

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 23.03.16.
(30) Priorité : 23.04.15 IB WOUS2015027309.

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.10.16 Bulletin 16/43.
(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.
(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

(71) Demandeur(s) : HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC. — US.

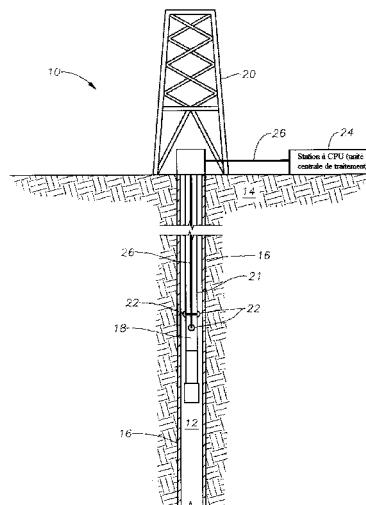
(72) Inventeur(s) : PERKINS DAVID L. et ATKINSON ROBERT.

(73) Titulaire(s) : HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC..

(74) Mandataire(s) : GEVERS & ORES Société anonyme.

(54) ENSEMBLE MOBILE POUR DETECTION SIMULTANEE DE SIGNAUX D'ANALYSE ET DE COMPENSATION DANS L'INFORMATIQUE OPTIQUE.

(57) Un dispositif informatique optique utilise un ensemble mobile pour des signaux d'analyse et de compensation simultané pour déterminer des caractéristiques d'échantillon en temps réel. Dans un mode de réalisation, l'ensemble mobile est un carrousel rotatif incluant au moins une paire d'éléments optiques positionnés sur celui-ci, où l'un des éléments optiques forme un canal d'analyse, et l'autre forme le canal de compensation. En variante, deux carrousels peuvent être utilisés, où l'un inclut le canal d'analyse et l'autre inclut le canal de compensation. Dans un autre mode de réalisation, un réseau linéaire comportant des canaux de compensation et d'analyse peut être utilisé. Durant le fonctionnement, un rayonnement électromagnétique interagit optiquement avec l'échantillon pour former de la lumière résultante d'interaction avec échantillon, qui est dirigée vers les éléments optiques sur l'ensemble mobile. Les éléments optiques sont positionnés sur les ensembles mobiles de telle sorte que la lumière résultante d'interaction avec échantillon interagisse optiquement avec les deux simultanément, fournissant ainsi une compensation en parallèle avec la mesure de caractéristique d'échantillon.



ENSEMBLE MOBILE POUR DÉTECTION SIMULTANÉE DE SIGNAUX D'ANALYSE ET DE COMPENSATION DANS L'INFORMATIQUE OPTIQUE

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne généralement des capteurs optiques et, plus spécifiquement, un dispositif optique à base d'élément de calcul intégré (« Integrated Computational Element » ou ICE) qui utilise des ensembles mobiles pour simultanément détecter les signaux d'analyse et de compensation pour ainsi déterminer des caractéristiques d'échantillon.

CONTEXTE

Ces dernières années, des techniques informatiques optiques ont été développées pour des applications dans l'industrie du pétrole et du gaz sous forme de capteurs optiques dans des équipements en fond de puits ou en surface pour évaluer une variété de propriétés fluidiques. En général, un dispositif informatique optique est un dispositif configuré pour recevoir une entrée de rayonnement électromagnétique à partir d'un échantillon et produire une sortie de rayonnement électromagnétique à partir d'un élément de traitement, également appelé élément optique, la sortie réfléchissant l'intensité mesurée du rayonnement électromagnétique. Le dispositif informatique optique peut être, par exemple, un ICE. Un type d'ICE est un dispositif d'interférence optique à film mince optique, également appelé élément optique à variables multiples (« Multivariate Optical Element » ou MOE).

Fondamentalement, les dispositifs informatiques optiques utilisent des éléments optiques pour réaliser des calculs, par opposition aux circuits câblés de processeurs électroniques classiques. Lorsque de la lumière à partir d'une source de lumière interagit avec une substance, des informations physiques et chimiques uniques concernant la substance sont encodées dans le rayonnement électromagnétique qui est réfléchi à partir de, transmis à travers, ou rayonné à partir de l'échantillon. Ainsi, le dispositif informatique optique, par l'intermédiaire de l'utilisation de l'ICE et d'un ou de plusieurs détecteurs, est capable d'extraire les informations d'un ou de multiples caractéristiques/analytes à l'intérieur d'une substance et de convertir ces informations en signal de sortie détectable réfléchissant les propriétés générales d'un échantillon. De telles caractéristiques peuvent inclure, par exemple, la présence de certains éléments, de certaines compositions, phases fluidiques, etc. existant à l'intérieur de la substance.

La caractéristique ou l'analyte d'intérêt est directement connexe à l'intensité de la lumière transmise à la fois à travers l'échantillon et à travers l'ICE. Cette lumière est généralement appelée canal « A » d'analyse. Un défi dans les dispositifs informatiques optiques ou dispositifs informatiques à ICE est que l'intensité de lumière dans le canal A peut fluctuer. De telles fluctuations pourraient se produire pour une variété de raisons, y compris l'affaiblissement de l'ampoule au fil du temps, en réponse à des variations de concentration en analyte, ou d'autres effets parasites tels que l'accumulation de poussière et de saleté sur les éléments et fenêtres optiques. Ces effets parasites feront en sorte que l'intensité de lumière du canal A fluctue et, donc, introduiront des variations de la précision du dispositif optique.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 illustre un système de puits comportant des dispositifs informatiques optiques déployés dans celui-ci pour la détection de caractéristiques d'échantillon selon certains modes de réalisation illustratifs de la présente invention ;

la figure 2 est un schéma fonctionnel d'un dispositif informatique optique pour la détection de caractéristiques d'échantillon employant une conception d'ensemble mobile singulière, selon certains modes de réalisation illustratifs de la présente invention ;

la figure 3 est un schéma fonctionnel d'un autre dispositif informatique optique employant une double conception d'ensemble mobile, selon certains modes de réalisation illustratifs de la présente invention ;

la figure 4 illustre un schéma fonctionnel d'encore un autre dispositif informatique optique employant un réseau linéaire en tant qu'ensemble mobile, selon certains modes de réalisation illustratifs de la présente invention ; et

la figure 5 est un ensemble mobile selon certains autres modes de réalisation de la présente invention.

DESCRIPTION DE MODES DE RÉALISATION ILLUSTRATIFS

Des modes de réalisation illustratifs et des méthodologies connexes de la présente invention sont décrits ci-dessous, tels qu'ils pourraient être employés dans un dispositif informatique optique et un procédé pour simultanément détecter les signaux d'analyse et de compensation pour déterminer des caractéristiques d'échantillon. Pour la clarté, toutes les particularités d'une mise en œuvre ou méthodologie en tant que telle ne sont pas décrites dans le présent mémoire. Il faut naturellement apprécier que, dans le développement de

tout mode de réalisation en tant que tel, de nombreuses décisions spécifiques à la mise en œuvre doivent être prises pour atteindre les objectifs spécifiques des développeurs, tels que le respect de contraintes connexes au système ou connexes à l'entreprise, qui varieront d'une mise en œuvre à une autre. En outre, il faut apprécier qu'un tel effort de développement puisse être complexe et chronophage, mais serait néanmoins un projet routinier pour l'homme ordinaire du métier possédant l'avantage de la présente invention. Des aspects et avantages supplémentaires des divers modes de réalisation et méthodologies connexes de l'invention deviendront évidents à partir de la considération de la description et des dessins suivants.

10 Comme cela est décrit dans les présentes, un ou plusieurs modes de réalisation illustratifs de la présente invention concernent un dispositif informatique optique qui détecte simultanément les signaux d'analyse et de compensation pour déterminer des caractéristiques d'échantillon. Comme cela est décrit auparavant, un des défis dans l'informatique optique est que l'intensité de lumière dans le canal A peut fluctuer, 15 introduisant ainsi des erreurs dans la précision des mesures. Donc, des modes de réalisation illustratifs de la présente invention normalisent ou éliminent, ou rationnalisent, les effets parasites en utilisant un second canal « B » de compensation. Dans un premier mode de réalisation généralisé, le dispositif informatique optique inclut une source de rayonnement électromagnétique et un ensemble mobile, tel que, par exemple, un carrousel ou réseau 20 linéaire rotatif, comportant au moins une paire d'éléments optiques positionnée sur celui-ci. Les éléments optiques peuvent être un ICE et/ou un élément à densité neutre. Les éléments optiques peuvent également être des filtres passe-bande, par exemple, ou d'autres éléments conçus pour faire passer des portions souhaitées du spectre électromagnétique. Un des éléments optiques peut former un canal d'analyse, alors que l'autre peut former un 25 canal de compensation.

30 Durant le fonctionnement, un rayonnement électromagnétique interagit optiquement avec l'échantillon pour former de la lumière résultante d'interaction avec échantillon, qui est dirigée vers les éléments optiques sur l'ensemble mobile. Les éléments optiques sont positionnés sur l'ensemble mobile de telle sorte que la lumière résultante d'interaction avec échantillon interagisse optiquement avec les deux éléments simultanément, fournissant ainsi une compensation en parallèle avec la mesure de caractéristique d'échantillon (par l'intermédiaire du canal d'analyse).

Dans un ou plusieurs modes de réalisation généralisés, les ensembles mobiles peuvent être deux carrousels rotatifs synchronisés. Les deux carrousels peuvent inclure des éléments optiques, moyennant quoi un carrousel forme le canal d'analyse et l'autre forme le canal de compensation. Durant le fonctionnement, les carrousels peuvent être mis en rotation de façon synchrone de telle sorte que la lumière résultante d'interaction avec échantillon simultanément interagisse avec les deux éléments optiques, fournissant ainsi une compensation en parallèle avec la mesure de caractéristique d'échantillon (par l'intermédiaire du canal d'analyse).

Chacun des modes de réalisation généralisés ci-dessus peut inclure une pluralité de paires d'éléments optiques. Dans de tels modes de réalisation, l'ensemble mobile peut inclure des première et seconde rangées, moyennant quoi une des rangées forme le canal d'analyse, alors que l'autre rangée forme le canal de compensation. Par conséquent, de multiples analytes peuvent être détectés en temps réel tout en fournissant des mesures plus précises d'échantillons fluidiques dynamiques.

