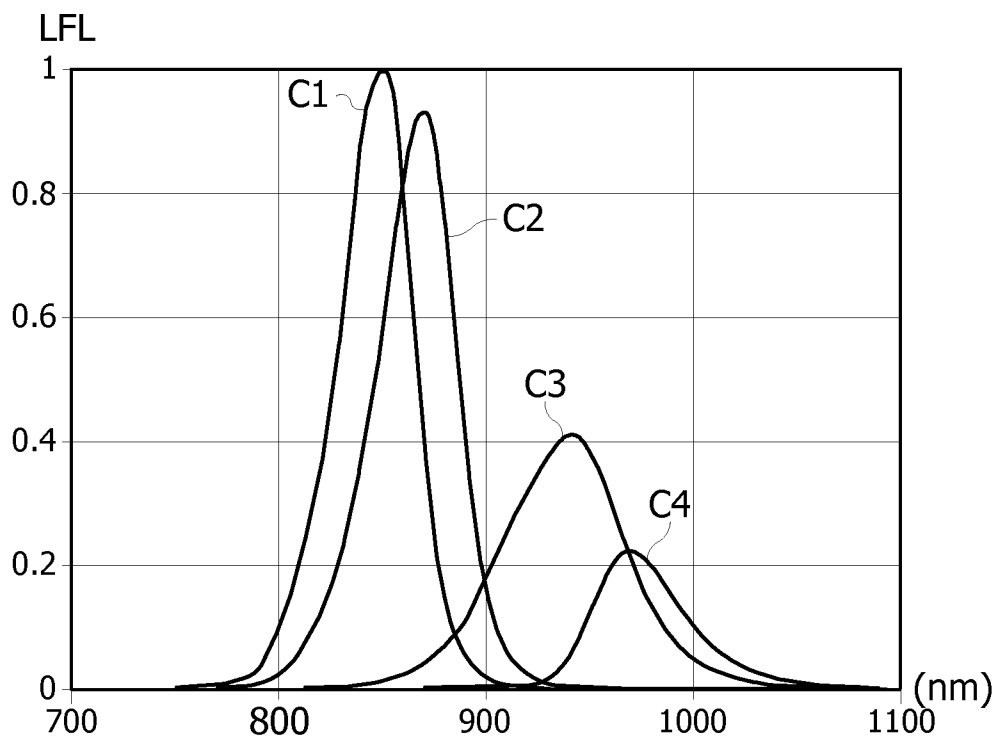


Fig. 3A

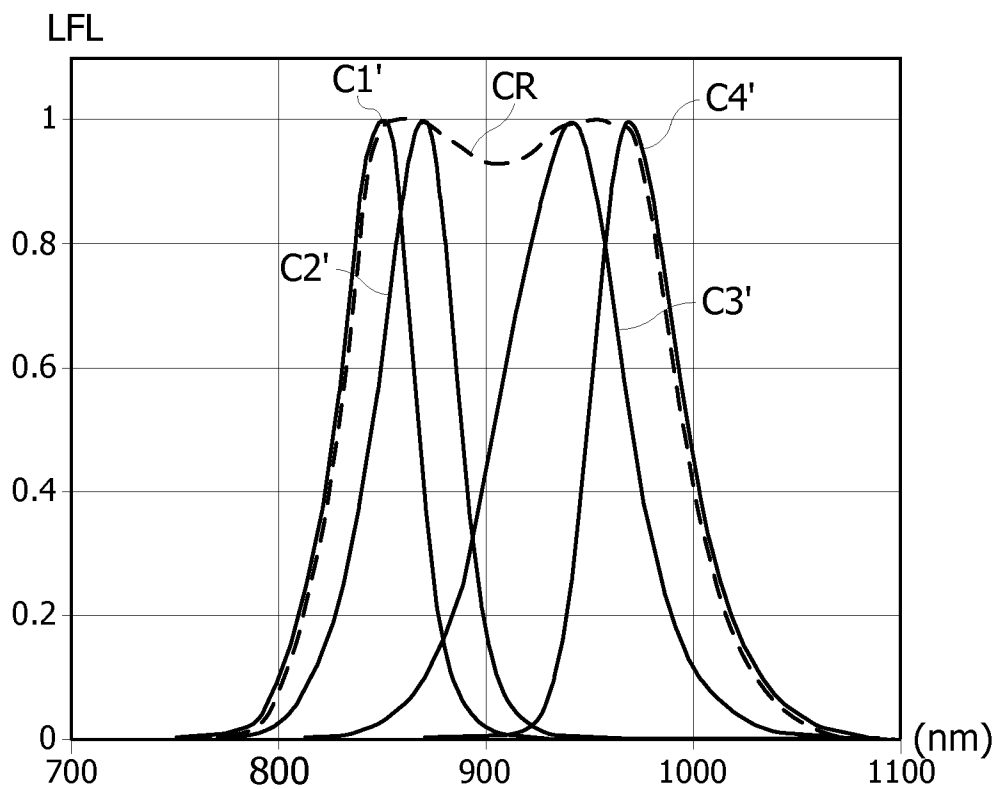
