

(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
30 décembre 2020 (30.12.2020)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/260203 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G01N 21/64 (2006.01) G01N 21/78 (2006.01)
G01N 1/22 (2006.01) B01L 3/00 (2006.01)

PROCESSUS INDUSTRIELS - ARMINES [FR/FR] ; 60 boulevard Saint-Michel, 75272 PARIS Cedex 06 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2020/067360

(72) Inventeurs : **LE CALVE, Stéphane** ; Chez CNRS / ICPEES, 25 rue Becquerel, 67087 STRASBOURG Cedex (FR). **ANDRIKOPOULOU, Christina** ; Chez CNRS / ICPEES, 25 rue Becquerel, 67087 STRASBOURG Cedex (FR). **BECKER, Anais** ; Chez CNRS / ICPEES, 25 rue Becquerel, 67087 STRASBOURG Cedex (FR). **BERNHARDT, Pierre** ; Chez In' Air Solutions, 25 rue Becquerel, Hall de Technologie, 67087 STRASBOURG Cedex (FR). **TROCQUET, Claire** ; Chez In' Air Solutions, 25 rue Becquerel, Hall de Technologie, 67087 STRASBOURG Cedex (FR). **PLAISANCE, Hervé** ; Chez Armines, 60 Boulevard Saint Michel, 75272 PARIS CEDEX 06 (FR).

(22) Date de dépôt international :

22 juin 2020 (22.06.2020)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

FR1906855 25 juin 2019 (25.06.2019) FR

(74) Mandataire : **FONQUERNIE, Sophie** et al. ; Conseils en Propriété Industrielle MARKS & CLERK FRANCE, Immeuble VISIUM, 22 avenue Aristide Briand, 94117 AR-CUEIL Cedex (FR).

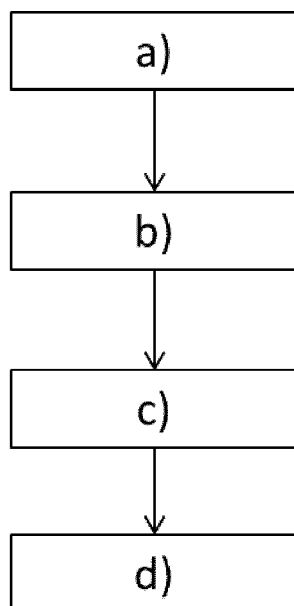
(71) Déposants : **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE** [FR/FR] ; 3, rue Michel-Ange, 75016 PARIS (FR). **IN' AIR SOLUTIONS** [FR/FR] ; Bâtiment 73, 25 rue Becquerel, 67200 STRASBOURG (FR). **UNIVERSITE DE STRASBOURG** [FR/FR] ; 4 Rue Blaise Pascal, 67081 STRASBOURG CEDEX (FR). **ASSOCIATION POUR LA RECHERCHE ET LE DEVELOPPEMENT DE METHODES ET**

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: MICROFLUID ANALYSIS METHOD AND DEVICE FOR QUANTIFYING SOLUBLE GASEOUS POLLUTANTS IN WATER

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIFS D'ANALYSES MICROFLUIDIQUES POUR LA QUANTIFICATION DE POLLUANTS GAZEUX SOLUBLES DANS L'EAU

[Fig. 1]



(57) Abstract: Method for analyzing a gaseous pollutant by means of a microfluid circuit comprising a means for pumping a liquid and a means for trapping a gas, characterized in that it comprises the following steps: a) generating a flow of a liquid, the liquid comprising a selective derivative agent; b) trapping and dissolving gaseous pollutant in the flow; c) reaction of the pollutant with the selective derivative agent so as to form a liquid derivative compound; d) measuring the concentration of liquid derivative compound and determining the concentration of gaseous pollutant.

(57) Abrégé : Procédé d'analyse d'un polluant gazeux au moyen d'un circuit microfluidique comprenant un moyen de pompage d'un liquide et un moyen de piégeage d'un gaz, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : a) Génération d'un écoulement d'un liquide, le liquide comprenant un agent dérivant sélectif; b) Piégeage et dissolution du polluant gazeux dans l'écoulement; c) Réaction du polluant avec l'agent dérivant sélectif de manière à former un composé dérivé liquide; d) Mesure de la concentration en composé dérivé liquide et détermination de la concentration en polluant gazeux.

WO 2020/260203 A1

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasienn (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))

Description

Titre de l'invention : Procédé et dispositifs d'analyses microfluidiques pour la quantification de polluants gazeux solubles dans l'eau

5 [0001] La présente invention concerne un procédé d'analyse d'un polluant gazeux, tel que le formaldéhyde, ainsi qu'un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé.

[0002] Les polluants gazeux, tels que le formaldéhyde, sont présents dans notre environnement. Dans l'environnement extérieur, ils peuvent provenir directement des rejets industriels ou automobiles ou de feux de forêt, ou indirectement par oxydation de
10 composés volatils organiques. Le formaldéhyde étant soluble dans l'eau, il se retrouve également dans les océans, mers, eaux de surface ou eaux de pluie.

[0003] Il se retrouve également dans l'environnement intérieur, car il est dégagé par certaines peintures, par des bois ou papiers traités, par des résines ou même par des textiles. Généralement, en environnement intérieur, le formaldéhyde est présent à des
15 concentrations variant entre 10 et 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, et pouvant même atteindre plusieurs centaines de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en milieu professionnel. Des normes ont fixé des seuils limite de concentration en formaldéhyde pour les milieux professionnels et non-professionnels, il devient donc nécessaire et essentiel de pouvoir mesurer précisément les taux d'émission en polluants gazeux, notamment en formaldéhyde, dans l'air.

20 [0004] Plusieurs dispositifs d'analyse ont déjà été développés. Pour certains, comme les analyseurs commercialisés par Aerolaser (Hak et al., Atmos. Chem. Phys., 5 : 2881-2900, 2005) ou In'Air Solutions (Guglielmini et al., Talanta, 72 : 102-108, 2017), ils consistent à piéger le polluant gazeux à analyser dans une solution liquide comprenant un agent dérivant sélectif avec lequel le polluant gazeux réagit quantitativement. C'est via la
25 mesure de la concentration du produit résultant de la réaction entre l'agent dérivant et le polluant gazeux que l'on peut mesurer la concentration en polluant gazeux. Néanmoins, ces dispositifs comprennent une pompe à gaz, pour piéger l'air comprenant le polluant gazeux à analyser dans le dispositif, et un régulateur de débit massique, pour réguler le débit de la solution liquide comprenant l'agent dérivant sélectif, qui sont

particulièrement onéreux, encombrants, bruyants et énergivores. Cela limite le développement de dispositifs d'analyse portables.

[0005] L'invention vise à remédier aux inconvénients précités de l'art antérieur, plus particulièrement elle vise à proposer un procédé d'analyse d'un polluant gazeux et un
5 dispositif d'analyse d'un polluant gazeux pouvant mettre en œuvre le procédé, le dispositif ne comprenant aucune pompe à gaz, ni aucun régulateur de débit massique.

[0006] Un objet de l'invention est donc un procédé d'analyse d'un polluant gazeux au moyen d'un circuit microfluidique comprenant un moyen de pompage d'un liquide et un moyen de piégeage d'un gaz, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 10 a) Génération d'un écoulement d'un liquide, le liquide comprenant un agent dérivant sélectif ;
- b) Piégeage et dissolution du polluant gazeux dans l'écoulement ;
- c) Réaction du polluant avec l'agent dérivant sélectif de manière à former un composé dérivé liquide ;
- 15 d) Mesure de la concentration en composé dérivé liquide et détermination de la concentration en polluant gazeux.

[0007] Selon des modes de réalisation de l'invention :

- l'étape c) comprend la régulation en température de l'écoulement liquide ;
- l'étape d) est réalisée par spectroscopie de fluorescence ou par colorimétrie ;
- 20 - le polluant gazeux est choisi parmi un composé de la famille des aldéhydes ou un composé de la famille des chloramines ;
- le polluant gazeux est le formaldéhyde ; et
- l'écoulement généré à l'étape a) a un débit compris entre 0,1 $\mu\text{L}/\text{min}$ et 100 $\mu\text{L}/\text{min}$.