Les dispositifs informatiques optiques décrits dans les présentes peuvent être utilisés dans une variété d'environnements. De tels environnements peuvent inclure, par exemple, des applications de puits d'extraction ou de complétion. D'autres environnements peuvent inclure ceux aussi divers que ceux associés à la surveillance en surface et sous-marine, la surveillance par satellite ou drone, la surveillance de pipeline, voire même des capteurs réalisant une transition à travers une cavité corporelle telle qu'un tube digestif. À l'intérieur de ces environnements, les dispositifs informatiques optiques sont utilisés pour détecter/surveiller divers composés ou caractéristiques d'échantillon, en temps réel, à l'intérieur de l'environnement.

Bien que les dispositifs informatiques optiques décrits dans les présentes puissent être utilisés dans une variété d'environnements, dans des buts illustratifs, la description suivante se concentrera sur des applications de puits d'extraction. La figure 1 illustre une pluralité de dispositifs informatiques optiques 22 positionnés le long d'une rame de travail 21 s'étendant le long d'un système de puits d'extraction 10 (également appelé dans les présentes système de fond d'interrogation de réservoir) selon certains modes de réalisation illustratifs de la présente invention. La rame de travail 21 peut être, par exemple, un ensemble de diagraphie, une rame de production ou un ensemble de forage. Le système de puits 10 comprend un puits de forage vertical 12 s'étendant vers le bas dans une formation d'hydrocarbures 14 (bien que ceci ne soit pas illustré, le puits de forage 12 peut

également comprendre une ou plusieurs sections latérales). Un équipement de puits de forage 20 est positionné par-dessus le puits de forage vertical 12, comme cela est entendu dans l'art. L'équipement de puits de forage peut être, par exemple, un obturateur anti-éruption, un derrick, une plateforme flottante, etc. Comme cela est entendu dans l'art, après 5 que le puits de forage vertical 12 est formé, des tubes 16 (tubage, par exemple) sont insérés dans celui-ci pour compléter le puits de forage 12.

Un ou plusieurs dispositifs informatiques optiques 22 peuvent être positionnés le long du puits de forage 12 à une quelconque localisation souhaitée. Dans certains modes de réalisation, les dispositifs informatiques optiques 22 sont positionnés le long des surfaces internes ou externes de l'outil de fond 18 (comme cela est représenté sur la figure 1) qui peut être, par exemple, un équipement d'intervention, un équipement d'arpentage, ou un équipement de complétion y compris des vannes, des garnitures d'étanchéité, des cibles, des mandrins, des mandrins à jauge, en plus du tubage ou des tubes/joints auxquels référence est faite ci-dessous. En variante, cependant, les dispositifs informatiques optiques 22 peuvent être fixés de façon permanente ou amovible aux tubes 16 et distribués dans la totalité du puits de forage 12 dans une quelconque zone dans laquelle une détection/surveillance de corrosion ou évaluation de formation est souhaitée. Les dispositifs informatiques optiques 22 peuvent être couplés à une alimentation électrique à distance (située en surface ou un générateur d'énergie électrique positionné le long du puits 10 de forage, par exemple), alors que, dans d'autres modes de réalisation, chaque dispositif informatique optique 22 comprend une batterie embarquée. En outre, les dispositifs informatiques optiques 22 sont couplés en communication à une station à CPU 24 (« Central Processing Unit » ou unité centrale de traitement) par l'intermédiaire d'une liaison de communication 26, telle que, par exemple, un câble de forage, un couplage à induction ou une autre liaison de communication appropriée. L'homme ordinaire du métier 15 possédant l'avantage de la présente invention appréciera facilement que le nombre et la localisation des dispositifs informatiques optiques 22 peuvent être manipulés selon les souhaits.

Comme cela va être décrit de façon plus détaillée ci-dessous, chaque dispositif informatique optique 22 comprend une paire d'éléments ICE et à densité neutre (« Neutral Density » ou ND) (à savoir, des premier et second éléments optiques) positionnés sur un ou plusieurs ensembles mobiles qui tous les deux interagissent optiquement avec un échantillon d'intérêt (fluide de puits de forage, composant d'outil de fond, tube, formation, 20

par exemple) pour déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'échantillon. Dans certains modes de réalisation illustratifs, les dispositifs informatiques optiques 22 peuvent déterminer la présence et la quantité de gaz, de fluides, de composants et de propriétés spécifiques pertinents à l'exploration et la production d'hydrocarbures tels que, par 5 exemple, CO₂, H₂S, méthane (C1), éthane (C2) et propane (C3), eau saline, ions dissous (Ba, Cl, Na, Fe, ou Sr, par exemple) ou diverses autres caractéristiques (pH., densité et densité relative, viscosité, solides dissous totaux, teneur en sable, etc.). En outre, la présence de données de caractéristique de formation (viscosité, phase, composition chimique de formation, etc.) peut également être déterminée. Dans certains modes de 10 réalisation, un dispositif informatique optique singulier 22 peut détecter une caractéristique singulière, alors que, dans d'autres, un dispositif informatique optique singulier 22 peut déterminer de multiples caractéristiques, comme le comprendra l'homme ordinaire du métier possédant l'avantage de la présente invention.

La station à CPU 24 comprend un processeur de signal (non représenté), un module 15 de communication (non représenté) et autre circuiterie nécessaire pour atteindre les objectifs de la présente invention, comme le comprendra l'homme ordinaire du métier possédant l'avantage de la présente invention. En outre, on reconnaîtra également que les instructions logicielles nécessaires pour atteindre les objectifs de la présente invention peuvent être stockées à l'intérieur d'un stockage situé dans la station à CPU 24 ou chargées 20 dans ce stockage à partir d'un CD-ROM ou d'autres supports de stockage appropriés par l'intermédiaire de procédés câblés ou sans fil. La liaison de communication 26 fournit un support de communication entre la station à CPU 24 et les dispositifs informatiques optiques 22. La liaison de communication 26 peut être une liaison câblée, telle que, par exemple, un câble de forage ou un câble à fibre optique s'étendant vers le bas dans le puits 25 de forage vertical 12. En variante, cependant, la liaison de communication 26 peut être une liaison sans fil, telle que, par exemple, un dispositif électromagnétique de fréquence appropriée, ou d'autres procédés y compris la communication acoustique et des dispositifs similaires.

Dans certains modes de réalisation illustratifs, la station à CPU 24, par 30 l'intermédiaire de son processeur de signal, commande le fonctionnement de chaque dispositif informatique optique 22. En plus d'opérations de détection, la station à CPU 24 peut également commander l'activation et la désactivation des dispositifs informatiques optiques 22. Les dispositifs informatiques optiques 22 incluent chacun un émetteur et un

récepteur (émetteur-récepteur, par exemple) (non représenté) qui permet une communication bidirectionnelle par l'intermédiaire de la liaison de communication 26 en temps réel. Dans certains modes de réalisation illustratifs, les dispositifs informatiques optiques 22 émettront la totalité ou une portion des données de corrosion/de formation ou autres données de caractéristique d'échantillon à la station à CPU 24 pour l'analyse supplémentaire. Cependant, dans d'autres modes de réalisation, une telle analyse est partiellement ou complètement traitée par chaque dispositif informatique optique 22 et les données résultantes sont alors transmises à la station à CPU 24 pour le stockage ou l'analyse suivante. Dans l'un ou l'autre mode de réalisation, le processeur traitant le calcul informatique analyse les données de caractéristique et, par l'intermédiaire de l'utilisation d'équation d'état (« Equation of State » ou EOS) ou d'autres techniques d'analyse optique, dérive la caractéristique d'échantillon souhaitée indiquée par les données transmises.

En faisant toujours référence au mode de réalisation illustratif de la figure 1, les dispositifs informatiques optiques 22 sont positionnés le long de la rame de travail 21 à une quelconque localisation souhaitée. Dans cet exemple, les dispositifs informatiques optiques 22 sont positionnés le long du diamètre extérieur de l'outil de fond 18. Les dispositifs informatiques optiques 22 possèdent un logement résistant à la température et à la pression, suffisant pour supporter l'environnement difficile en fond de puits. Une variété de matériaux peut être utilisée pour le logement, y compris, par exemple, des aciers inoxydables et leurs alliages, du titane et d'autres métaux à haute résistance, et même des composites de fibre de carbone et des structures en saphir ou diamant, comme cela est entendu dans l'art. Dans certains modes de réalisation, les dispositifs informatiques optiques 22 sont des modules en forme de dôme (similaires à un plafonnier de véhicule) qui peuvent être fixés de façon permanente ou amovible à une surface en utilisant un procédé approprié (soudage, aimants, etc.). Les formes de logement de module peuvent varier énormément, à condition qu'elles isolent des composants par rapport à l'environnement difficile en fond de puits tout en permettant toujours une voie de passage optique unidirectionnelle ou bidirectionnelle (ou rayonnement électromagnétique) du capteur à l'échantillon d'intérêt. Les dimensions seront déterminées par les conditions spécifiques d'application et d'environnement.

En variante, les dispositifs informatiques optiques 22 peuvent faire partie de l'outil de fond 18 (comme cela est représenté sur la figure 1) le long de son diamètre intérieur ou extérieur. Dans d'autres modes de réalisation, comme cela va être décrit ci-dessous, les

dispositifs informatiques optiques 22 peuvent être accouplés à l'outil de fond 18 en utilisant un bras extensible (stabilisateur ajustable, racleur de tubage, tracteur de fond, par exemple) afin d'étendre le dispositif informatique optique 22 en proximité d'une autre surface (tubage, corps d'outil, formation, etc.) pour ainsi détecter des caractéristiques 5 d'échantillon (par exemple, évaluation de formation). Comme cela est décrit auparavant, les dispositifs informatiques optiques 22 peuvent également être fixés de façon permanente au diamètre intérieur du tube 16 par un soudage ou autre procédé approprié. Cependant, dans encore un autre mode de réalisation, les dispositifs informatiques optiques 22 sont fixés de façon amovible au diamètre intérieur des tubes 16 en utilisant des aimants ou 10 structures physiques pour que les dispositifs informatiques optiques 22 puissent être périodiquement enlevés dans des buts d'entretien ou autres. Bien qu'illustrés sur la figure 1 comme étant déployés le long d'une rame de forage et/ou de diagraphie, des modes de réalisation de la présente invention peuvent également être déployés le long d'un ensemble 15 à câble de forage.