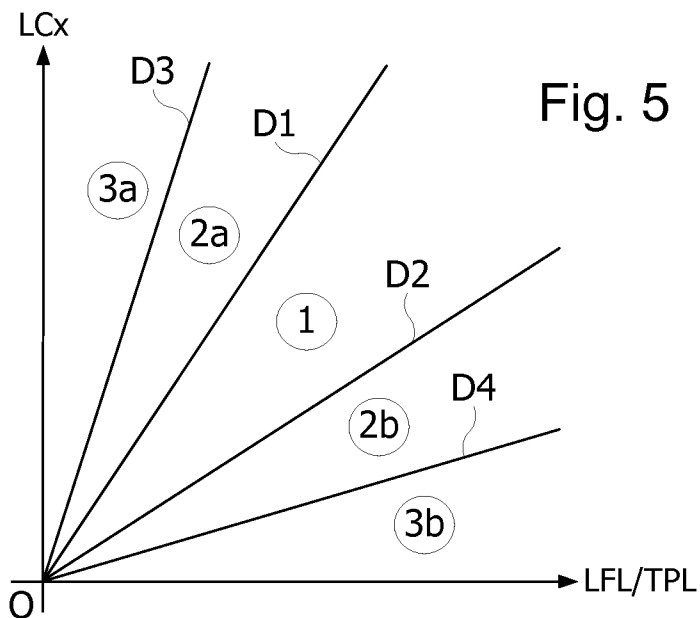
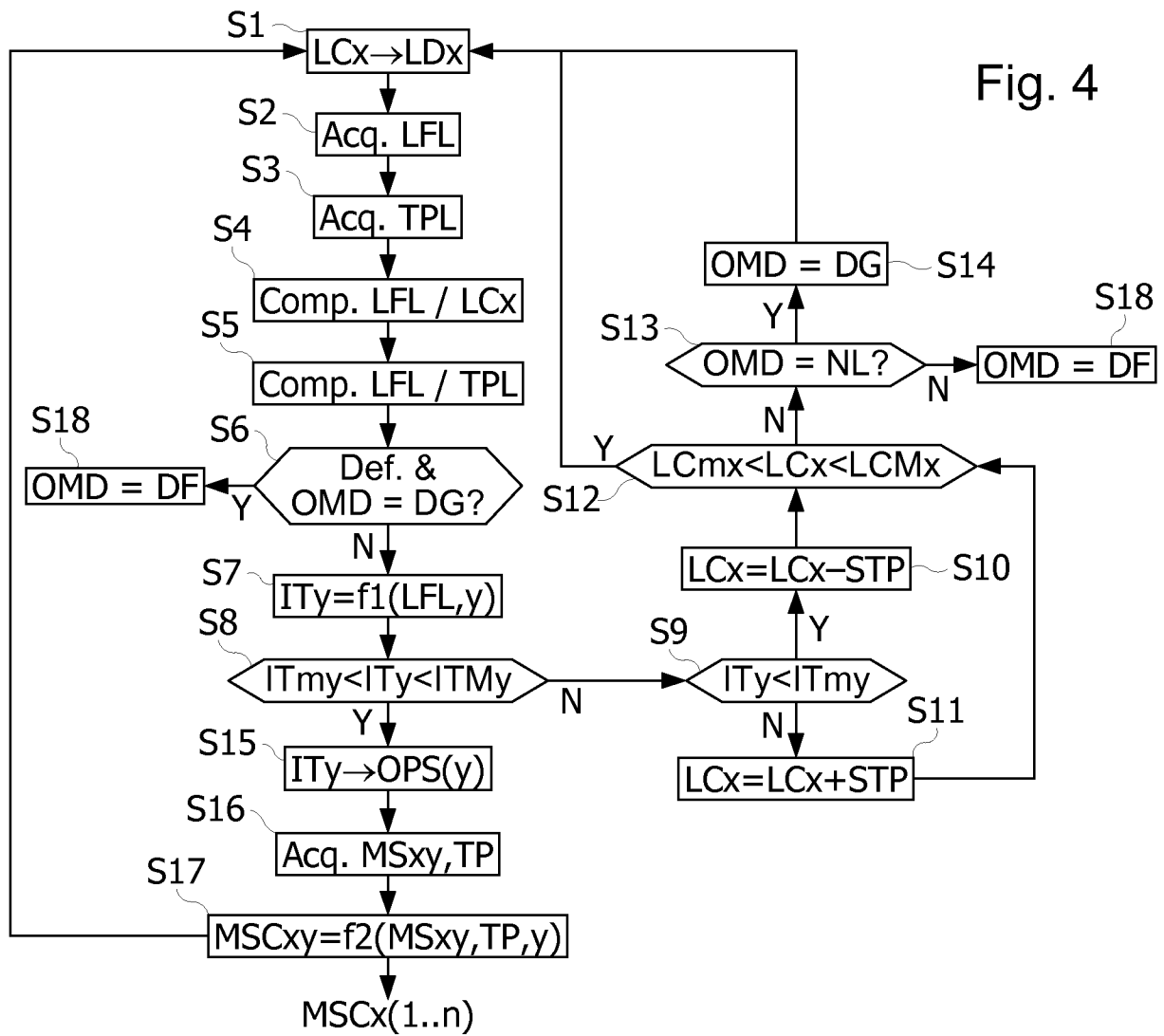