[0008] Un autre objet de l'invention est un dispositif d'analyse d'un polluant gazeux pour la
25 mise en œuvre du procédé selon l'invention comprenant une pompe péristaltique, un conteneur comprenant une solution liquide comprenant un agent dérivant sélectif et ayant au moins une entrée et une sortie, la sortie étant reliée à la pompe péristaltique, un moyen de piégeage et de dissolution du polluant gazeux dans un écoulement liquide

comprenant la solution liquide, un moyen de réaction du polluant gazeux avec l'agent dérivant sélectif pour former un composé dérivé, relié à l'entrée du conteneur et au moyen de piégeage, et un capteur adapté pour déterminer une concentration en composé dérivé, relié à la pompe péristaltique et au moyen de piégeage.

5 [0009] Selon des modes de réalisation :

- le moyen de piégeage est placé dans une cellule d'émission placée sur une surface d'un matériau émettant le polluant gazeux, et/ou

- le dispositif est adapté de manière à être un circuit microfluidique fermé.

10 [0010] Un autre objet de l'invention est un dispositif d'analyse d'un polluant gazeux pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention comprenant au moins une entrée adaptée pour une solution comprenant au moins un agent dérivant sélectif liquide, une pompe péristaltique reliée à l'entrée, un moyen de piégeage et de dissolution du polluant gazeux dans un écoulement liquide comprenant l'agent dérivant et placé en sortie de la pompe péristaltique, un moyen de réaction du polluant gazeux avec l'agent dérivant
15 pour former un composé dérivé et placé en sortie du moyen de piégeage, un capteur adapté pour déterminer une concentration en composé dérivé, placé en sortie du moyen de réaction et au moins une sortie adaptée pour évacuer le polluant gazeux, l'agent dérivant sélectif et des composés dérivés de la réaction entre le polluant gazeux et l'agent dérivant sélectif.

20 [0011] Selon des modes de réalisation :

- le dispositif comprend également une entrée pour un liquide et un système d'électrovannes placé entre les entrées pour le liquide et l'agent dérivant sélectif et la pompe péristaltique de manière à ce que la sortie de la pompe soit un écoulement liquide comprenant l'agent dérivatif ; et

25 - le dispositif comprend également une entrée et une sortie adaptées pour un gaz comprenant le polluant gazeux.

[0012] Selon des modes de réalisation concernant les dispositifs de l'invention :

- le capteur comprend un détecteur de fluorescence ou un spectromètre ou un colorimètre ;

- le moyen de piégeage comprend un tube microporeux ;
 - le moyen de piégeage est une puce microfluidique comprenant une membrane poreuse, au moins une entrée et une sortie adaptées pour un liquide ;
 - le moyen de réaction est une puce microfluidique ; et
- 5 - le capteur comprend une puce microfluidique.

[0013] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description faite en référence aux figures annexées données à titre d'exemple et qui représentent, respectivement :

[0014] [Fig.1], un schéma des étapes du procédé selon l'invention ;

10 [0015] [Fig.2], un dispositif d'analyse selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

[0016] [Fig. 3], un exemple d'un moyen de détermination de la concentration en polluant gazeux du dispositif selon l'invention ;

[0017] [Fig. 4], un dispositif d'analyse selon un second mode de réalisation de l'invention ;

15 [0018] [Fig. 5a] et [Fig. 5b], un exemple de mesure réalisé avec le dispositif d'analyse selon le premier et mode de réalisation de l'invention ;

[0019] [Fig. 6], un dispositif d'analyse selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;

[0020] [Fig. 7], un dispositif d'analyse selon un quatrième mode de réalisation de l'invention ;

20 [0021] [Fig. 8a] et [Fig. 8b], un exemple de mesure réalisé avec le dispositif d'analyse selon les troisième et quatrième modes de réalisation de l'invention.

[0022] Dans la présente invention, un agent dérivant sélectif est un réactif réagissant avec le polluant gazeux à analyser pour former un composé, dit dérivé, facilement détectable et quantifiable.

25 [0023] [Fig. 1] représente un schéma des étapes du procédé selon l'invention. Le procédé comprend quatre étapes, de a) à d). Il est mis en œuvre au moyen d'un circuit microfluidique comprenant un moyen de pompage d'un liquide et un moyen de

piégeage d'un gaz. Des exemples de ce type de circuit microfluidique sont donnés en référence aux figures 2 à 6.

[0024] La première étape a) consiste à générer un écoulement d'un liquide, l'écoulement comprenant un agent dérivant sélectif. L'agent dérivant sélectif peut être inclus dans le liquide ou ajouté au liquide durant la génération de l'écoulement. La génération de l'écoulement est faite en pompant le liquide grâce au moyen de pompage de liquide présent dans le circuit microfluidique.

[0025] La seconde étape b) consiste à piéger le polluant gazeux à analyser dans l'écoulement généré à l'étape a) et à le dissoudre dans l'écoulement.

[0026] Le piégeage du polluant est par exemple réalisé par le moyen de piégeage du circuit microfluidique. Il peut notamment être réalisé par le passage du polluant gazeux à travers une surface poreuse. La surface poreuse peut être une membrane poreuse placée sur une cellule microfluidique dans laquelle s'écoule l'écoulement liquide. La surface poreuse peut également être un tube microporeux dans lequel s'écoule l'écoulement liquide.

[0027] La troisième étape c) consiste à faire réagir le polluant gazeux dissous dans l'écoulement avec l'agent dérivant sélectif en excès, de manière à ce qu'un composé dérivé se forme. La concentration en agent dérivant sélectif est en large excès, donc elle est non déterminante. Ainsi, le polluant est transformé quantitativement en composé dérivé lors de cette étape de réaction.

[0028] L'étape suivante (étape d)) consiste à mesurer la concentration en composé dérivé pour déterminer la concentration en polluant gazeux.

[0029] Selon un mode de réalisation, cette étape d) est réalisée par spectroscopie de fluorescence ou par colorimétrie.

[0030] Si le composé dérivé est un composé fluorescent, on peut faire des mesures de fluorescence, par exemple par spectroscopie de fluorescence, pour déterminer la concentration en composé dérivé et ainsi déterminer la concentration en polluant gazeux.

[0031] Il est également possible de déterminer la concentration en composé dérivé par des mesures de colorimétrie, pour ensuite déterminer celle en polluant gazeux car la concentration en agent dérivant sélectif est en large excès et donc non déterminante. Ainsi, le polluant est transformé quantitativement en composé dérivé.

5 [0032] Selon des modes de réalisation, le polluant gazeux à analyser est un composé de la famille des aldéhydes, notamment le formaldéhyde, ou un composé de la famille des chloramines. Plus généralement, le polluant gazeux à analyser est un gaz pouvant se dissoudre facilement dans une phase liquide, c'est-à-dire présentant une constante d'Henry élevée supérieure à $20 \text{ mol.L}^{-1} \cdot (1/9,9 \times 10^{-6}) \text{ Pa}^{-1}$, soit 20 M/atm, ou ayant une
10 réaction rapide en solution, malgré une constante d'Henry inférieure à 20 M/atm, .

[0033] Le composé dérivant sélectif est choisi de manière à réagir avec le polluant gazeux à analyser. Ainsi, si le polluant gazeux est du formaldéhyde, le composé dérivant pourra, par exemple, être du fluorol-P ; ou si le polluant gazeux est une chloramine, le composé dérivant pourra, par exemple, être un mélange d'iode et d'amidon.

15 [0034] L'écoulement généré à l'étape a) est, préférentiellement, un écoulement lent, car plus l'écoulement est lent, plus la quantité de polluant gazeux dissous par unité de volume d'agent dérivant est élevée. Si l'écoulement est trop rapide, le polluant gazeux sera trop dilué dans l'écoulement. On considère que l'écoulement est lent si le débit est compris entre $0,1 \mu\text{L}/\text{min}$ et $100 \mu\text{L}/\text{min}$, et plus préférentiellement s'il est compris entre
20 $1 \mu\text{L}/\text{min}$ et $50 \mu\text{L}/\text{min}$.

[0035] Selon un mode de réalisation, l'étape c) comprend une régulation de la température de l'écoulement liquide de manière à contrôler la cinétique de réaction entre le polluant et l'agent dérivant et ainsi favoriser et/ou accélérer la réaction du polluant dissous avec l'agent dérivant.

25 [0036] Selon un autre mode de réalisation, l'étape a) du procédé comprend également une étape de calibration du circuit microfluidique, afin de déterminer une concentration en polluant gazeux interne au circuit microfluidique. Cette étape de calibration permet également de calibrer le moyen de détermination de la concentration en polluant gazeux, par exemple, les moyens de mesure de fluorescence ou de colorimétrie du
30 composé dérivé.