La figure 2 est un schéma fonctionnel d'un dispositif informatique optique 200, selon certains modes de réalisation illustratifs de la présente invention. Une source de rayonnement électromagnétique 208 peut être configurée pour émettre ou autrement générer un rayonnement électromagnétique 210. Comme cela est entendu dans l'art, la source de rayonnement électromagnétique 208 peut être un quelconque dispositif capable 20 d'émettre ou de générer un rayonnement électromagnétique. Par exemple, la source de rayonnement électromagnétique 208 peut être une ampoule, un dispositif luminescent, un laser, un corps noir, un cristal photonique, ou une source de rayons X, etc. Dans d'autres modes de réalisation, la source de rayonnement électromagnétique 210 peut être de la lumière ambiante présente dans le dispositif.

Néanmoins, dans un mode de réalisation, le rayonnement électromagnétique 210 peut être configuré pour interagir optiquement avec l'échantillon 205 (fluide de puits de forage s'écoulant à travers le puits de forage 12 ou une portion de la formation 14, par exemple) et générer de la lumière résultante d'interaction avec échantillon 212 dirigée vers un séparateur de faisceau 202. Un échantillon 205 peut être un quelconque fluide (liquide 25 ou gaz), une substance ou un matériau solide tel que, par exemple, des composants d'outil de fond, des tubes, des formations rocheuses, des bouillies, des sables, des boues, des déblais de forage, du béton, d'autres surfaces solides, etc. Dans d'autres modes de réalisation, cependant, l'échantillon 205 est un fluide à phases multiples de puits de forage 30

(y compris du pétrole, du gaz, de l'eau, des solides, par exemple) constitué d'une variété de caractéristiques fluidiques, tel que, par exemple, des hydrocarbures C1-C4 et plus élevés, des groupements de tels éléments, et de l'eau saline.

L'échantillon 205 peut être fourni au dispositif informatique optique 200 par l'intermédiaire d'un tuyau d'écoulement ou d'une cellule à échantillon, par exemple, contenant l'échantillon 205, moyennant quoi il est introduit au rayonnement électromagnétique 210. En variante, le dispositif informatique optique 200 peut utiliser une configuration optique constituée d'un élément à facteur de réflexion interne qui analyse le fluide de puits de forage au fur et à mesure qu'il s'écoule à côté de celui-ci ou qui analyse la surface de l'échantillon (surface de formation, par exemple). Alors que la figure 2 représente le rayonnement électromagnétique 210 tel qu'il passe à travers ou est incident sur l'échantillon 205 pour produire la lumière résultante d'interaction avec échantillon 212 (*à savoir*, transmission), il est également envisagé dans les présentes de faire réfléchir le rayonnement électromagnétique 210 à partir de l'échantillon 205 (*à savoir*, mode à facteur de réflexion), tel que dans le cas d'un échantillon 205 qui est translucide, opaque, ou solide, et de la même manière générer la lumière résultante d'interaction avec échantillon 212.

Après avoir été éclairé avec le rayonnement électromagnétique 210, l'échantillon 205 contenant un analyte d'intérêt produit une sortie de rayonnement électromagnétique (la lumière résultante d'interaction avec échantillon 212, par exemple). Comme cela est décrit auparavant, la lumière résultante d'interaction avec échantillon 212 contient également des informations spectrales qui réfléchissent des variations chimiques et physiques de l'échantillon utilisé pour déterminer des caractéristiques d'échantillon. Pour finir, la station à CPU 24 (ou un processeur embarqué sur le dispositif 200) analyse ces informations spectrales pour déterminer la caractéristique d'échantillon. Bien que non spécifiquement représenté, un ou plusieurs éléments spectraux peuvent être employés dans le dispositif informatique optique 200 afin de limiter les longueurs d'onde optiques et/ou largeurs de bande du système et, ainsi, éliminer un rayonnement électromagnétique indésirable existant dans des régions de longueur d'onde qui ne présentent aucune importance. De tels éléments spectraux peuvent être situés à un emplacement quelconque le long du train optique, mais sont typiquement employés directement après la source de lumière qui fournit le rayonnement électromagnétique initial.

En faisant toujours référence au mode de réalisation illustratif de la figure 2, le séparateur de faisceau 202 est employé pour séparer la lumière résultante d'interaction avec échantillon 212 en un rayonnement électromagnétique transmis 214 (à savoir, première portion) et un rayonnement électromagnétique réfléchi 220 (à savoir, seconde portion). Le rayonnement électromagnétique réfléchi 220 est alors dirigé vers l'élément optique 219 (par exemple, miroir) qui le dirige vers l'ensemble mobile 203 (représenté ici sous forme de carrousel rotatif), qui inclut au moins un élément optique 204 et un élément optique apparié 206 associés à celui-ci. Il faut noter que l'ensemble mobile 203 est seulement un exemple d'un ensemble mobile ; dans d'autres modes de réalisation illustratifs, l'ensemble mobile 203 peut être un réseau linéaire ou autre disque rotatif, tel que, par exemple, une roue interruptrice, les éléments optiques 204 et 206 étant radialement disposés pour la rotation avec celui-ci. Le rayonnement électromagnétique transmis 214 est également dirigé vers l'ensemble mobile 203. Dans ce mode de réalisation illustratif, l'élément optique 204 est un ICE, alors que l'élément optique 206 est un élément à ND, formant ainsi un canal d'analyse et de compensation, respectivement. L'élément à ND peut être, par exemple, un filtre à densité neutre qui réduit ou modifie l'intensité de lumière transmise sur toutes les longueurs d'onde de façon égale. Le filtre à ND est typiquement sélectionné pour présenter une réponse spectrale plate dans la région spectrale à l'intérieur de laquelle l'ICE fonctionne.

Comme cela est représenté, l'ensemble mobile 203 inclut une rangée extérieure d'éléments optiques 206 et une rangée intérieure pour les éléments optiques 204 par rapport à un axe central A. Par conséquent, il y a un nombre de paires ICE-ND P qui sont agencées les unes à côté des autres de façon similaire à une colonne. Bien qu'illustré comme présentant des ICE optiques 204 dans la rangée intérieure et des éléments à ND 206 dans la rangée extérieure, les orientations peuvent être inversées dans d'autres modes de réalisation.

L'ensemble mobile 203 est configuré pour aligner simultanément les éléments optiques 204, 206 de chaque paire ICE-ND P avec la lumière résultante d'interaction avec l'échantillon 212 (à savoir, le rayonnement électromagnétique transmis 214 et un rayonnement électromagnétique réfléchi 220). Dans certains modes de réalisation, chaque paire ICE-ND P est conçue pour être associée à, ou désassociée de, la même caractéristique ou à une, ou d'une, caractéristique différente de l'échantillon 205, formant ainsi une pluralité de canaux d'analyse et de compensation. Bien que 8 paires d'éléments optiques P

soient représentées, plus ou moins de paires d'éléments optiques peuvent être employées le long de l'ensemble mobile 203 selon les souhaits.

L'ensemble mobile 203 peut être mis en rotation autour de l'axe A à une quelconque fréquence souhaitée (par exemple, 0,1 tr/min à environ 30 000 tr/min). En 5 fonctionnement, l'ensemble mobile 203 peut être mis en rotation de telle sorte que l'ICE et l'élément à ND de chaque paire P soient simultanément exposés à ou autrement optiquement interagissent avec la lumière résultante d'interaction avec l'échantillon 212 pendant une brève période distincte. Ainsi, lorsqu'un ICE utilisé pour mesurer un analyte 10 d'intérêt est aligné avec son détecteur, l'élément à ND apparié est également aligné avec son détecteur pour fournir le signal de compensation. De cette manière, la paire ICE-élément à ND P détecte toujours le même échantillon en même temps. Lors de l'interaction optique avec le rayonnement électromagnétique transmis 214, l'élément optique 204 (l'ICE) est configuré pour générer de la lumière résultante d'interaction optique 216A (également appelée dans les présentes « première lumière résultante d'interaction optique ») qui correspond à une caractéristique d'échantillon (formant ainsi le canal 15 d'analyse A), alors que l'élément optique 206 (l'élément à ND apparié) est configuré pour générer de la lumière résultante d'interaction optique 216B (également appelée dans les présentes « seconde lumière résultante d'interaction optique ») (formant ainsi le canal de compensation B) lors de l'interaction avec le rayonnement électromagnétique réfléchi 220. 20 Le détecteur 218 reçoit alors la lumière résultante d'interaction optique 216A et ainsi génère un premier signal 222 (à savoir, signal d'analyse), alors que le détecteur 224 reçoit simultanément la lumière résultante d'interaction optique 216B pour générer un second signal 226 (à savoir, signal de compensation). Par conséquent, un processeur de signal (non représenté) couplé en communication aux détecteurs 218, 224 utilise les signaux de 25 sortie 222, 226 pour déterminer par calcul les caractéristiques d'échantillon.

Les détecteurs 218/224 peuvent être un quelconque dispositif capable de détecter le rayonnement électromagnétique, et peuvent être généralement caractérisés comme étant un transducteur optique. Par exemple, le détecteur 218/224 peut être, sans toutefois y être limité, un détecteur thermique tel qu'une thermopile ou un détecteur photoacoustique, un 30 détecteur à semi-conducteur, un détecteur piézo-électrique, un dispositif détecteur à transfert de charge, ou détecteur en réseau, détecteur fendu, détecteur de photons (tel qu'un tube photomultiplicateur), des photodiodes, et /ou des associations de ceux-ci, ou analogues, ou d'autres détecteurs connus de l'homme ordinaire du métier. Le

détecteur 218/224 est en outre configuré pour produire un signal de sortie 222 sous forme de tension ou de courant qui correspond à la caractéristique particulière de l'échantillon 205. Dans au moins un mode de réalisation, le signal de sortie, produit en combinant par calcul les signaux de sortie 222 et 226 à partir du détecteur 218 et du détecteur 224, et la concentration caractéristique de l'échantillon 205 peuvent être directement proportionnels. Dans d'autres modes de réalisation, la relation peut être une fonction polynomiale, une fonction exponentielle, et/ou une fonction logarithmique.

5 Comme cela est entendu dans l'art, la lumière résultante d'interaction optique 216B (le canal de compensation) peut inclure une variété d'écarts de rayonnement électromagnétique tels que, par exemple, des fluctuations d'intensité dans la source de rayonnement électromagnétique 208, ou des fluctuations de diffusion de lumière à partir de particules suspendues dans l'échantillon ou le trajet optique, des associations de celles-ci, ou analogues. Ainsi, le détecteur 224 mesure ces écarts de rayonnement électromagnétique et est utilisé pour compenser ces écarts dans le signal 222.