Fig. 3B

3/3

Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2013/052940

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N21/35 G01N21/27
ADD. G01N21/31

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N G01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 029 245 A (KERAENEN HEIMO [FI] ET AL) 2 July 1991 (1991-07-02)	1-4,6,7
Y	column 3, line 60 - line 66 column 4, line 6 - line 14 column 4, line 47 - line 53 column 5, line 13 - line 18 -----	5,8-14
Y	WO 2010/053617 A2 (UNIV MASSACHUSETTS [US]; SOLLER BABS R [US]; COATES JOHN [US]; YANG YE) 14 May 2010 (2010-05-14) page 63, line 22 - line 28 page 63, line 29 - page 64, line 16; figure 15 page 28, line 5 - line 29 page 41, line 10 - line 18 page 40, line 17 - page 41, line 9 page 28, line 26 - page 29, line 13 page 52, line 22 - page 54, line 8 ----- -/--	8-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 February 2014

Date of mailing of the international search report

03/03/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Verdoodt, Erik

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2013/052940

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 477 853 A (FARKAS RICHARD A [US] ET AL) 26 December 1995 (1995-12-26) column 5, line 42 - line 55 -----	5
A	FR 2 940 447 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE [FR]) 25 June 2010 (2010-06-25) cited in the application page 12, line 2 - line 29 figure 5 -----	1-14
A	US 2005/140270 A1 (HENSON GORDON D [US] ET AL) 30 June 2005 (2005-06-30) paragraph [0073] - paragraph [0075] figure 9b -----	1-14
A	WO 98/03842 A1 (VALTION TEKNILLINEN [FI]; MALINEN JOUKO [FI]) 29 January 1998 (1998-01-29) page 13, line 5 - line 23 -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2013/052940