[0037] [Fig. 2] représente un dispositif d'analyse d'un polluant gazeux DAP, selon un premier mode de réalisation de l'invention, permettant de mettre en œuvre le procédé de l'invention.

[0038] Le dispositif DAP est un circuit fermé qui comprend une pompe péristaltique P, un conteneur VL adapté pour comprendre une solution liquide, un moyen de piégeage PG du polluant gazeux, un moyen de réaction R du polluant gazeux avec un agent dérivant sélectif et un capteur D apte à déterminer la concentration en composé dérivé, pour ensuite pouvoir déterminer la concentration en polluant gazeux.

[0039] Le conteneur VL a au moins une entrée E et une sortie S, et la solution liquide contenue dans le conteneur VL comprend au moins un agent dérivant sélectif. La solution liquide peut être un mélange de l'agent dérivant avec un autre liquide ou juste l'agent dérivant. La sortie S du conteneur VL est reliée à la pompe péristaltique P.

[0040] Le moyen de piégeage PG est adapté pour piéger le polluant gazeux dans un écoulement liquide comprenant la solution liquide, l'écoulement étant généré par la pompe péristaltique P. Plus particulièrement, il comprend généralement un tube microporeux ou une membrane microporeuse.

[0041] Le moyen de réaction R est relié à l'entrée E du conteneur VL. Le capteur D est relié à la pompe péristaltique P et au moyen de piégeage PG.

[0042] Selon un mode de réalisation, le moyen de piégeage PG est une puce microfluidique comprenant au moins une entrée et une sortie pour l'écoulement liquide et une membrane poreuse. La membrane poreuse est placée de manière à ce que d'un côté de la membrane se trouve l'écoulement liquide et que de l'autre côté, se trouve le polluant gazeux. La membrane poreuse et le débit liquide permettent de piéger le polluant gazeux dans l'écoulement liquide circulant dans la puce, et de le dissoudre dans ce même écoulement. L'entrée de la puce est dans ce cas reliée à la sortie du conteneur VL, tandis que sa sortie est reliée au moyen de réaction R.

[0043] Selon un mode de réalisation, le moyen de réaction R est une puce microfluidique comprenant une entrée, reliée à la sortie du moyen de piégeage PG, et une sortie, reliée à l'entrée E du conteneur VL. Cette puce peut comprendre un canal en serpentins afin

que le polluant gazeux dissous et l'agent dérivant aient le temps de réagir et de former un composé dérivé.

[0044] Selon un mode de réalisation, le moyen de réaction R est thermostaté afin de contrôler la cinétique de réaction entre le polluant gazeux et l'agent dérivant sélectif.

5 Ainsi, le dispositif DAP peut comprendre un four ou un module Pelletier, placé entre le moyen de piégeage PG et le conteneur VL, dans lequel est placé le moyen de réaction R, le four permettant de chauffer l'écoulement et le module Pelletier permettant de maintenir une température constante de l'écoulement.

[0045] Selon un mode de réalisation, le capteur D comprend une puce microfluidique
10 comprenant une entrée reliée à la pompe péristaltique P et une sortie reliée au moyen de piégeage PG.

[0046] [Fig. 3] illustre un exemple d'un capteur D comprenant une puce microfluidique. La puce microfluidique PUCE est reliée, par son entrée, à la pompe péristaltique P, et par sa sortie au moyen de piégeage PG. Une source de lumière LED est placée au-dessus de la
15 puce PUCE et un miroir dichroïque MD est placé entre la puce PUCE et la source de lumière LED. Le miroir MD est placé de manière à envoyer les rayons lumineux de la source LED vers la puce PUCE et à réfléchir les rayons lumineux venant de la puce PUCE. La source de lumière LED est par exemple une diode électroluminescente. Le capteur D comprend également un photomultiplicateur PM placé de manière à recevoir les rayons
20 lumineux réfléchis par le miroir DM et venant de la puce PUCE.

[0047] Selon un autre mode de réalisation, la source LED est placée à la place du photomultiplicateur PM de la figure 3 et le photomultiplicateur PM est placé à la place de la source LED de la figure 3.

[0048] Selon un mode de réalisation, des filtres optiques peuvent être placés devant le
25 photomultiplicateur PM et devant la source LED afin de différencier davantage la lumière réfléchie de la source LED et le signal de fluorescence provenant de la puce PUCE.

[0049] Cette mise en œuvre est particulièrement adaptée à des mesures de fluorescence et peut être utilisée quand le composé dérivé émet de la fluorescence.

[0050] Une fois calibré, le photomultiplicateur PM permet de déterminer la concentration en composé dérivé et ainsi déterminer la concentration en polluant gazeux.

[0051] Plus généralement, le photomultiplicateur PM peut être remplacé par une photodiode ou par un autre photodétecteur

5 [0052] Plus généralement, la détection peut s'effectuer par spectroscopie de fluorescence ou d'absorption par un capteur D, ce qui permet de déterminer la concentration en composé dérivé et ainsi déterminer la concentration en polluant gazeux.

[0053] Selon un autre mode de réalisation, les moyens de piégeage PG et de réaction R sont réalisés chacun sur une puce microfluidique distincte et le capteur D comprend une
10 autre puce microfluidique distincte des moyens de piégeage PG et de réaction R. Cela permet d'obtenir un dispositif miniature, car une puce peut, par exemple, mesurer 75 x 25 x 1,5 mm.

[0054] Selon un autre mode de réalisation, le moyen de piégeage PG est un tube microporeux dans lequel s'écoule le liquide comprenant l'agent dérivant sélectif. Le
15 polluant gazeux traverse la surface poreuse du tube et se trouve ensuite piégé dans l'écoulement traversant le tube. Le polluant se dissout ainsi dans l'écoulement liquide.

[0055] [Fig. 4] présente un dispositif d'analyse DAP2 selon un second mode de réalisation de l'invention. Le dispositif DAP2 est également un circuit fermé et comprend les mêmes éléments que ceux présentés dans la figure 2 ainsi qu'une cellule d'émission CE dans
20 laquelle se trouve le moyen de piégeage PG. La cellule d'émission CE est placée sur une surface d'un matériau Mat émettant le polluant gazeux à analyser.

[0056] La cellule d'émission CE a une forme généralement cylindrique, sa base apposée sur le matériau Mat étant circulaire. Ce dispositif DAP2 permet de déterminer directement la concentration en polluant gazeux émise par le matériau Mat, donc de déterminer les
25 émissions de ce matériau Mat. Une étape de calibration externe du procédé permet de relier la concentration déterminée à l'équilibre dans la cellule d'émission CE et le taux d'émission du matériau Mat en polluant gazeux, ce taux d'émission étant normalement utilisé pour classer les matériaux selon leur émission en ce polluant gazeux. Par exemple, pour un matériau émettant du formaldéhyde, il existe quatre classes selon l'étiquetage

en France : A+, A, B et C, A+ correspondant à la classe dans lequel les émissions sont les plus faibles.

[0057] De plus, plus la hauteur de la cellule d'émission CE sera petite, plus la diffusion du polluant gazeux vers le moyen de piégeage PG sera rapide. Comme précédemment, les
5 moyens de piégeage, de réaction et de détermination de la concentration en polluant peuvent être réalisés ou comprendre des puces microfluidiques.

[0058] Les dispositifs DAP et DAP2 décrits fonctionnent en circuit fermé. La solution liquide contenue dans le conteneur VL s'enrichit continuellement en polluant gazeux et donc en composé dérivé issu de la réaction entre l'agent dérivant et le polluant gazeux.

10 [0059] Dans le cas où le composé dérivé émet de la fluorescence, sa concentration peut être mesurée à partir de la pente de la courbe représentant l'augmentation du signal de fluorescence en fonction du temps.

[0060] Dans le cas où on effectue des mesures d'absorbance du composé dérivé, la concentration en composé dérivé sera déterminée à partir de la pente de la courbe
15 représentant l'augmentation de l'absorbance en fonction du temps.

[0061] [Fig. 5a] et [Fig. 5b] présentent un exemple d'une mesure de fluorescence émise par le composé dérivé. La figure 5a représente le signal de fluorescence du composé dérivé en fonction du temps et la figure 5b représente le produit de la pente du signal de fluorescence par le volume du conteneur VL en fonction de la concentration en polluant
20 gazeux.

[0062] Entre t_1 et t_2 , entre t_3 et t_4 et entre t_5 et t_6 , la pente du signal est nulle, donc aucun composé dérivé supplémentaire n'est formé dans ces intervalles de temps. Cela signifie que l'air autour du dispositif de piégeage ne contient pas le polluant gazeux et que l'air est pur (blanc analytique) dans ces mêmes intervalles de temps.