10 Lorsque l'ensemble mobile 203 continue d'être en rotation, d'autres paires ICE-ND P sont optiquement mises en interaction avec la lumière résultante d'interaction avec l'échantillon 212. Ici, comme chaque ICE et élément à ND dans les paires P interagit simultanément avec la lumière résultante d'interaction avec l'échantillon 212 comme cela est décrit auparavant, des lumières résultantes d'interaction optique à intervalles 15 (216A₁, 216B₁, 216A₂, 216B₂...) sont générées. Ainsi, dans certains modes de réalisation illustratifs, les détecteurs 218, 224 peuvent être configurés pour multiplexer en temps des faisceaux (216A₁, 216B₁, 216A₂, 216B₂...) entre les faisceaux individuellement détectés. Par exemple, les éléments optiques 204 et 206 peuvent être configurés pour diriger des premiers faisceaux 216A₁ et 216B₁ d'une première paire ICE-ND P vers les détecteurs 218 20 et 224, respectivement, à un premier instant T1, les faisceaux 216A₂ et 216B₂ d'une deuxième paire ICE-ND P à un deuxième instant T2, et les faisceaux 216A₃ et 216B₃ d'une troisième paire ICE-ND P à un troisième instant T3. Par conséquent, les détecteurs 218, 224 reçoivent au moins trois faisceaux distincts de lumière résultante 25 d'interaction optique qui peuvent être combinés par calcul par un processeur de signal (non représenté) couplé aux détecteurs afin de fournir une sortie sous forme de tension qui correspond à la caractéristique de l'échantillon, comme cela est décrit auparavant.

Dans certains autres modes de réalisation, la moyenne des faisceaux (216A₁, 216B₁, 216A₂, 216B₂...) peut être réalisée sur un domaine temporel approprié (par

exemple, environ 1 milliseconde à environ 5 minutes) pour déterminer avec plus de précision la caractéristique de l'échantillon 205. Comme cela est décrit auparavant, les détecteurs 218, 224 sont positionnés pour détecter les lumières résultantes d'interaction optique 216A, 216B afin de produire les signaux de sortie 222, 226. Dans ce mode de réalisation, un processeur de signal (non représenté) est couplé en communication aux détecteurs de telle sorte que les signaux de sortie 222, 226 puissent être traités selon les souhaits pour déterminer par calcul la caractéristique de l'échantillon 205.

Bien que ceci ne soit pas représenté sur la figure 2, dans certains modes de réalisation illustratifs, les détecteurs 218, 224 peuvent être couplés en communication à un processeur de signal (non représenté) à bord du dispositif informatique optique 200 (ou éloigné de celui-ci) de telle sorte que le signal de compensation 226 indicatif d'écart de rayonnement électromagnétique puisse être fourni ou autrement transmis à celui-ci. Le processeur de signal peut alors être configuré pour combiner par calcul le signal de compensation 226 avec le signal d'analyse 222 pour fournir une détermination plus précise de la caractéristique de l'échantillon 205.

Comme cela est décrit auparavant, l'élément optique 204 peut être un ICE, alors que l'élément optique 206 peut être un élément à ND, ou vice versa. Dans un autre mode de réalisation, les deux éléments optiques 204 et 206 peuvent être des ICE, formant ainsi une paire ICE-ICE moyennant quoi les ICE forment les canaux d'analyse et de compensation. Dans l'un ou l'autre mode de réalisation, cependant, l'ICE utilisé pour le canal d'analyse est configuré pour être associé à une caractéristique particulière de l'échantillon 205 ou peut être conçu pour approximer ou pour imiter le vecteur de régression de la caractéristique de manière souhaitée.

La figure 3 illustre un schéma fonctionnel d'encore un autre dispositif informatique optique 300 employant deux ensembles mobiles indépendants (par exemple, des carrousels rotatifs), selon certains modes de réalisation illustratifs de la présente invention. Le dispositif informatique optique 300 est quelque peu similaire au dispositif informatique optique 200 décrit en faisant référence à la figure 2 et, donc, peut être le mieux compris en faisant référence à celle-ci, où des numéros identiques indiquent des éléments identiques. Cependant, servant d'ensemble mobile dans cet exemple, un dispositif informatique optique 300 inclut un premier ensemble mobile 303A comportant un ou plusieurs éléments optiques 304 (par exemple, des ICE), et un second ensemble mobile 303B comportant un ou plusieurs éléments optiques 306 (par exemple, des ND ou des ICE) appariés aux

éléments optiques 304, comme cela est décrit auparavant. Les premier et second ensembles mobiles 303A, B sont représentés dans cet exemple sous forme de carrousels rotatifs, mais peuvent être une quelconque variété d'ensembles mobiles décrits dans les présentes. Comme cela est illustré, les ensembles mobiles 303A et 303B peuvent être caractérisés au moins dans un mode de réalisation sous forme de disque rotatif, tel que, par exemple, une roue interruptrice, les éléments optiques 304 et 306 étant radialement disposés pour la rotation avec ceux-ci.

La construction de chaque paire d'éléments optiques 304, 306 peut être similaire à celle des paires telles qu'elles sont décrites auparavant dans les présentes, et chaque paire est configurée pour être associée à une, ou désassociée d'une, caractéristique particulière de l'échantillon 205. Par exemple, chaque paire d'éléments optiques peut être conçue pour déterminer une caractéristique d'échantillon différente. Bien que six paires d'éléments optiques soient décrites, plus ou moins de paires optiques peuvent être employées le long des ensembles mobiles 303A et 303B selon les souhaits.

Dans certains modes de réalisation illustratifs, les ensembles mobiles 303A et 303B sont chacun accouplés à des moteurs 325A et 325B, respectivement. Bien que non représentés, les moteurs 325A et 325B peuvent être accouplés à une circuiterie de traitement, comme cela est décrit auparavant, afin de mettre en rotation les ensembles 303A et 303B de façon synchronisée pour que des paires correspondantes des éléments optiques 304 et 306 interagissent optiquement avec la lumière résultante d'interaction avec l'échantillon 212 (à savoir, les portions 214, 220) en même temps. En variante, un moteur singulier 325 avec une liaison mécanique aux ensembles 303A et 303B peut être utilisé. Dans certains modes de réalisation, l'élément optique 304 est un ICE, formant ainsi le canal d'analyse, alors que l'élément optique 306 est un élément à ND, formant ainsi un canal de compensation pour son ICE apparié. Dans d'autres modes de réalisation, les canaux d'analyse et de compensation peuvent être formés en utilisant des ICE.

Néanmoins, lors de l'interaction optique avec les portions 214 et 220 de la lumière résultante d'interaction avec échantillon 212, les paires d'éléments optiques 304 et 306 sont configurées pour générer de la lumière résultante d'interaction optique 316A (canal d'analyse) et 316B (canal de compensation), respectivement. Le détecteur 318 reçoit alors la lumière résultante d'interaction optique 316A et le détecteur 324 reçoit 316B pour générer un premier signal 222 et un second signal 226, comme cela est décrit auparavant.

Par conséquent, un processeur de signal (non représenté) couplé en communication aux détecteurs 218, 224 utilise les signaux de sortie pour déterminer par calcul les caractéristiques d'échantillon.

En outre, comme cela est décrit en ce qui concerne la figure 2, durant le fonctionnement, les moteurs 325A, B mettent en rotation les ensembles 303A et 303B en utilisant une fréquence synchrone. Par conséquent, les paires ICE-ND sont simultanément mises en interaction avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon 212. Comme cela est représenté sur la figure 3, les éléments optiques 304, 306 sont identifiés par i, ii, iii, iv, v, et vi, où des numéros identiques identifient les paires ICE-ND appariées (ou paires ICE-ICE dans d'autres modes de réalisation). Ainsi, à un premier instant T1, les paires ICE-ND i sont mises simultanément et optiquement en interaction avec la lumière résultante d'interaction avec l'échantillon 212, puis à un second instant T2, les paires ICE-ND ii sont mises en interaction, et ainsi de suite. Les signaux résultants peuvent également être multiplexés ou autrement analysés pour déterminer des caractéristiques d'échantillon, comme cela est décrit auparavant.

La figure 4 illustre un schéma fonctionnel d'encore un autre dispositif informatique optique 400 employant un réseau linéaire en tant qu'ensemble mobile, selon certains modes de réalisation illustratifs de la présente invention. Le dispositif informatique optique 400 est quelque peu similaire aux dispositifs informatiques optiques 200, 300 décrits en faisant référence aux figures 2 et 3, et donc, peut être le mieux compris en faisant référence à celles-ci, où des numéros identiques indiquent des éléments identiques. Cependant, le dispositif informatique optique 400 inclut un réseau linéaire 403 en tant qu'ensemble mobile, comportant une première rangée d'un ou de plusieurs éléments optiques 406 (par exemple, des ICE), et une seconde rangée d'éléments optiques correspondants 404 (par exemple, des ND comme cela est illustré, ou des ICE) appariés aux éléments optiques 406, comme cela est décrit auparavant. La construction de chaque élément optique 404, 406 peut être similaire à celle des éléments décrits auparavant dans les présentes, et chaque élément est configuré pour être associé à une, ou désassocié d'une, caractéristique particulière de l'échantillon 205. Bien que huit paires d'éléments optiques P soient illustrées, plus ou moins de paires optiques peuvent être employées le long de réseau linéaire 403 selon les souhaits.

Dans certains modes de réalisation illustratifs, le réseau linéaire inclut une piste 402 positionnée sur celui-ci qui s'accouple avec une roue dentée 408 pour déplacer le réseau

linéaire le long d'un axe dimensionnel singulier A. Bien que ceci ne soit pas représenté, la roue dentée 408 est couplée à une circuiterie de traitement, comme cela est décrit auparavant, afin de mettre en rotation la roue dentée 408, et ainsi déplacer le réseau linéaire 403, à une vitesse souhaitée pour ainsi séquencer des paires optiques P en interaction avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon 212 (à savoir, les portions 214, 220) en même temps. Comme cela est représenté, les diverses paires optiques P sont situées les unes à côté des autres de façon similaire à une colonne. Dans ce mode de réalisation, les éléments optiques 404 sont des ICE, formant ainsi le canal d'analyse, alors que les éléments optiques 404 sont des éléments à ND, formant ainsi un canal de compensation pour l'ICE apparié. Dans d'autres modes de réalisation, la conception peut être inversée et/ou les canaux d'analyse et de compensation peuvent être formés en utilisant des ICE.

