



(11) EP 2 656 921 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
30.10.2013 Bulletin 2013/44(51) Int Cl.:
B03C 3/12 (2006.01) **B03C 3/16 (2006.01)**
B03C 3/32 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: 13165303.2

(22) Date de dépôt: 25.04.2013

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Etats d'extension désignés:
BA ME

(30) Priorité: 27.04.2012 FR 1253945

(71) Demandeurs:
 • Commissariat à l'Énergie Atomique
 et aux Énergies Alternatives
 75015 Paris (FR)

- Centre National de la Recherche Scientifique
 75794 Paris Cedex 16 (FR)

(72) Inventeurs:
 • Roux, Jean-Maxime
 38000 Grenoble (FR)
 • Achard, Jean-Luc
 38100 Grenoble (FR)

(74) Mandataire: Ilgart, Jean-Christophe et al
 BREVALEX
 95 rue d'Amsterdam
 75378 Paris Cedex 8 (FR)

(54) Dispositif électrostatique de collecte de particules en suspension dans un milieu gazeux

(57) Dispositif de collecte de particules dans l'air comportant une chambre de collecte (4), un tube capillaire (12) dont une extrémité (12.1) débouche dans la chambre (4), une électrode de collecte, le tube capillaire (12) contenant du liquide polarisable. Une différence de tension suffisante est appliquée entre le liquide et l'électrode de collecte (16) pour un effet couronne entre la goutte de liquide à l'extrémité du tube capillaire (12) et l'électrode de collecte (16) et la pulvérisation de la goutte (20) par électrospray. La décharge couronne provoque un écoulement de l'air à travers la chambre de collecte (4) et l'électrospray assure le mouillage de électrode de collecte (16).