25 [0063] Entre t_2 et t_3 et entre t_4 et t_5 , la pente du signal de fluorescence est croissante. Cela signifie que la solution placée en circuit fermé s'enrichit en polluant gazeux qui réagit avec l'agent dérivant sélectif pour former le composé dérivé fluorescent. Il y a donc du polluant gazeux présent autour du dispositif de piégeage. Plus la pente du signal est élevée, plus la concentration en polluant gazeux dans l'air est élevée.

[0064] Après avoir déterminé la concentration en composé dérivé, puis celle en polluant gazeux à partir de la pente du signal de fluorescence, on peut également représenter, en figure 5b, le produit de la pente du signal de fluorescence par le volume du conteneur VL en fonction de la concentration en polluant gazeux. La pente est multipliée par le volume du conteneur afin de prendre en compte l'effet de dilution lié au volume d'agent dérivant en recirculation. Cela permet également d'obtenir une relation linéaire entre le signal de fluorescence et la concentration en polluant, ce qui permet de faire une analyse quantitative de la concentration en polluant.

[0065] Le volume du conteneur VL comprenant l'agent dérivant sélectif peut être adapté au temps de mesure souhaité par un utilisateur. Ainsi, si l'on souhaite réaliser une mesure rapide et précise de la concentration en polluant, on utilise un petit volume pour le conteneur VL, néanmoins, cela implique également un risque de saturation rapide du dispositif. En effet, la saturation est atteinte dès lors que le détecteur est saturé par une concentration trop élevée de la solution. Si le détecteur le permet, ainsi que le photomultiplicateur PM, il est envisageable de diminuer le gain afin de retrouver un signal non saturé, ce qui sous-entend d'avoir une calibration déjà réalisée pour ces nouvelles conditions. Plus simplement, quand la saturation est proche ou est atteinte, il est nécessaire de changer le conteneur VL pour en placer un nouveau comprenant toujours une solution liquide exempte de polluant et comprenant un agent dérivant sélectif apte à réagir avec le polluant gazeux à analyser. Il est préférable de changer le conteneur VL, plutôt que juste le vider puis le remplir à nouveau avec la solution liquide pour éviter une étape de nettoyage du conteneur VL. Le volume du circuit microfluidique du dispositif pourra être au préalable purgé avec la même solution afin d'éliminer le composé dérivé du dispositif.

[0066] Les deux dispositifs DAP et DAP2, chacun combiné au procédé décrit en référence à la figure 1, permettent d'utiliser très peu d'agent dérivant sélectif et de ne pas recourir à une poubelle externe pour stocker le composé dérivé, et l'excès d'agent dérivant et éventuellement les traces de polluant gazeux n'ayant pas réagi.

[0067] Le dispositif d'analyse DAP est particulièrement adapté pour réaliser des mesures en milieu professionnel. On pourra par exemple utiliser un volume de 6 mL d'agent dérivant sélectif pour effectuer des analyses pendant 6 jours pour un environnement intérieur

peu pollué (concentration en formaldéhyde inférieure à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ou utiliser un volume de 6 mL d'agent dérivant pour effectuer des analyses pendant une trentaine d'heure pour un environnement plus pollué (concentration en formaldéhyde d'environ $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il est également possible d'utiliser un volume de 24 mL d'agent dérivant sélectif pour 24h d'exposition dans un environnement pollué (concentration en formaldéhyde supérieure à $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

[0068] Le dispositif d'analyse DAP2 est particulièrement adapté pour des fabricants de matériaux, de meubles ou de revêtements décoratifs (peintures et enduits par exemple).

[0069] [Fig. 6] présente un dispositif d'analyse DAP3 selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

[0070] Le dispositif DAP3 comprend au moins une entrée EAD adaptée pour une solution liquide comprenant au moins un agent dérivant sélectif liquide, une pompe péristaltique P reliée à l'entrée EAD et un moyen de piégeage PG du polluant gazeux dans l'agent dérivant sélectif placé en sortie de la pompe P. A la suite du moyen de piégeage PG, un moyen de réaction R du polluant gazeux avec l'agent dérivant sélectif permet de faire réagir les deux composés pour former au moins un composé dérivé. Un capteur D adapté pour déterminer la concentration en composé dérivé est relié à la suite du moyen de réaction R. Le capteur D est relié à une sortie SP du dispositif DAP3 qui permet d'évacuer le composé dérivé, le polluant gazeux dissous et l'agent dérivant restants. Le dispositif DAP3 fonctionne en circuit ouvert, contrairement aux dispositifs présentés précédemment.

[0071] L'entrée EAD est adaptée pour recevoir un mélange liquide de l'agent dérivant sélectif et d'autres liquides ou pour recevoir uniquement l'agent dérivant sélectif liquide.

[0072] La pompe péristaltique P permet de pomper l'agent dérivant et de générer un écoulement liquide comprenant cet agent afin que le polluant gazeux soit ensuite piégé puis dissous dans cet écoulement grâce au moyen de piégeage PG.

[0073] [Fig. 7] présente un dispositif DAP4 selon un quatrième mode de réalisation de l'invention. Ce dispositif DAP4 est du même type que le dispositif DAP3, car il fonctionne également en circuit ouvert.

[0074] En plus des éléments déjà présents dans le dispositif DAP3, le dispositif DAP4 comprend un système d'électrovannes V1, V2, V3 et V4, deux autres entrées EAU et CALIB, deux fours F1 et F2, deux tubes TUBE1 et TUBE2, une poubelle à la sortie SP et un ventilateur. Le four F1 est optionnel. Un des tubes TUBE1 forme le moyen de piégeage PG tandis que le second tube TUBE2 est placé en parallèle du moyen de piégeage et peut être utilisé pour calibrer le dispositif DAP3.

[0075] Les entrées EAU, EAD et CALIB sont placées en entrée de la pompe péristaltique. Une première électrovanne V1 est placée entre l'entrée EAU et la pompe et une seconde électrovanne V2 relie les entrées EAD et CALIB à la première électrovanne V1. Les entrées EAD et CALIB étant chacune reliée à un des accès de l'électrovanne V2.

[0076] L'entrée EAU permet d'envoyer un liquide, généralement de l'eau, en entrée de la pompe péristaltique P. L'entrée EAD étant également reliée à la pompe P, il est alors possible de générer en sortie de la pompe P un écoulement liquide comprenant l'agent dérivant sélectif ou le liquide de l'entrée EAU.

[0077] L'entrée CALIB est généralement utilisée pour calibrer le dispositif. Elle est donc adaptée pour recevoir un mélange de l'agent dérivant sélectif et du polluant gazeux à analyser.

[0078] En sortie de la pompe P, un four F1 peut optionnellement être présent afin de chauffer l'écoulement liquide, ce qui aura pour effet de favoriser par la suite la réaction entre l'agent dérivant et le polluant. A la place du four F1, il est possible d'avoir un système de régulation en température, comme un système Pelletier, pour réguler la température de l'écoulement liquide. Cela est notamment utile dans le cas où le polluant gazeux est une chloramine, car le composé dérivé issu des chloramines se décompose au-delà de 30 °C. Le système sera alors configuré pour maintenir une température de l'écoulement à 20 °C.

[0079] A la suite du four F1, se trouve le moyen de piégeage PG formé par les deux électrovannes V3 et V4 et le tube TUBE1. Le second tube TUBE2 est placé en parallèle du moyen de piégeage. Le premier tube TUBE1 est relié à un des accès de l'électrovanne V3 et à un des accès de l'électrovanne V4. Le second tube TUBE2 est relié à un autre accès de l'électrovanne V3 et à un autre accès de l'électrovanne V4. Le four F1 est relié au

moyen de piégeage PG par un autre accès de l'électrovanne V3. Tandis qu'un autre accès de l'électrovanne V4 permet de relier le moyen de piégeage PG au moyen de réaction R.

5 [0080] Le premier tube TUBE1 est un tube apte à piéger le polluant gazeux. Il peut donc être un tube microporeux pour piéger le polluant gazeux dans un écoulement liquide circulant dans ce tube TUBE1.