Néanmoins, lors de l'interaction optique avec les portions 214 et 220 de la lumière résultante d'interaction avec échantillon 212, les paires P d'éléments optiques 406 et 404 sont configurées pour générer de la lumière résultante d'interaction optique 416A (canal d'analyse) et 416B (canal de compensation), respectivement. Un détecteur 418 reçoit alors la lumière résultante d'interaction optique 416A et un détecteur 424 reçoit 416B pour générer un premier signal 222 et un second signal 226, comme cela est décrit auparavant. Comme le réseau linéaire 403 continue de se déplacer le long de l'axe A, chaque paire d'éléments optiques P est séquencée jusqu'à ce que la dernière paire P soit séquencée. Après cela, la roue dentée 408 inverse le réseau linéaire 403 de retour le long de l'axe A (de façon similaire à une machine à écrire) où le processus peut recommencer. Par conséquent, un processeur de signal (non représenté) couplé en communication aux détecteurs 418, 424 utilise les signaux de sortie séquencés pour déterminer par calcul les caractéristiques d'échantillon.

La figure 5 est une illustration schématique d'un carrousel rotatif 500 qui peut être utilisé en tant qu'ensemble mobile, comme cela est décrit ci-dessus, selon un ou plusieurs modes de réalisation de la présente invention. Le carrousel rotatif 500 est similaire à l'ensemble mobile 203 décrit auparavant en faisant référence à la figure 2, avec certaines modifications. Au lieu de la façon similaire à une colonne des paires optiques P, le carrousel rotatif 500 inclut une pluralité de paires P d'élément optique 502, 504 qui sont agencées côte à côte à la façon de rangées alternées. Les autres composants optiques (par exemple, séparateurs de faisceau, miroirs, etc.) peuvent être agencés d'un nombre

quelconque de manières pour réaliser une interaction simultanée de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec les canaux d'analyse et de compensation formés par les paires optiques P, comme cela est décrit auparavant. En outre, bien que le premier élément optique 502 soit représenté comme étant l'ICE, alors que le second élément optique 504 est représenté comme étant l'élément à ND, la conception peut être inversée et/ou deux ICE peuvent être utilisés, comme cela est décrit auparavant.

Les dispositifs informatiques optiques mentionnés ci-dessus sont de nature illustrative, et peuvent être soumis à une variété d'autres configurations optiques. De telles configurations optiques non seulement incluent les procédés de réflexion, d'absorption ou de transmission décrits dans les présentes, mais peuvent également comprendre la diffusion (Raleigh & Raman, par exemple) ainsi que l'émission (fluorescence, excitation par rayons X, etc., par exemple). En outre, les dispositifs informatiques optiques peuvent comprendre une configuration de traitement parallèle moyennant quoi la lumière résultante d'interaction avec échantillon est divisée en de multiples faisceaux. Les multiples faisceaux peuvent alors simultanément passer par des ICE correspondants, moyennant quoi de multiples caractéristiques et/ou analytes d'intérêt sont simultanément détectés. La configuration de traitement parallèle est particulièrement utile dans les applications qui nécessitent une puissance extrêmement basse ou qui ne doivent inclure aucune pièce mobile.

Par conséquent, les modes de réalisation illustratifs décrits dans les présentes éliminent l'utilisation de mesures A et B en série et fournissent des mesures plus précises d'échantillons fluidiques dynamiques possibles dans des systèmes qui mesurent de multiples signaux d'ICE. Grâce à l'utilisation de séparateurs de faisceau et d'autres éléments optiques, deux trajets optiques (canaux d'analyse et de compensation) sont créés en utilisant deux rangées d'éléments optiques sur des carrousels rotatifs ou une rangée singulière d'éléments optiques sur deux carrousels rotatifs synchrones. Chaque mode de réalisation garantit que, lorsqu'un ICE est aligné avec son détecteur, un élément à ND (ou autre ICE) est aligné avec son détecteur simultanément. Un tel agencement a pour résultat le fait que l'ICE et l'élément à ND détectent toujours le même échantillon en même temps.

Par conséquent, les modes de réalisation décrits évitent le cas où, en raison d'un intervalle de temps entre la détection de signal de canaux A et B, un échantillon différent est analysé par chaque canal optique. Aux cas où les propriétés d'échantillon changent rapidement par rapport au temps entre des mesures des canaux A et B, les deux canaux

n'observent pas le même volume d'échantillon en même temps, ce qui peut avoir pour résultat des performances réduites en raison de variations de compensation. Cependant, en détectant simultanément les deux canaux, de telles variations sont évitées.

Les modes de réalisation décrits dans les présentes concernent en outre l'un ou 5 plusieurs quelconque des paragraphes suivants :

1. Un dispositif informatique optique, comprenant un rayonnement électromagnétique qui interagit optiquement avec un échantillon pour produire de la lumière résultante d'interaction avec échantillon ; un ensemble mobile, comprenant : un premier élément optique qui interagit optiquement avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon pour produire une première lumière résultante d'interaction optique qui correspond à une caractéristique de l'échantillon, formant ainsi un canal d'analyse ; et un second élément optique qui interagit optiquement avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon pour produire une seconde lumière résultante d'interaction optique utilisée pour compenser le canal d'analyse, formant ainsi un canal de compensation, dans lequel les 10 premiers et seconds éléments optiques sont positionnés le long de l'ensemble mobile pour interagir simultanément avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon ; un premier détecteur positionné pour mesurer la première lumière résultante d'interaction optique et générer un premier signal ; et un second détecteur positionné pour mesurer la 15 seconde lumière résultante d'interaction optique et générer un second signal, dans lequel les premiers et seconds signaux sont utilisés pour déterminer les caractéristiques de l'échantillon.

2. Un dispositif informatique optique selon le paragraphe 1, comprenant en outre : un séparateur de faisceau positionné pour séparer la lumière résultante d'interaction avec échantillon en des première et seconde portions, la première portion étant dirigée vers 25 le canal d'analyse ; et un élément optique positionné pour diriger la seconde portion vers le canal de compensation.

3. Un dispositif informatique optique selon les paragraphes 1 ou 2, dans lequel le premier élément optique est un élément de calcul intégré (« Integrated Computational Element » ou ICE) ; et le second élément optique est un élément à densité neutre.

30 4. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 3, dans lequel les premiers et seconds éléments optiques sont des éléments de calcul intégrés (« Integrated Computational Elements » ou ICE).

5. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 4, dans lequel l'ensemble mobile comprend une pluralité de canaux d'analyse ; et une pluralité de canaux de compensation qui correspondent aux canaux d'analyse.

6. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 5, dans lequel l'ensemble mobile est un carrousel disposé de façon rotative autour d'un axe central ; les canaux d'analyse sont positionnés le long d'une rangée extérieure du carrousel par rapport à l'axe central ; les canaux de compensation sont positionnés le long d'une rangée intérieure du carrousel par rapport à l'axe central ; et des canaux d'analyse et de compensation correspondants sont positionnés l'un à côté de l'autre à la façon d'une colonne, formant ainsi une paire optique.

10
7. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 6, dans lequel : l'ensemble mobile est un réseau linéaire ; les canaux d'analyse sont positionnés le long d'une première rangée du réseau linéaire ; les canaux de compensation sont positionnés le long d'une seconde rangée du réseau linéaire ; et des canaux d'analyse et de compensation correspondants sont positionnés l'un à côté de l'autre à la façon d'une colonne, formant ainsi une paire optique, dans lequel le réseau linéaire est mobile dans une dimension singulière pour séquencer les paires optiques pour interagir avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon.

15
8. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 7, dans lequel l'ensemble mobile est un carrousel ; et les canaux d'analyse et de compensation sont positionnés d'une façon similaire à des rangées alternées le long du carrousel de telle sorte que des canaux d'analyse et de compensation correspondants soient positionnés l'un à côté de l'autre, formant ainsi une paire optique.

20
9. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 8, dans lequel : l'ensemble mobile est un carrousel disposé de façon rotative autour d'un axe central ; les canaux de compensation sont positionnés le long d'une rangée extérieure du carrousel par rapport à l'axe central ; les canaux d'analyse sont positionnés le long d'une rangée intérieure du carrousel par rapport à l'axe central ; et des canaux d'analyse et de compensation correspondants sont positionnés l'un à côté de l'autre à la façon d'une colonne, formant ainsi une paire optique.

30
10. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 9, dans lequel l'ensemble mobile comprend : un premier carrousel rotatif comprenant le

premier élément optique ; et un second carrousel rotatif comprenant le second élément optique.

11. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 9, comprenant en outre au moins un moteur accouplé aux premier et second carrousels rotatifs afin de mettre en rotation de façon synchrone les premier et second carrousels rotatifs.

12. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 11, comprenant en outre un séparateur de faisceau positionné pour séparer la lumière résultante d'interaction avec échantillon en des première et seconde portions, la première portion étant dirigée vers le canal d'analyse ; et un élément optique positionné pour diriger la seconde portion vers le canal de compensation.

13. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 12, dans lequel le premier carrousel rotatif comprend en outre une pluralité de canaux d'analyse ; et le second carrousel rotatif comprend en outre une pluralité de canaux de compensation qui correspondent aux canaux d'analyse.

14. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 13, comprenant en outre une source de rayonnement électromagnétique qui génère le rayonnement électromagnétique.

15. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 14, comprenant en outre un processeur de signal couplé en communication aux premier et second détecteurs pour déterminer par calcul les caractéristiques de l'échantillon.

16. Un dispositif informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 1 à 13, dans lequel le dispositif informatique optique comprend une partie d'un système de fond d'interrogation de réservoir.

17. Un procédé de calcul informatique optique, comprenant l'interaction optique de rayonnement électromagnétique avec un échantillon pour produire de la lumière résultante d'interaction avec échantillon ; l'actionnement d'un ensemble mobile comprenant des premier et second éléments optiques ; l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le premier élément optique pour produire une première lumière résultante d'interaction optique qui correspond à une caractéristique de l'échantillon, formant ainsi un canal d'analyse ; l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le second élément optique pour produire une seconde lumière résultante d'interaction optique utilisée pour compenser le canal

d'analyse, formant ainsi un canal de compensation, dans lequel la lumière résultante d'interaction avec échantillon est simultanément mise en interaction optique avec les premier et second éléments optiques ; la génération d'un premier signal qui correspond au canal d'analyse ; la génération d'un second signal qui correspond au canal de compensation ; et la détermination des caractéristiques de l'échantillon en utilisant les premier et second signaux.