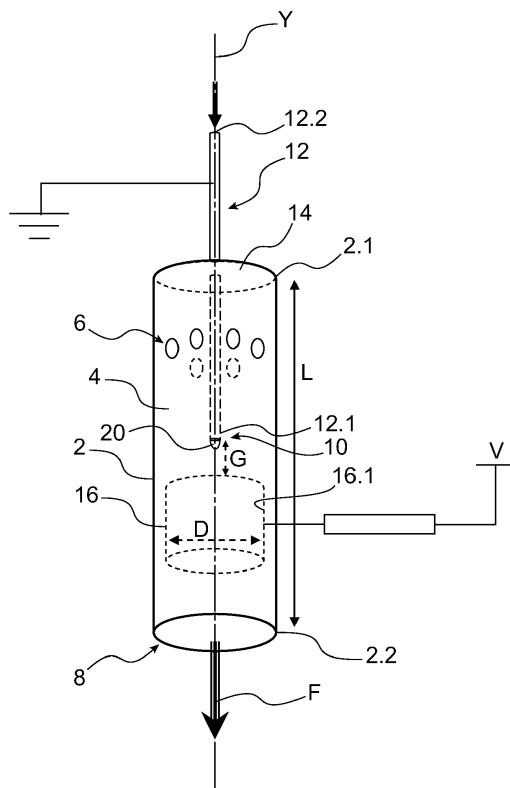


FIG. 1

Description**DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTÉRIEUR**

- 5 [0001] La présente invention se rapporte à un dispositif électrostatique de collecte de particules en suspension dans un milieu gazeux, plus particulièrement dans l'air.
- [0002] La détection et l'analyse des particules présentes dans l'air ambiant constituent une préoccupation actuelle majeure, que ce soit pour la surveillance de l'environnement avec la présence dans l'air ambiant de nanoparticules produites par l'activité humaine, des problématiques de santé avec un besoin évident de protéger les populations des agents pathogènes aéroportés (légionnelles, grippe, etc.) et des enjeux de sécurité (détection d'attaques biologiques).
- 10 [0003] Des dispositifs de capture électrostatique de particules aéroportées, appelés électrofiltres, servent par exemple à purifier l'air. Il existe également des dispositifs électrostatiques de collecte et d'analyse des particules. Ces dispositifs montrent une grande efficacité dans la collecte de particules submicroniques.
- 15 [0004] Parmi ces dispositifs, certains reposent sur l'utilisation d'un champ électrique intense pour créer un effet de décharge couronne (en anglais corona discharge) ; ils sont couramment appelés électrofiltres ou précipitateurs électrostatiques.
- [0005] Un électrofiltre (Electrostatic Precipitator en anglais, abréviation ESP) est un appareil qui collecte les particules présentes dans un gaz en appliquant un champ électrique sur une trajectoire des particules en suspension dans ce gaz. Plus exactement, ce champ électrique élevé (plusieurs milliers à dizaines de milliers de volts par centimètre au voisinage 20 de l'électrode de décharge) est induit par deux électrodes disposées à proximité l'une de l'autre : une première électrode polarisée ou électrode de décharge, généralement en forme de fil ou de pointe, étant disposée en regard d'une deuxième électrode, cette dernière se présentant sous la forme d'une contre-électrode, généralement de géométrie plane ou cylindrique. Le champ électrique existant entre les deux électrodes ionise le volume de gaz situé dans l'espace inter-électrodes, et notamment une gaine ou couronne de gaz ionisé située autour de l'électrode de décharge. Ce phénomène 25 est appelé décharge couronne. Les charges créées, en migrant vers la contre-électrode, chargent les particules à séparer contenues dans le gaz. Les particules chargées ainsi créées migrent alors vers la contre-électrode, sur laquelle elles peuvent être collectées. Cette contre-électrode est usuellement appelée électrode de collecte. Du fait du niveau du champ électrique requis, il est nécessaire d'utiliser une électrode de décharge qui a un très faible rayon de courbure. Les électrodes de décharge rencontrées sont donc généralement soit des pointes soit des fils.
- 30 [0006] Les électrofiltres utilisent les hautes tensions pour générer la décharge par effet couronne.
- [0007] En outre, un électrofiltre comporte des moyens pour entraîner l'air de l'environnement à travers le dispositif et des moyens pour transférer des particules d'un milieu gazeux vers un milieu aqueux ou de culture.
- [0008] Un tel dispositif est par exemple décrit dans le document WO 2007/012447. L'électrode de décharge est formée par un fil disposé à l'intérieur de la contre-électrode cylindrique. Un tube assure une alimentation en vapeur entre 35 l'électrode de décharge et la contre-électrode. Une pompe est prévue pour entraîner le mélange air et aérosol au travers du dispositif. Ce dispositif nécessite donc une pompe extérieure qui n'utilise pas la haute tension, ainsi qu'une alimentation en vapeur.
- [0009] Des dispositifs utilisant le procédé d'électrospray ont également été décrits par exemple dans le document "An electrospray-based, ozone-free air purification technology", Gary Tepper and Al, Journal of Applied Physics, 102, 113305 40 (2007). Le procédé d'électrospray permet de pulvériser un liquide en fines gouttelettes. Un dispositif mettant en oeuvre ce procédé comporte deux électrodes, formées pour l'une par un capillaire amenant le liquide à pulvériser et pour l'autre par une contre-électrode généralement plane. Les gouttes ainsi formées sont chargées électriquement et sont dispersées dans l'air contenant les particules à collecter, elles transfèrent leur charge aux particules polaires qui peuvent alors être attirées et ensuite collectées par la contre-électrode. Ce dispositif comporte un ventilateur pour faire circuler l'air à travers 45 le dispositif. Ce ventilateur n'utilise pas la haute tension.
- [0010] Ces dispositifs présentent un encombrement spatial important du fait de la nécessité d'utiliser un ventilateur ou une pompe pour la circulation de l'air. En outre, ils requièrent l'utilisation de hautes tensions soit pour générer la décharge couronne, soit pour mettre en oeuvre le procédé d'électrospray, et une autre source de tension pour alimenter la pompe ou le ventilateur.
- 50 [0011] De plus, dans le cas de la collecte de particules aéroportées en vue de leur analyse, les particules généralement collectées à la surface d'une électrode doivent être récupérées. Pour cela, un milieu de culture peut être déposé à la surface de l'électrode de collecte ou en aval de cette dernière.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