10 [0081] Le second tube TUBE2 est un tube ne pouvant pas piéger le polluant gazeux. C'est généralement un tube non poreux dans lequel s'écoule uniquement le liquide venant de l'entrée EAU, ou uniquement l'agent dérivant sélectif venant de l'entrée EAD ou encore le mélange liquide venant de l'entrée CALIB. Il est par exemple en téflon ou en polyétheréthercétone (PEEK). Ce second tube TUBE2 sera plus généralement choisi pour calibrer le dispositif DAP4 par une solution liquide placée à l'entrée CALIB. Ce tube TUBE2 sera également choisi pour faire un blanc en choisissant soit le liquide venant de l'entrée EAU soit l'agent dérivant sélectif venant de l'entrée EAD.

15 [0082] Le moyen de réaction R est placé en sortie du moyen de piégeage PG. Il comprend, dans cet exemple, un four F2 qui permet de chauffer l'écoulement circulant dans le moyen de réaction R et comprenant le polluant gazeux dissous dans une solution liquide comprenant au moins l'agent dérivant sélectif. Le four F2 permet de contrôler la réaction entre l'agent et le polluant, et plus particulièrement d'accélérer la réaction.

20 [0083] Un système de régulation de la température de l'écoulement, comme un système Pelletier, peut également être présent à la place du second four F2.

25 [0084] La sortie du moyen de réaction R est reliée au capteur D apte à déterminer la concentration en composé dérivé, lui-même relié à la sortie SP du dispositif DAP4. Comme pour les dispositifs précédents, ce capteur D peut être adapté pour réaliser des mesures de fluorescence ou de colorimétrie du composé dérivé formé par la réaction entre le polluant et l'agent dérivant.

[0085] La sortie SP du dispositif DAP4 forme généralement une poubelle pour évacuer la solution liquide comprenant le composé dérivé, l'excès d'agent dérivant et éventuellement le polluant gazeux dissous n'ayant pas réagi.

[0086] Un ventilateur V peut avantageusement être présent et placé de manière à ventiler l'air ambiant au sein du dispositif DAP4 pour favoriser le piégeage d'un éventuel polluant gazeux par le moyen de piégeage PG.

[0087] Le dispositif DAP4 comprend deux fours F1 et F2, mais il est également possible que
5 seul le four F1 soit présent ou que seul le four F2 soit présent ou encore qu'aucun four ne soit présent si la réaction ne le nécessite pas.

[0088] De même, il est également possible que deux systèmes de régulation de la température de l'écoulement soient présents à la place de F1 et F2 ou que seul un système de régulation de la température de l'écoulement soit présent à la place de F1
10 ou de F2.

[0089] Selon un autre mode de réalisation, le dispositif DAP4 comprend une entrée adaptée pour un gaz, notamment pour le polluant gazeux et une sortie adaptée pour un gaz. Cette entrée et cette sortie sont utilisées pour calibrer le dispositif DAP4 et plus particulièrement pour injecter à très faibles débits un mélange de concentration connue
15 autour des tubes TUBE1 et TUBE2. Ce type de calibration permet de déterminer le rendement de piégeage et donc de réaliser des mesures plus précises afin de déterminer le plus précisément possible la concentration en polluant gazeux dans l'air ambiant au dispositif DAP4.

[0090] Les deux dispositifs DAP3 et DAP4 sont particulièrement adaptés pour des
20 spécialistes de la métrologie des polluants de l'air du fait de leur précision de mesure.

[0091] [Fig. 8a] et [Fig. 8b] présentent un exemple de mesure réalisé avec le dispositif DAP3 et DAP4 des troisième et quatrième modes de réalisation.

[0092] Un signal de fluorescence émis par le composé dérivé formé par la réaction entre le polluant gazeux et l'agent dérivant sélectif et détecté par le moyen de détermination D
25 est représenté en fonction du temps. La figure 8a représente ce signal de fluorescence en fonction du temps, tandis que la figure 8b représente le même signal de fluorescence en fonction de la concentration en polluant dans l'air ambiant.

[0093] Entre t1 et t2, on effectue un blanc avec de l'air pur par le mode gazeux (utilisation des entrées et sorties dédiées à un gaz). Les électrovannes V3 et V4 sont donc
30 configurées pour que l'écoulement liquide ne circule que dans le premier TUBE1 qui est

apte à piéger le polluant gazeux. De l'air pur étant injecté, le dispositif DAP4 ne peut donc pas s'enrichir en polluant gazeux. Le signal de fluorescence du composé dérivé est donc constant.

5 [0094] Puis entre t2 et t3, le dispositif DAP4 passe en mode mesure. Les électrovannes V3 et V4 sont toujours configurées de manière à ce que l'écoulement liquide circule dans le premier tube TUBE1 apte à piéger le polluant gazeux. Durant cet intervalle de temps, si du polluant gazeux est bien présent, le signal de fluorescence augmente jusqu'à l'obtention d'un plateau (c'est le cas présenté sur cette figure). Grâce à la hauteur de ce signal relativement au blanc effectué précédemment, on peut déterminer la
10 concentration en polluant gazeux à partir d'une calibration effectuée antérieurement.

[0095] Entre t3 et t4, on bascule à nouveau en mode blanc avec de l'air pur. Donc aucun polluant gazeux environnant le dispositif ne peut alimenter le dispositif, le signal de fluorescence diminue, puisque le composé dérivé obtenu précédemment est éliminé par la sortie SP, jusqu'à devenir constant.

15 [0096] Il est également possible de faire une autre séquence quasiment identique, mais en utilisant le second tube TUBE2 pour faire le blanc entre t1 et t2 et entre t3 et t4 et faire les mesures entre t2 et t3 comme expliqué dans le paragraphe précédent.

[0097] Après avoir déterminé la concentration en polluant gazeux à partir du signal de fluorescence, on peut représenter, en figure 8b, le signal de fluorescence en fonction de
20 la concentration en polluant gazeux dans l'air ambiant au moyen de piégeage PG. On constate que ces deux grandeurs sont liées entre elles par une relation linéaire, ce qui permet de faire des analyses quantifiées.

Revendications

[Revendication 1] Procédé d'analyse d'un polluant gazeux au moyen d'un circuit microfluidique comprenant un moyen de pompage d'un liquide et un moyen de piégeage d'un gaz, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 5 a) Génération d'un écoulement d'un liquide, le liquide comprenant un agent dérivant sélectif ;
- b) Piégeage et dissolution du polluant gazeux dans l'écoulement ;
- c) Réaction du polluant avec l'agent dérivant sélectif de manière à former un composé dérivé liquide ;
- 10 d) Mesure de la concentration en composé dérivé liquide et détermination de la concentration en polluant gazeux.

[Revendication 2] Procédé d'analyse d'un polluant gazeux selon la revendication 1 dans lequel l'étape c) comprend la régulation en température de l'écoulement liquide.

- [Revendication 3] Procédé d'analyse d'un polluant gazeux selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'étape d) est réalisée par spectroscopie de fluorescence ou
- 15 par colorimétrie.

[Revendication 4] Procédé d'analyse d'un polluant gazeux selon l'une des revendications précédentes dans lequel le polluant gazeux est choisi parmi un composé de la famille des aldéhydes ou un composé de la famille des chloramines.

- 20 [Revendication 5] Procédé d'analyse d'un polluant gazeux selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le polluant gazeux est le formaldéhyde.

[Revendication 6] Procédé d'analyse d'un polluant gazeux selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'écoulement généré à l'étape a) a un débit compris entre 0,1 $\mu\text{L}/\text{min}$ et 100 $\mu\text{L}/\text{min}$.

- 25 [Revendication 7] Dispositif d'analyse d'un polluant gazeux (DAP) pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes comprenant :

- une pompe péristaltique (P) ;
 - un conteneur (VL) comprenant une solution liquide comprenant un agent dérivant sélectif et ayant au moins une entrée (E) et une sortie (S), la sortie étant reliée à la
- 30 pompe péristaltique ;

- un moyen de piégeage (PG) et de dissolution du polluant gazeux dans un écoulement liquide comprenant la solution liquide ;
- un moyen de réaction (R) du polluant gazeux avec l'agent dérivant sélectif pour former un composé dérivé, relié à l'entrée (E) du conteneur (VL) et au moyen de piégeage (PG) ; et
- un capteur (D) adapté pour déterminer une concentration en composé dérivé, relié à la pompe péristaltique (P) et au moyen de piégeage (PG).

[Revendication 8] Dispositif d'analyse d'un polluant gazeux (DAP2) selon la revendication 7 dans lequel le moyen de piégeage (PG) est placé dans une cellule d'émission (CE) placée sur une surface d'un matériau (Mat) émettant le polluant gazeux.

[Revendication 9] Dispositif d'analyse d'un polluant gazeux (DAP, DAP2) selon l'une des revendications 7 ou 8 adapté de manière à être un circuit microfluidique fermé.