18. Un procédé de calcul informatique optique selon le paragraphe 17, dans lequel l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec les premier et second éléments optiques comprend : l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un séparateur de faisceau ; la séparation de la lumière résultante d'interaction avec échantillon en des première et seconde portions ; la direction de la première portion vers le canal d'analyse ; et la direction de la seconde portion vers le canal de compensation.

19. Un procédé de calcul informatique optique selon les paragraphes 17 et 18, dans lequel : l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le premier élément optique comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un élément de calcul intégré (« Integrated Computational Element » ou ICE) ; et l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le second élément optique comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un élément à densité neutre.

20. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 19, dans lequel l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec les premier et second éléments optiques comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec des éléments de calcul intégrés (« Integrated Computational Elements » ou ICE).

21. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 20, dans lequel l'ensemble mobile comprend en outre : une pluralité de canaux d'analyse ; et une pluralité de canaux de compensation qui correspondent aux canaux d'analyse, formant ainsi des paires optiques.

22. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 21, dans lequel : l'ensemble mobile est un carrousel rotatif ; et l'actionnement de l'ensemble mobile comprend la mise en rotation du carrousel.

23. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 22, dans lequel : l'ensemble mobile est un réseau linéaire ; et l'actionnement de l'ensemble mobile comprend le déplacement du réseau linéaire le long d'une dimension singulière, séquençant ainsi les paires optiques pour interagir avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon.

5 24. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 23, comprenant en outre l'utilisation du dispositif informatique optique en tant que partie d'un système de fond d'interrogation de réservoir.

10 25. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 24, dans lequel l'ensemble mobile comprend : un premier carrousel comprenant une pluralité de premiers éléments optiques ; et un second carrousel comprenant une pluralité de seconds éléments optiques qui correspondent aux premiers éléments optiques, formant ainsi des paires optiques ; et l'actionnement de l'ensemble mobile comprend la mise en rotation des premier et second carrousels.

15 26. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 25, dans lequel les premier et second carrousels sont mis en rotation de façon synchrone de telle sorte que les paires optiques interagissent avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon en séquence.

20 27. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 26, dans lequel l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec les premier et second éléments optiques comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un séparateur de faisceau ; la séparation de la lumière résultante d'interaction avec échantillon en des première et seconde portions ; la direction de la première portion vers le canal d'analyse ; et la direction de la seconde portion vers le canal de compensation.

25 28. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 27, dans lequel : l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le premier élément optique comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un élément de calcul intégré (« Integrated Computational Element » ou ICE) ; et l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le second élément optique comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un élément à densité neutre.

29. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 28, dans lequel l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec les premier et second éléments optiques comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec des éléments de calcul intégrés (« Integrated Computational Elements » ou ICE).

5 30. Un procédé de calcul informatique optique selon l'un quelconque des paragraphes 17 à 29, comprenant en outre l'utilisation du dispositif informatique optique en tant que partie d'un système de fond d'interrogation de réservoir.

Bien que divers modes de réalisation et méthodologies aient été présentés et décrits,
10 la présente invention n'est pas limitée à de tels modes de réalisation et méthodologies, et il sera entendu qu'elle inclut toutes les modifications et variations qui seraient évidentes pour l'homme ordinaire du métier. Donc, il faut entendre que les modes de réalisation ne sont pas prévus pour être limités aux formes particulières divulguées. Plutôt, l'intention est de couvrir toutes les modifications, tous les équivalents et toutes les alternatives se trouvant au sein de l'esprit et de la portée de la présente invention telle qu'elle est définie par les revendications jointes.
15

REVENDICATIONS

1. Dispositif informatique optique, comprenant :

un rayonnement électromagnétique qui interagit optiquement avec un échantillon

5 pour produire de la lumière résultante d'interaction avec échantillon ;

un ensemble mobile, comprenant :

10 un premier élément optique qui interagit optiquement avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon pour produire une première lumière résultante d'interaction optique qui correspond à une caractéristique de l'échantillon, formant ainsi un canal d'analyse ; et

un second élément optique qui interagit optiquement avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon pour produire une seconde lumière résultante d'interaction optique utilisée pour compenser le canal d'analyse, formant ainsi un canal de compensation,

15 dans lequel les premier et second éléments optiques sont positionnés le long de l'ensemble mobile pour interagir simultanément avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon ;

un premier détecteur positionné pour mesurer la première lumière résultante d'interaction optique et générer un premier signal ; et

20 un second détecteur positionné pour mesurer la seconde lumière résultante d'interaction optique et générer un second signal,

dans lequel les premier et second signaux sont utilisés pour déterminer les caractéristiques de l'échantillon.

25 2. Dispositif informatique optique selon la revendication 1, comprenant en outre :

un séparateur de faisceau positionné pour séparer la lumière résultante d'interaction avec échantillon en des première et seconde portions, la première portion étant dirigée vers le canal d'analyse ; et

30 un élément optique positionné pour diriger la seconde portion vers le canal de compensation.

3. Dispositif informatique optique selon la revendication 1, dans lequel :

le premier élément optique est un élément de calcul intégré (« Integrated

Computational Element » ou ICE) ; et

le second élément optique est un élément à densité neutre.

4. Dispositif informatique optique selon la revendication 1, dans lequel les premier et second éléments optiques sont des éléments de calcul intégrés (« Integrated Computational Elements » ou ICE).

5. Dispositif informatique optique selon la revendication 1, dans lequel l'ensemble mobile comprend :

une pluralité de canaux d'analyse ; et

une pluralité de canaux de compensation qui correspondent aux canaux d'analyse.

10 6. Dispositif informatique optique selon la revendication 5, dans lequel :

l'ensemble mobile est un carrousel disposé de façon rotative autour d'un axe central ; les canaux d'analyse sont positionnés le long d'une rangée extérieure du carrousel par rapport à l'axe central ;

les canaux de compensation sont positionnés le long d'une rangée intérieure du carrousel par rapport à l'axe central ; et

des canaux d'analyse et de compensation correspondants sont positionnés l'un à côté de l'autre à la façon d'une colonne, formant ainsi une paire optique.

7. Dispositif informatique optique selon la revendication 5, dans lequel :

l'ensemble mobile est un réseau linéaire ;

20 les canaux d'analyse sont positionnés le long d'une première rangée du réseau linéaire ;

les canaux de compensation sont positionnés le long d'une seconde rangée du réseau linéaire ; et

25 des canaux d'analyse et de compensation correspondants sont positionnés l'un à côté de l'autre à la façon d'une colonne, formant ainsi une paire optique,

dans lequel le réseau linéaire est mobile dans une dimension singulière pour séquencer les paires optiques pour interagir avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon.

8. Dispositif informatique optique selon la revendication 5, dans lequel :

30 l'ensemble mobile est un carrousel ; et

les canaux d'analyse et de compensation sont positionnés d'une façon similaire à des rangées alternées le long du carrousel de telle sorte que des canaux d'analyse et de compensation correspondants soient positionnés l'un à côté de l'autre, formant ainsi une paire optique.

5 9. Dispositif informatique optique selon la revendication 5, dans lequel :

l'ensemble mobile est un carrousel disposé de façon rotative autour d'un axe central ; les canaux de compensation sont positionnés le long d'une rangée extérieure du carrousel par rapport à l'axe central ;

10 les canaux d'analyse sont positionnés le long d'une rangée intérieure du carrousel par rapport à l'axe central ; et

des canaux d'analyse et de compensation correspondants sont positionnés l'un à côté de l'autre à la façon d'une colonne, formant ainsi une paire optique.

10. Dispositif informatique optique selon la revendication 1, dans lequel l'ensemble mobile comprend :

15 un premier carrousel rotatif comprenant le premier élément optique ; et
un second carrousel rotatif comprenant le second élément optique.

11. Dispositif informatique optique selon la revendication 10, comprenant en outre au moins un moteur accouplé aux premier et second carrousels rotatifs afin de mettre en rotation de façon synchrone les premier et second carrousels rotatifs.

20 12. Dispositif informatique optique selon la revendication 10, comprenant en outre :

un séparateur de faisceau positionné pour séparer la lumière résultante d'interaction avec échantillon en des première et seconde portions, la première portion étant dirigée vers le canal d'analyse ; et

25 un élément optique positionné pour diriger la seconde portion vers le canal de compensation.

13. Dispositif informatique optique selon la revendication 10, dans lequel :

le premier carrousel rotatif comprend en outre une pluralité de canaux d'analyse ; et

le second carrousel rotatif comprend en outre une pluralité de canaux de compensation qui correspondent aux canaux d'analyse.

14. Dispositif informatique optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, comprenant en outre une source de rayonnement électromagnétique qui génère le rayonnement électromagnétique.
15. Dispositif informatique optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, 5 comprenant en outre un processeur de signal couplé en communication aux premier et second détecteurs pour déterminer par calcul les caractéristiques de l'échantillon.
16. Dispositif informatique optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel le dispositif informatique optique comprend une partie d'un système de fond d'interrogation de réservoir.
- 10 17. Procédé de calcul informatique optique, comprenant :
l'interaction optique d'un rayonnement électromagnétique avec un échantillon pour produire de la lumière résultante d'interaction avec échantillon ;
l'actionnement d'un ensemble mobile comprenant des premier et second éléments optiques ;
15 l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le premier élément optique pour produire une première lumière résultante d'interaction optique qui correspond à une caractéristique de l'échantillon, formant ainsi un canal d'analyse ;
l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le second élément optique pour produire une seconde lumière résultante d'interaction optique utilisée pour compenser le canal d'analyse, formant ainsi un canal de compensation,
20 dans lequel la lumière résultante d'interaction avec échantillon est simultanément mise en interaction optique avec les premier et second éléments optiques ;
la génération d'un premier signal qui correspond au canal d'analyse ;
25 la génération d'un second signal qui correspond au canal de compensation ; et
la détermination des caractéristiques de l'échantillon en utilisant les premier et second signaux.
18. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 17, dans lequel l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec les 30 premier et second éléments optiques comprend :
l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un

séparateur de faisceau ;

la séparation de la lumière résultante d'interaction avec échantillon en des première et seconde portions ;

la direction de la première portion vers le canal d'analyse ; et

5 la direction de la seconde portion vers le canal de compensation.

19. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 17, dans lequel :

l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le premier élément optique comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un élément de calcul intégré (« Integrated Computational Element » ou ICE) ; et

10 l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le second élément optique comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un élément à densité neutre.

20. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 17, dans lequel

15 l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec les premier et second éléments optiques comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec des éléments de calcul intégrés (« Integrated Computational Elements » ou ICE).

21. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 17, dans lequel

20 l'ensemble mobile comprend en outre :

une pluralité de canaux d'analyse ; et

une pluralité de canaux de compensation qui correspondent aux canaux d'analyse, formant ainsi des paires optiques.

22. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 17, dans lequel :

25 l'ensemble mobile est un carrousel rotatif ; et

l'actionnement de l'ensemble mobile comprend la mise en rotation du carrousel.

23. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 17, dans lequel :

l'ensemble mobile est un réseau linéaire ; et

l'actionnement de l'ensemble mobile comprend le déplacement du réseau linéaire le

long d'une dimension singulière, séquençant ainsi les paires optiques pour interagir avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon.

24. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 17, comprenant en outre l'utilisation du dispositif informatique optique en tant que partie d'un système de fond d'interrogation de réservoir.

25. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 17, dans lequel :
l'ensemble mobile comprend :

un premier carrousel comprenant une pluralité de premiers éléments optiques ; et

10 un second carrousel comprenant une pluralité de seconds éléments optiques qui correspondent aux premiers éléments optiques, formant ainsi des paires optiques ; et

l'actionnement de l'ensemble mobile comprend la mise en rotation des premier et second carrousels.

26. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 25, dans lequel les premiers et seconds carrousels sont mis en rotation de façon synchrone de telle sorte que les paires optiques interagissent avec la lumière résultante d'interaction avec échantillon en séquence.

27. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 25, dans lequel l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec les premiers et seconds éléments optiques comprend :

l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un séparateur de faisceau ;

la séparation de la lumière résultante d'interaction avec échantillon en des première et seconde portions ;

25 la direction de la première portion vers le canal d'analyse ; et

la direction de la seconde portion vers le canal de compensation.

28. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 25, dans lequel :

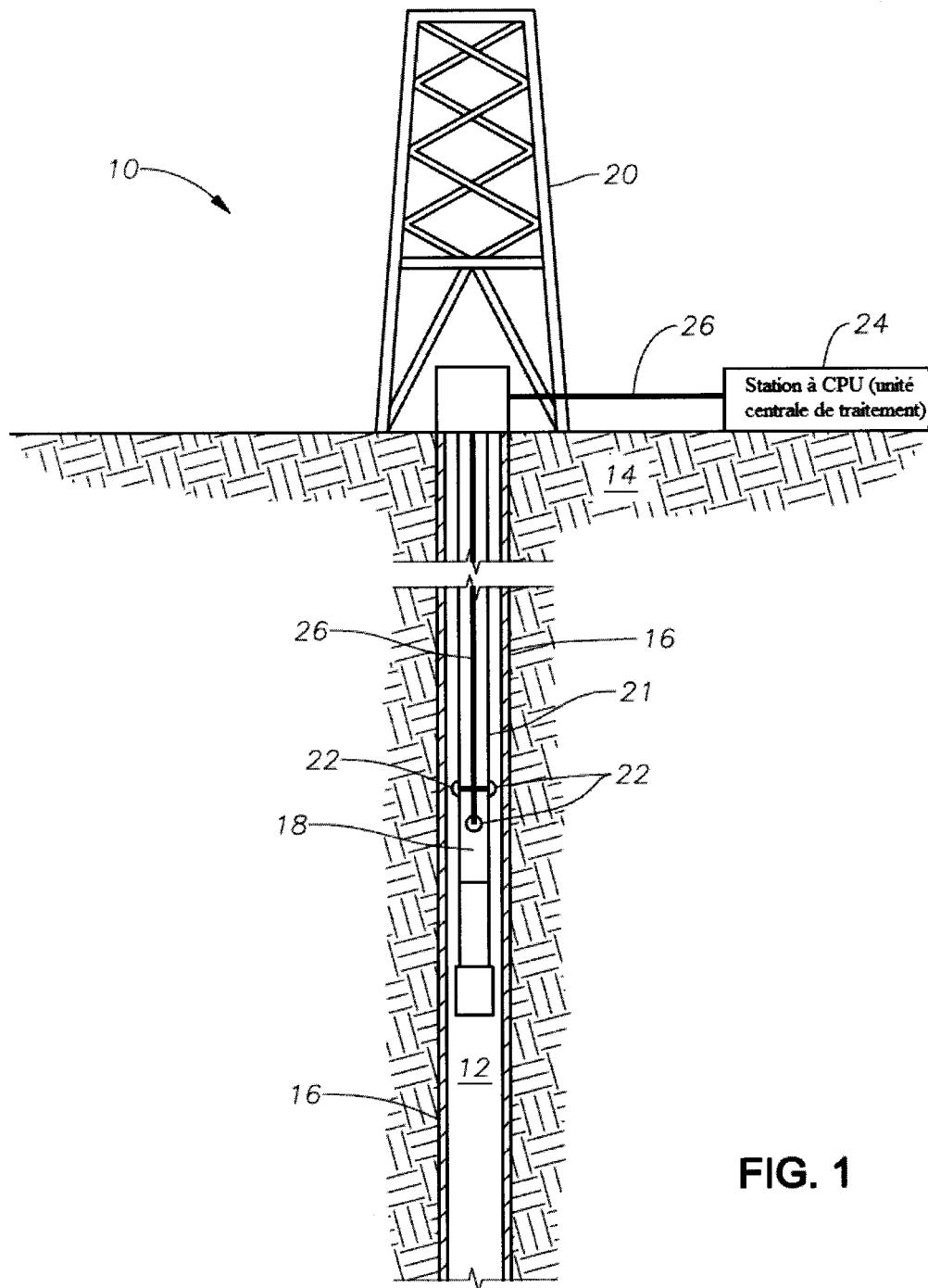
l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le premier élément optique comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un élément de calcul intégré (« Integrated

Computational Element » ou ICE) ; et

l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec le second élément optique comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec un élément à densité neutre.

- 5 29. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 25, dans lequel l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec les premier et second éléments optiques comprend l'interaction optique de la lumière résultante d'interaction avec échantillon avec des éléments de calcul intégrés (« Integrated Computational Elements » ou ICE).
- 10 30. Procédé de calcul informatique optique selon la revendication 25, comprenant en outre l'utilisation du dispositif informatique optique en tant que partie d'un système de fond d'interrogation de réservoir.