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5029245	A	02-07-1991	DE 3852176 D1 05-01-1995 DE 3852176 T2 22-06-1995 EP 0366696 A1 09-05-1990 US 5029245 A 02-07-1991 WO 8810462 A1 29-12-1988
WO 2010053617	A2	14-05-2010	CA 2732996 A1 14-05-2010 CN 102176864 A 07-09-2011 EP 2323554 A2 25-05-2011 JP 2011530351 A 22-12-2011 KR 20110053993 A 24-05-2011 US 2011205535 A1 25-08-2011 WO 2010053617 A2 14-05-2010
US 5477853	A	26-12-1995	NONE
FR 2940447	A1	25-06-2010	CN 102265137 A 30-11-2011 FR 2940447 A1 25-06-2010 US 2011313635 A1 22-12-2011 WO 2010072363 A1 01-07-2010
US 2005140270	A1	30-06-2005	CN 1914527 A 14-02-2007 EP 1700144 A1 13-09-2006 JP 2007513378 A 24-05-2007 KR 20060110341 A 24-10-2006 US 2005140270 A1 30-06-2005 WO 2005062089 A1 07-07-2005
WO 9803842	A1	29-01-1998	AU 3445997 A 10-02-1998 CA 2261139 A1 29-01-1998 DE 69731406 D1 02-12-2004 EP 1019685 A1 19-07-2000 FI 962886 A 18-01-1998 US 6075595 A 13-06-2000 WO 9803842 A1 29-01-1998

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052940

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G01N21/35 G01N21/27
ADD. G01N21/31

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G01N G01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 029 245 A (KERAENEN HEIMO [FI] ET AL) 2 juillet 1991 (1991-07-02)	1-4,6,7
Y	colonne 3, ligne 60 - ligne 66 colonne 4, ligne 6 - ligne 14 colonne 4, ligne 47 - ligne 53 colonne 5, ligne 13 - ligne 18 -----	5,8-14
Y	WO 2010/053617 A2 (UNIV MASSACHUSETTS [US]; SOLLER BABS R [US]; COATES JOHN [US]; YANG YE) 14 mai 2010 (2010-05-14) page 63, ligne 22 - ligne 28 page 63, ligne 29 - page 64, ligne 16; figure 15 page 28, ligne 5 - ligne 29 page 41, ligne 10 - ligne 18 page 40, ligne 17 - page 41, ligne 9 page 28, ligne 26 - page 29, ligne 13 page 52, ligne 22 - page 54, ligne 8 ----- -/-	8-14



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

21 février 2014

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/03/2014

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Verdoodt, Erik

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052940

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 5 477 853 A (FARKAS RICHARD A [US] ET AL) 26 décembre 1995 (1995-12-26) colonne 5, ligne 42 - ligne 55 -----	5
A	FR 2 940 447 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE [FR]) 25 juin 2010 (2010-06-25) cité dans la demande page 12, ligne 2 - ligne 29 figure 5 -----	1-14
A	US 2005/140270 A1 (HENSON GORDON D [US] ET AL) 30 juin 2005 (2005-06-30) alinéa [0073] - alinéa [0075] figure 9b -----	1-14
A	WO 98/03842 A1 (VALTION TEKNILLINEN [FI]; MALINEN JOUKO [FI]) 29 janvier 1998 (1998-01-29) page 13, ligne 5 - ligne 23 -----	1-14

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052940

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5029245	A	02-07-1991	DE 3852176 D1	05-01-1995
			DE 3852176 T2	22-06-1995
			EP 0366696 A1	09-05-1990
			US 5029245 A	02-07-1991
			WO 8810462 A1	29-12-1988

WO 2010053617	A2	14-05-2010	CA 2732996 A1	14-05-2010
			CN 102176864 A	07-09-2011
			EP 2323554 A2	25-05-2011
			JP 2011530351 A	22-12-2011
			KR 20110053993 A	24-05-2011
			US 2011205535 A1	25-08-2011
			WO 2010053617 A2	14-05-2010

US 5477853	A	26-12-1995	AUCUN	

FR 2940447	A1	25-06-2010	CN 102265137 A	30-11-2011
			FR 2940447 A1	25-06-2010
			US 2011313635 A1	22-12-2011
			WO 2010072363 A1	01-07-2010

US 2005140270	A1	30-06-2005	CN 1914527 A	14-02-2007
			EP 1700144 A1	13-09-2006
			JP 2007513378 A	24-05-2007
			KR 20060110341 A	24-10-2006
			US 2005140270 A1	30-06-2005
			WO 2005062089 A1	07-07-2005

WO 9803842	A1	29-01-1998	AU 3445997 A	10-02-1998
			CA 2261139 A1	29-01-1998
			DE 69731406 D1	02-12-2004
			EP 1019685 A1	19-07-2000
			FI 962886 A	18-01-1998
			US 6075595 A	13-06-2000
			WO 9803842 A1	29-01-1998