- 55 [0012] C'est par conséquent un but de la présente invention d'offrir un dispositif de collecte de particules contenues dans un gaz d'encombrement réduit et de réalisation simplifiée par rapport aux dispositifs de l'état de la technique.
- [0013] Le but précédemment énoncé est atteint par un dispositif de collecte, dont l'alimentation en liquide est configurée

pour générer à la fois la décharge couronne et le procédé électrospray.

[0014] La décharge couronne charge les particules à séparer en vue de leur capture sur l'électrode de collecte. Elle permet également la génération d'un vent ionique permettant l'entrainement de l'air à travers le dispositif.

[0015] Le procédé d'électrospray génère des gouttelettes chargées, ce qui renforce l'efficacité de capture. Il assure en outre le mouillage de l'électrode ce qui permet de retenir les particules à la surface de l'électrode de collecte, ou, au-delà d'un certain débit, le ruissellement les particules le long de l'électrode de collecte en vue de leur évacuation ou leur analyse.

[0016] Ainsi, le dispositif de collecte ne requiert plus de pompe ni ventilateur pour assurer l'entraînement de l'air ou plus généralement du gaz à travers le dispositif, il ne nécessite pas non plus de moyens particuliers pour assurer le transfert du milieu gazeux au milieu liquide. En outre, les moyens de génération de la décharge couronne et les moyens pour pulvériser le liquide par électrospray utilisent tous deux des hautes tensions.

[0017] De plus, le faible encombrement du dispositif le rend compatible avec une utilisation portable.

[0018] Ainsi, les moyens mis en oeuvre pour générer la décharge couronne et ceux pour obtenir l'électrospray sont confondus, et la goutte de liquide polarisé située à l'extrémité du capillaire en vue de sa pulvérisation par électrospray forme la pointe de l'électrode de décharge pour la décharge couronne.

[0019] En d'autres termes, on réalise un dispositif de collecte de particules utilisant comme seule force motrice la force électrique pour réaliser les fonctions d'entrainement de gaz, de collecte de particules, de transfert de la phase gazeuse à la phase aqueuse de l'échantillon. Pour cela, on associe la décharge couronne et l'électrospray, ce qui permet d'offrir un dispositif de collecte simplifié ne nécessitant pas de modules annexes, tels qu'une pompe, un ventilateur, etc. nécessaires au fonctionnement des dispositifs de collecte de l'état de la technique.

[0020] Avantageusement, une fonction de décontamination de l'électrode peut également être réalisée en dehors des phases de collecte des particules, pour cela un liquide apte à décontaminer la surface de la conte- électrode est pulvérisé par électrospray.

[0021] La présente invention a alors pour objet un dispositif de collecte de particules dans un flux gazeux comportant :

- une chambre de collecte, comportant une électrode de collecte,
- des moyens d'admission du flux gazeux dans la chambre de collecte,
- au moins un tube capillaire dont une première extrémité débouche en amont de l'électrode de collecte dans le sens d'écoulement du flux gazeux à travers la chambre de collecte et une deuxième extrémité est destinée à être reliée à un réservoir de liquide,
- des moyens de polarisation dudit liquide dans le tube capillaire, de sorte à imposer une différence de potentiel entre le liquide à ladite première extrémité du tube capillaire et l'électrode de collecte, pour provoquer la décharge couronne et la pulvérisation du liquide par électrospray en direction de l'électrode de collecte.

[0022] Le dispositif de collecte peut également comporter des moyens d'évacuation dudit flux gazeux de la chambre de collecte, lesdits moyens d'évacuation étant situés en aval de ladite électrode de collecte.