1/5

**FIG. 1**

2/5

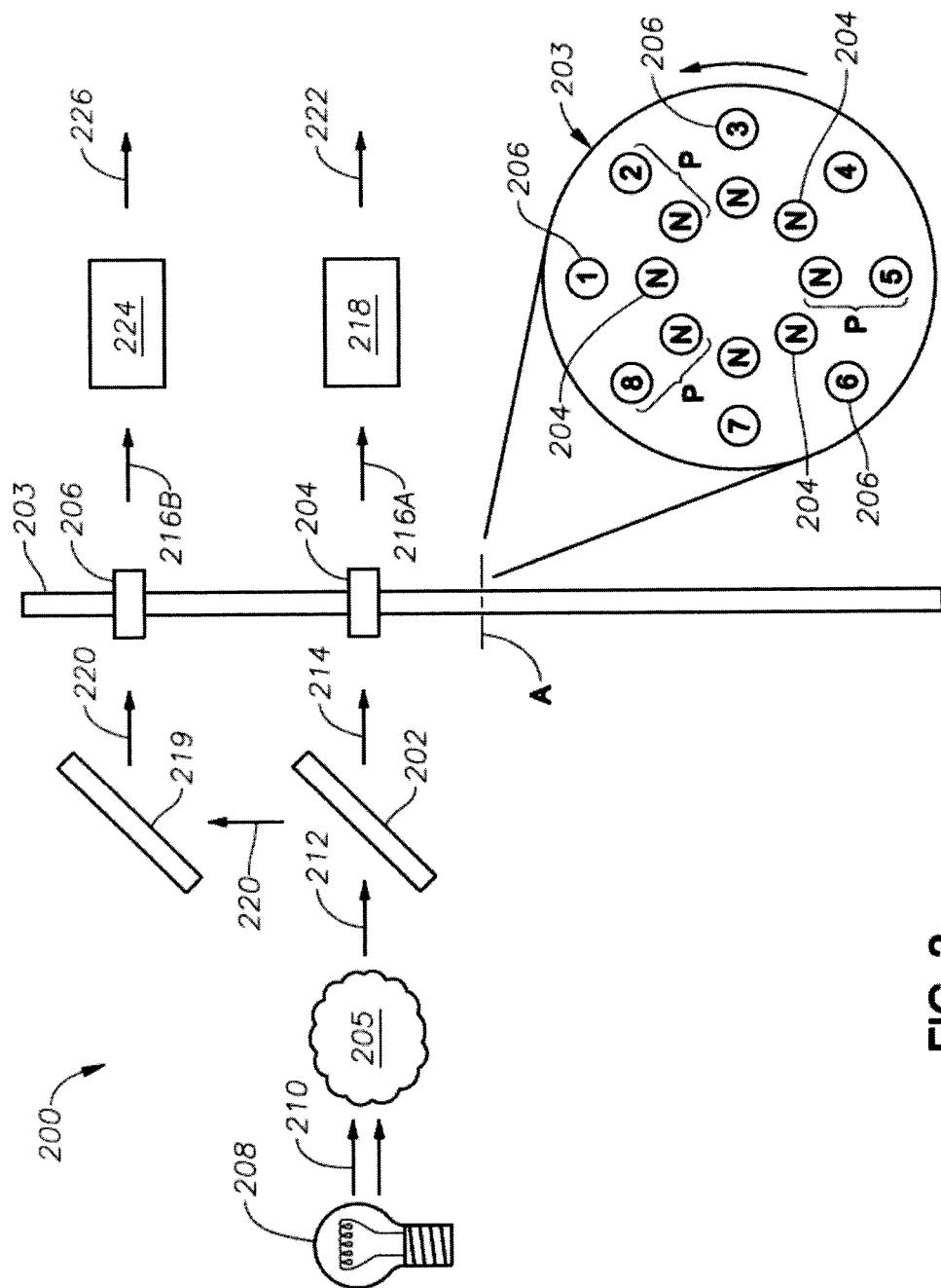


FIG. 2

7

3/5

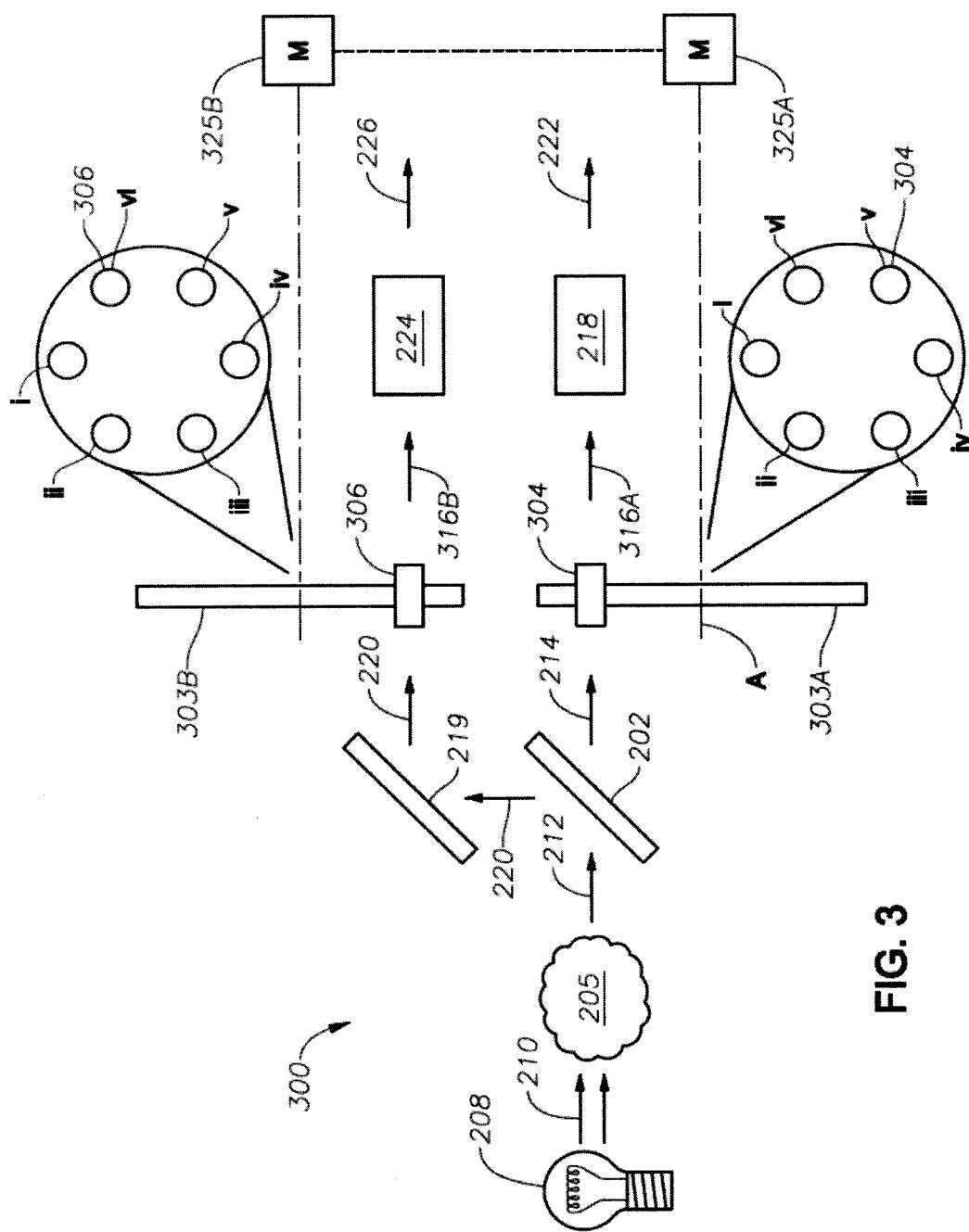


FIG. 3

L

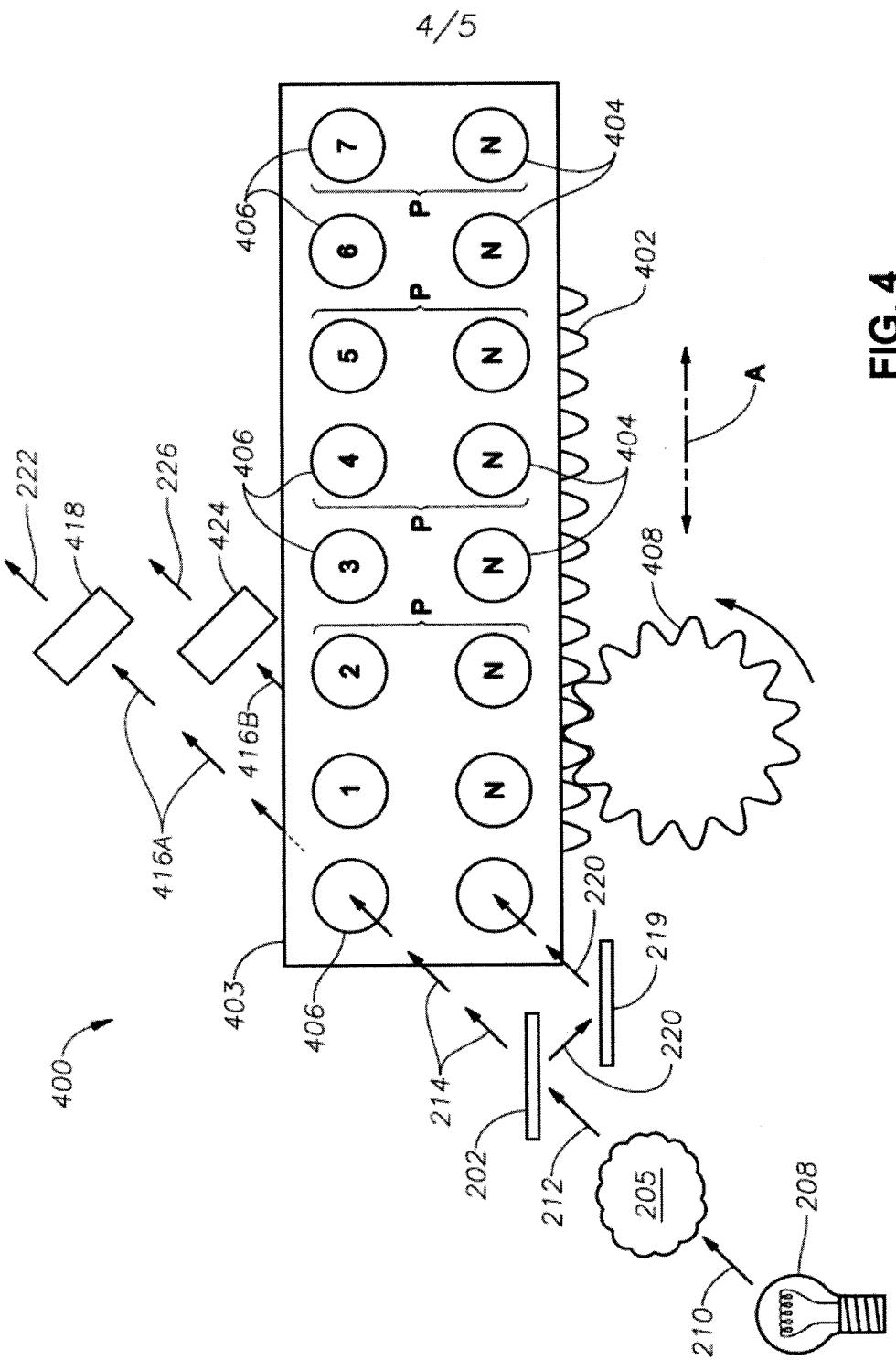
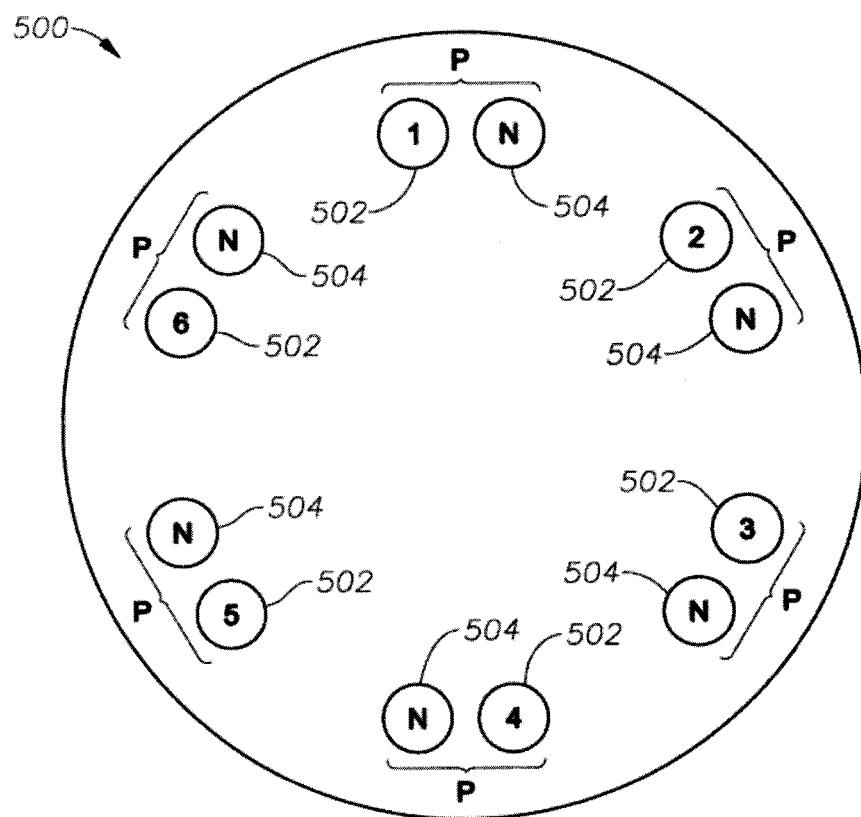


FIG. 4

5/5

**FIG. 5**