[Revendication 10] Dispositif d'analyse d'un polluant gazeux (DAP3) pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 6 comprenant :

- au moins une entrée (EAD) adaptée pour une solution comprenant au moins un agent dérivant sélectif liquide ;
- une pompe péristaltique (P) reliée à l'entrée ;
- un moyen de piégeage (PG) et de dissolution du polluant gazeux dans un écoulement liquide comprenant l'agent dérivant, placé en sortie de la pompe péristaltique ;
- un moyen de réaction (R) du polluant gazeux avec l'agent dérivant pour former un composé dérivé, placé en sortie du moyen de piégeage ;
- un capteur (D) adapté pour déterminer une concentration en composé dérivé, placé en sortie du moyen de réaction ; et
- au moins une sortie (SP) adaptée pour évacuer le polluant gazeux, l'agent dérivant sélectif et des composés dérivés de la réaction entre le polluant gazeux et l'agent dérivant sélectif.

[Revendication 11] Dispositif d'analyse (DAP4) d'un polluant gazeux selon la revendication 10 comprenant également une entrée pour un liquide (EAU) et un système d'électrovannes (V1, V2) placé entre les entrées pour le liquide et l'agent

dérivant sélectif et la pompe péristaltique de manière à ce que la sortie de la pompe soit un écoulement liquide comprenant l'agent dérivatif.

5 [Revendication 12] Dispositif d'analyse d'un polluant gazeux selon l'une des revendications 10 à 11 comprenant également une entrée et une sortie adaptées pour un gaz comprenant le polluant gazeux.

[Revendication 13] Dispositif d'analyse d'un polluant gazeux (DAP, DAP2, DAP3, DAP4) selon l'une des revendications 7 à 12 dans lequel le capteur (D) comprend un détecteur de fluorescence ou un spectromètre ou un colorimètre.

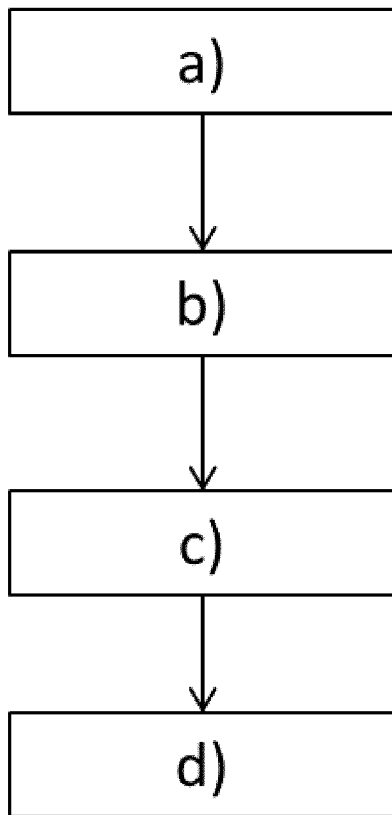
10 [Revendication 14] Dispositif d'analyse d'un polluant gazeux (DAP, DAP2, DAP3, DAP4) selon l'une des revendications 7 à 13 dans lequel le moyen de piégeage (PG) comprend un tube microporeux (TUBE1).

[Revendication 15] Dispositif d'analyse d'un polluant gazeux (DAP, DAP2, DAP3) selon l'une des revendications 7 à 13 dans lequel le moyen de piégeage est une puce microfluidique comprenant une membrane poreuse, au moins une entrée et une
15 sortie adaptées pour un liquide.

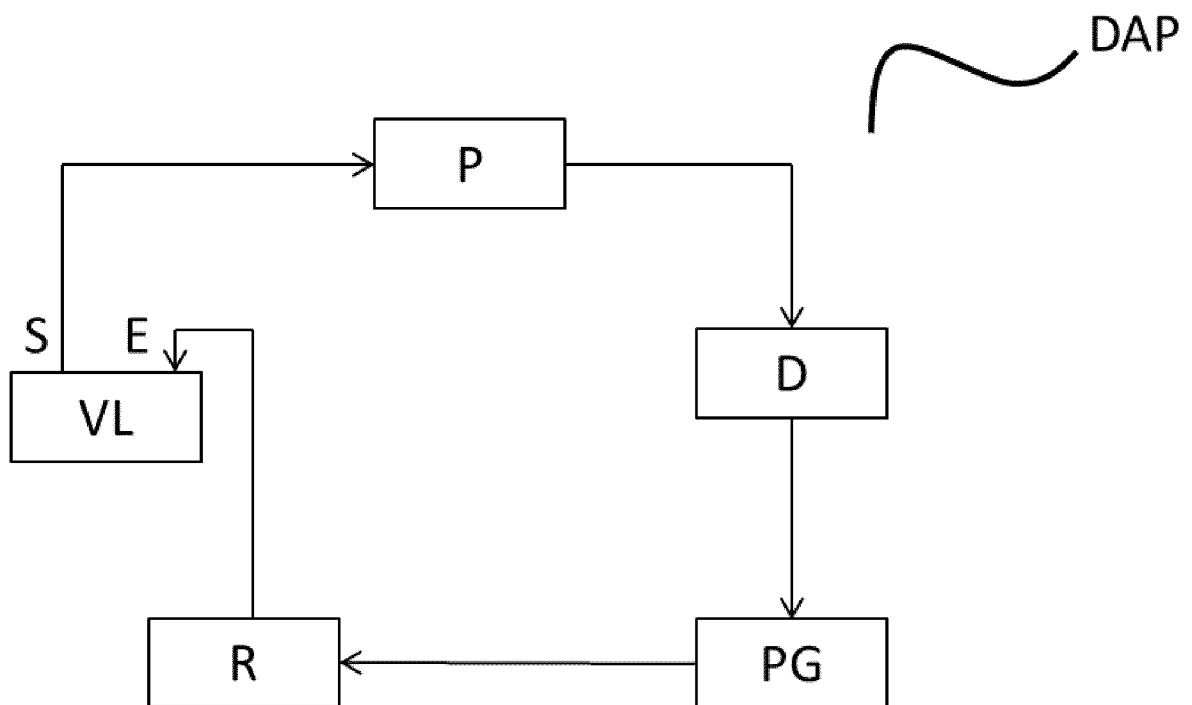
[Revendication 16] Dispositif d'analyse d'un polluant gazeux (DAP, DAP2, DAP3) selon l'une des revendications 7 à 15 dans lequel le moyen de réaction (R) est une puce microfluidique.

20 [Revendication 17] Dispositif d'analyse d'un polluant gazeux (DAP, DAP2, DAP3) selon l'une des revendications 7 à 16 dans lequel le capteur (D) comprend une puce microfluidique (PUCE).

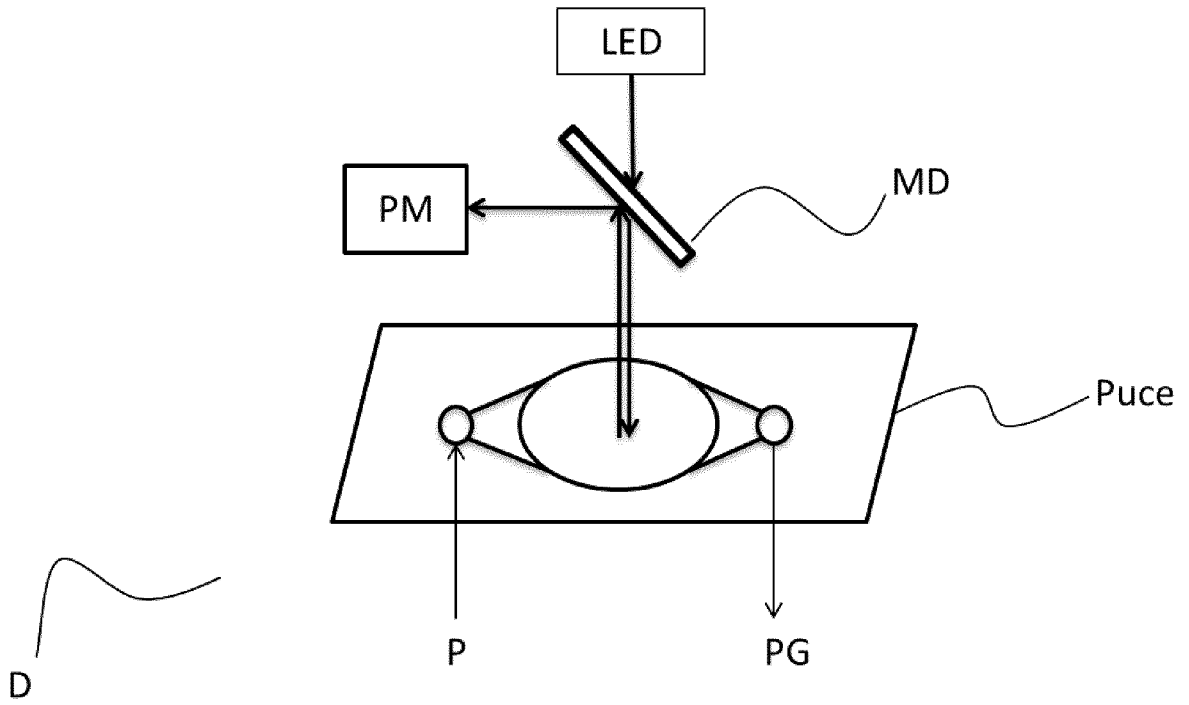
[Fig. 1]