[0023] Dans un exemple avantageux, la chambre de collecte est cylindrique, et l'électrode de collecte a une forme cylindrique correspondante. La chambre de collecte peut alors être tubulaire et l'électrode de collecte peut présenter une forme annulaire dont le diamètre intérieur est sensiblement égal au diamètre intérieur de la chambre de collecte.

[0024] Le rapport de la distance entre la première extrémité du tube capillaire et l'électrode de collecte sur le diamètre intérieur de l'électrode de collecte est avantageusement compris dans l'intervalle [0,5 ; 0,75], avantageusement égal à 0,56.

[0025] Par exemple, la chambre de collecte comporte une paroi latérale tubulaire et deux fonds formant des extrémités longitudinales, et les moyens d'admission sont formés par des orifices traversant la paroi latérale du côté d'une première extrémité longitudinale et les moyens d'évacuation sont formés dans le fond situé au niveau d'une deuxième extrémité longitudinale.

[0026] La différence de tension appliquée entre le liquide à la première extrémité du tube capillaire et l'électrode de collecte est comprise dans l'intervalle [8 kV ; 10 kV].

[0027] Dans un exemple de réalisation, la surface intérieure du tube capillaire est avantageusement au moins en partie en matériau conducteur électrique et forme les moyens de polarisation du liquide qu'il contient.

[0028] Dans un autre exemple de réalisation, le tube capillaire est en matériau isolant électrique et les moyens de polarisation sont formés par une électrode de polarisation située à l'intérieur du tube capillaire.

[0029] Dans un autre exemple de réalisation, les moyens de polarisation sont situés en amont du tube capillaire.

[0030] Le dispositif peut comporter, de manière avantageuse, des moyens de décontamination par pulvérisation de l'électrode de collecte formés par le tube capillaire, ledit tube capillaire étant apte à être connecté par sa deuxième extrémité à un réservoir d'un liquide de décontamination apte à être pulvérisé par électrospray, par exemple de l'eau de javel.

[0031] Selon une caractéristique additionnelle, l'électrode de collecte peut être formée par un milieu de culture biolo-

gique pour les particules collectées.

[0032] Selon une autre caractéristique additionnelle, le dispositif de collecte peut comporter une pluralité de tubes capillaires parallèles. De préférence, le dispositif de collecte comporte alors un déflecteur entourant les extrémités des tubes capillaires débouchant dans la chambre de collecte, ledit déflecteur étant destiné à guider les gouttelettes formées par électrospray. Par exemple, le déflecteur est formé par un anneau métallique au même potentiel que le liquide.

[0033] La présente invention a également pour objet un système de collecte comportant un dispositif de collecte selon l'invention et des moyens d'alimentation à des hautes tensions pour appliquer la ou les différences de tension.

[0034] Ce système peut être avantageusement portable.

[0035] Le système peut comporter un générateur de vent ionique connecté à ladite chambre de collecte pour augmenter le débit de flux gazeux traversant la chambre de collecte, ledit générateur de vent ionique comportant une électrode de décharge et une contre-électrode.