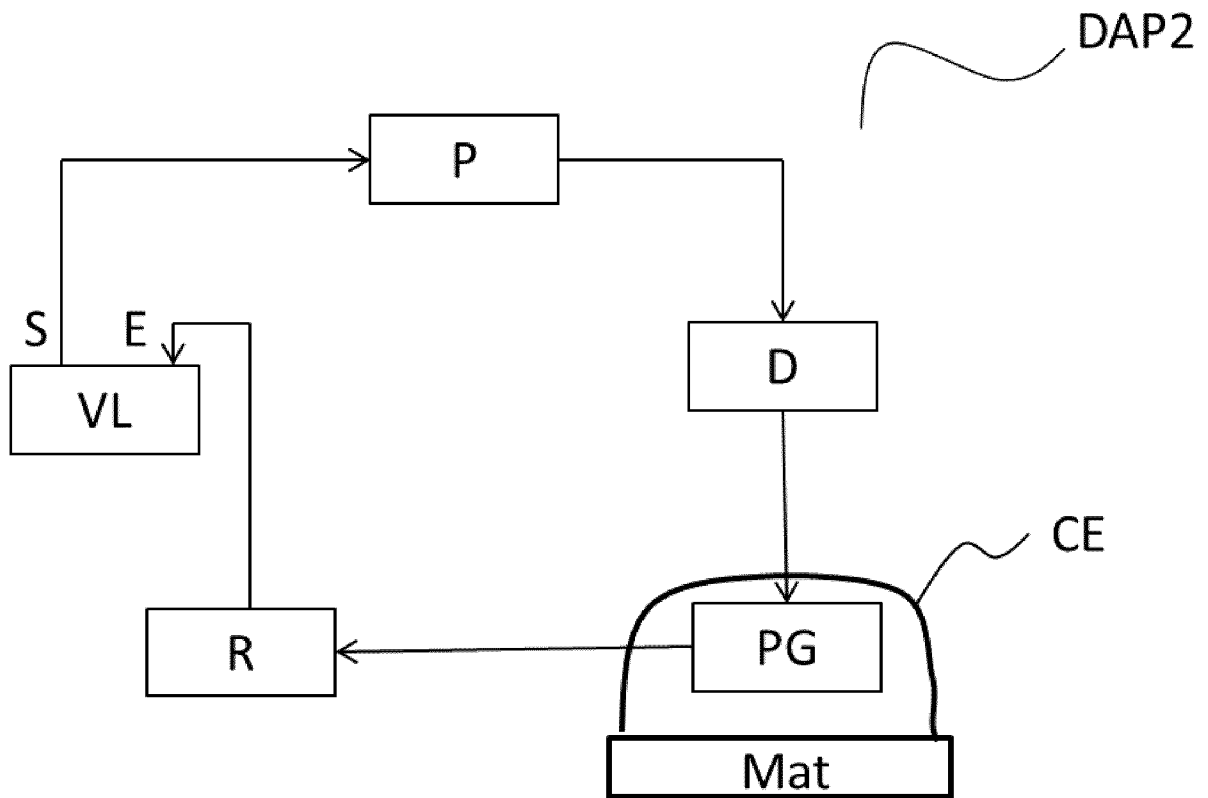
[Fig. 2]



[Fig. 3]

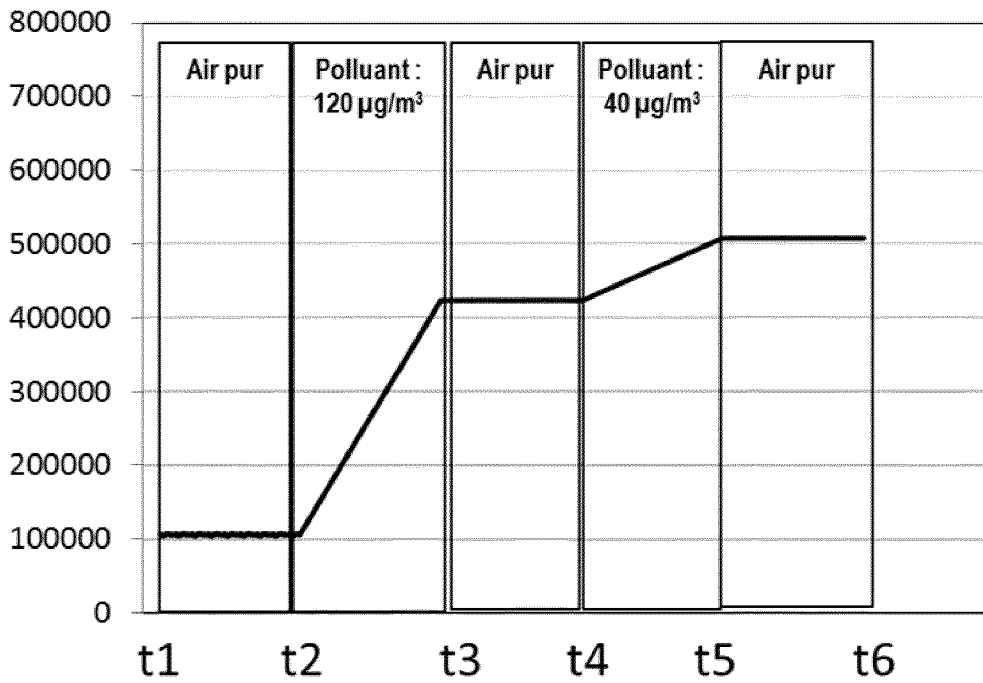


[Fig. 4]



[Fig. 5a]

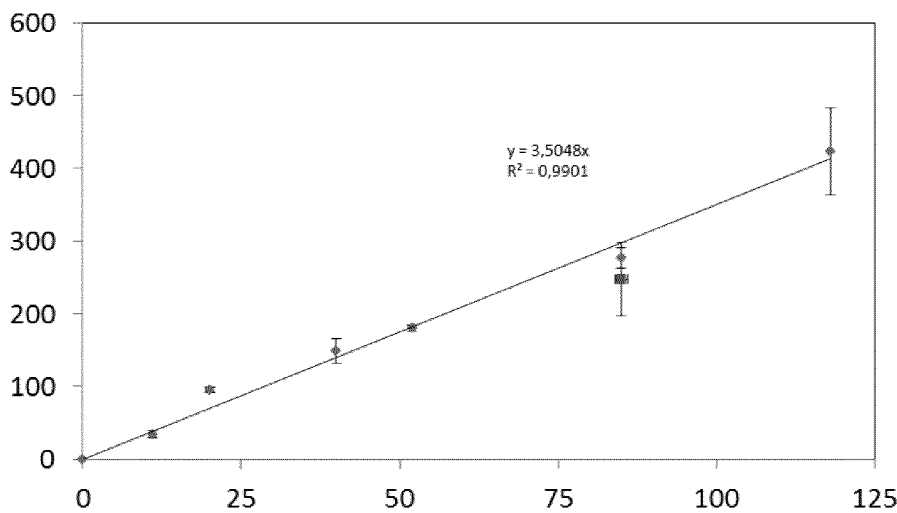
Signal
fluorescence



Temps

[Fig. 5b]

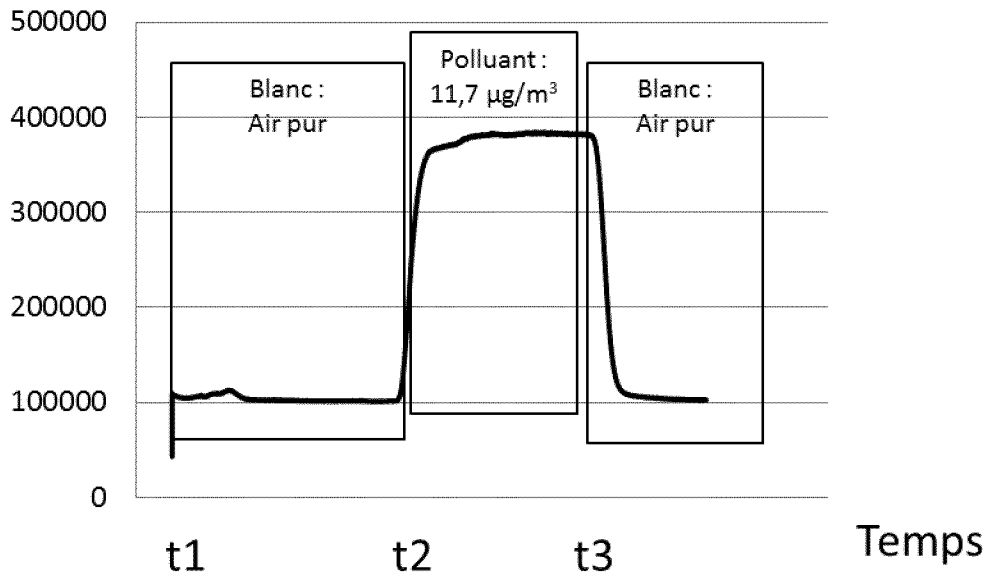
Pente x volume VL
(mL/s)



Concentration
polluant (µg/m³)

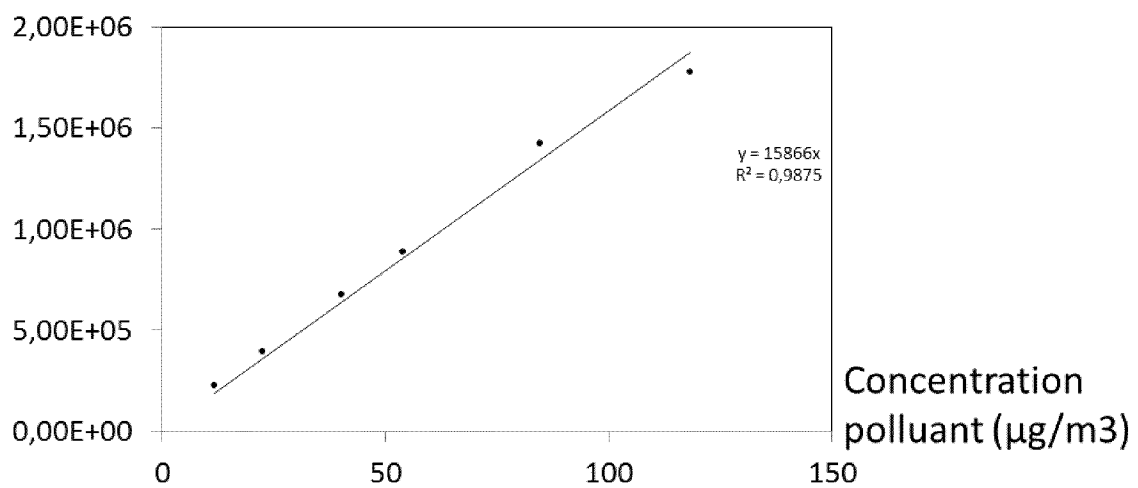
[Fig. 8a]

Signal
fluorescence



[Fig. 8b]

Signal
fluorescence



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/067360

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01N 21/64</i> (2006.01)i; <i>G01N 1/22</i> (2006.01)i; <i>G01N 21/78</i> (2006.01)i; <i>B01L 3/00</i> (2006.01)i		
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; B01L		
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	WO 2015107298 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]; UNIVERSITÉ DE STRASBOURG [FR]) 23 July 2015 (2015-07-23)	1-6,10-16
Y	page 1, line 13 - line 15 page 4, line 7 - line 8 page 10, line 19 - line 22 page 12, line 21 - line 23 page 13, line 2 - line 10 page 17, line 14 - line 29 page 21, line 1 - line 9 page 27, line 17 - line 19 figure 1 page 29, line 10 - line 12 page 3, line 4 - line 6 page 20, line 10 - line 22	7-9,15,17
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 09 July 2020		Date of mailing of the international search report 21 July 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer D'Alessandro, Davide Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/067360

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	XIAO-LIANG GUO ET AL. "Smartphone-Based Microfluidic Colorimetric Sensor for Gaseous Formaldehyde Determination with High Sensitivity and Selectivity" <i>SENSORS</i> , Vol. 18, No. 9, 18 September 2018 (2018-09-18), page 3141 DOI: 10.3390/s18093141 XP055680232	1,4,5
Y	abstract page 3, paragraph 3 - page 4 figures 1,2	15,17
Y	US 6484594 B1 (SAASKI ELRIC W [US] ET AL) 26 November 2002 (2002-11-26) column 30, line 26 - line 42	7-9
Y	WO 2006071470 A2 (CALIFORNIA INST OF TECHN [US]; FLUIDIGM CORP [US] ET AL.) 06 July 2006 (2006-07-06) paragraph [0122]	7-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/067360

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2015107298	A1	23 July 2015	CA	2936771	A1	23 July 2015
				CN	106457240	A	22 February 2017
				EP	3094405	A1	23 November 2016
				JP	2017505920	A	23 February 2017
				US	2016349188	A1	01 December 2016
				WO	2015107298	A1	23 July 2015
				US	6484594	B1	26 November 2002
US	6484594	B1	26 November 2002	US	6532835	B1	18 March 2003
				US	2003115975	A1	26 June 2003
				US	2003115975	A1	26 June 2003
WO	2006071470	A2	06 July 2006	EP	1838431	A2	03 October 2007
				JP	2008522795	A	03 July 2008
				US	2008281090	A1	13 November 2008
				WO	2006071470	A2	06 July 2006
				WO	2006071470	A2	06 July 2006

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2020/067360

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01N21/64 G01N1/22 G01N21/78 B01L3/00 ADD.				
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 B01L				
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	WO 2015/107298 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]; UNIVERSITÉ DE STRASBOURG [FR]) 23 juillet 2015 (2015-07-23)	1-6, 10-16		
Y	page 1, ligne 13 - ligne 15 page 4, ligne 7 - ligne 8 page 10, ligne 19 - ligne 22 page 12, ligne 21 - ligne 23 page 13, ligne 2 - ligne 10 page 17, ligne 14 - ligne 29 page 21, ligne 1 - ligne 9 page 27, ligne 17 - ligne 19 figure 1 page 29, ligne 10 - ligne 12 page 3, ligne 4 - ligne 6 page 20, ligne 10 - ligne 22 ----- -/--	7-9,15, 17		
<table border="0"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> 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 9 juillet 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 21/07/2020		
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 D'Alessandro, Davide		

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	XIAO-LIANG GUO ET AL: "Smartphone-Based Microfluidic Colorimetric Sensor for Gaseous Formaldehyde Determination with High Sensitivity and Selectivity", SENSORS, vol. 18, no. 9, 18 septembre 2018 (2018-09-18), page 3141, XP055680232, DOI: 10.3390/s18093141	1,4,5
Y	abrégé page 3, alinéa 3 - page 4 figures 1,2	15,17
Y	----- US 6 484 594 B1 (SAASKI ELRIC W [US] ET AL) 26 novembre 2002 (2002-11-26) colonne 30, ligne 26 - ligne 42	7-9
Y	----- WO 2006/071470 A2 (CALIFORNIA INST OF TECHN [US]; FLUIDIGM CORP [US] ET AL.) 6 juillet 2006 (2006-07-06) alinéa [0122] -----	7-9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2020/067360

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2015107298	A1	23-07-2015	CA 2936771 A1	23-07-2015
			CN 106457240 A	22-02-2017
			EP 3094405 A1	23-11-2016
			JP 2017505920 A	23-02-2017
			US 2016349188 A1	01-12-2016
			WO 2015107298 A1	23-07-2015

US 6484594	B1	26-11-2002	US 6484594 B1	26-11-2002
			US 6532835 B1	18-03-2003
			US 2003115975 A1	26-06-2003

WO 2006071470	A2	06-07-2006	EP 1838431 A2	03-10-2007
			JP 2008522795 A	03-07-2008
			US 2008281090 A1	13-11-2008
			WO 2006071470 A2	06-07-2006