[0036] La présente invention a également pour objet un système de collecte et d'analyse comportant un système de collecte selon l'invention et des moyens d'analyse des particules capturées par l'électrode de collecte, lesdits moyens d'analyse étant situés en aval de ladite électrode de collecte.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0037] La présente invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre et des dessins en annexes sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un exemple de réalisation d'un dispositif de collecte,
- la figure 2A est une représentation graphique du débit D_b d'air à travers le dispositif en fonction de la différence de tension V appliquée entre l'électrode de décharge et l'électrode de collecte pour une solution aqueuse comportant un tampon salin de PBS (Phosphate Buffered Saline)1X et un surfactant de type Triton X100 à 0,1 %, pulvérisée et pour une solution aqueuse de Chlorure de Sodium pulvérisée,
- la figure 2B est une représentation graphique du courant I à travers le dispositif en fonction de la différence de tension V appliquée entre l'électrode de décharge et l'électrode de collecte pour une solution aqueuse comportant un tampon salin de PBS (Phosphate Buffered Saline)1X et un surfactant de type Triton X100 à 0,1 %, pulvérisée et pour une solution aqueuse de Chlorure de Sodium pulvérisée,
- la figure 3A est une représentation graphique du débit D_b d'air à travers le dispositif en fonction de la différence de tension V appliquée entre l'électrode de décharge et l'électrode de collecte pour différentes valeurs du rapport G/D,
- la figure 3B est une représentation graphique du courant I à travers le dispositif en fonction de la différence de tension V appliquée entre l'électrode de décharge et l'électrode de collecte pour différentes valeurs du rapport G/D,
- la figure 4 est une représentation schématique d'un exemple de réalisation d'une électrode de décharge à plusieurs capillaires,
- la figure 5 est un cliché de l'ionisation de l'air au bout de la goutte d'eau, à l'extrémité du capillaire, formant alors une électrode de décharge en forme de pointe.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0038] Sur la figure 1, on peut voir un exemple de réalisation d'un dispositif de collecte selon l'invention représenté de manière schématique.

[0039] La description qui suit prend comme exemple la collecte de particules contenues dans l'air, désignées également particules aéroportées. Il sera compris que l'invention s'applique à la collecte de particules contenues dans tout milieu gazeux.

[0040] Le dispositif comporte un corps 2 formé dans l'exemple représenté par un tube, délimitant une chambre de collecte 4, des moyens d'admission 6 de l'air dans la chambre 4 et des moyens d'évacuation 8 de l'air de la chambre 4.

[0041] Le tube 2 présente un axe longitudinal X ; et est muni d'une extrémité longitudinale amont 2.1 et d'une extrémité longitudinale aval 2.2. Les termes " amont " et " aval " sont considérés par rapport au sens de l'écoulement du gaz traité à travers le dispositif qui est symbolisé par la flèche F, le gaz traité s'écoulant de l'amont vers l'aval.

[0042] Le dispositif comporte également des moyens pour générer un effet couronne à l'intérieur de la chambre 4, et des moyens pour pulvériser un liquide par électrospray, désignés par la suite " moyens d'électrospray ".

[0043] Dans l'exemple représenté et de manière particulièrement avantageuse, les moyens 10 de génération de la décharge couronne et les moyens d'électrospray sont confondus. Nous désignerons ces moyens par des moyens de collecte 10.

[0044] Les moyens de collecte 10 comporte un tube capillaire 12 disposé, dans l'exemple représenté, coaxial à l'axe X et monté à travers un fond 14 de l'extrémité amont 2.1 du tube 2.

[0045] Le tube capillaire 12 comporte une extrémité 12.1 aval débouchant dans la chambre 4 et une extrémité amont

12.2 destinée à être raccordée à une alimentation en liquide. Le liquide est destiné à être pulvérisé par électrospray. L'alimentation en liquide est par exemple obtenue au moyen d'un pousse-seringue ou d'une pompe.

[0046] La goutte de liquide 20 présente à l'extrémité aval 12.1 du tube capillaire 12 forme la pointe d'une électrode de décharge.

5 [0047] Le tube capillaire 12 peut être monté mobile le long de l'axe X de sorte à permettre le réglage axial de la position de son extrémité aval 12.1 par rapport à une électrode de collecte 16 qui sera décrite ci-dessous. L'électrode de décharge est située en amont de l'électrode de collecte.

10 [0048] Les moyens de collecte comportent également des moyens de polarisation du liquide circulant dans le tube capillaire 12 en vue de sa pulvérisation. Dans l'exemple représenté, les moyens de polarisation sont formés directement par le tube capillaire 12 qui est en matériau conducteur électrique et qui est relié à une source de tension. Cette réalisation présente l'avantage de réduire encore le nombre d'éléments mis en oeuvre dans l'invention.

15 [0049] Avantageusement le tube capillaire est relié à la masse pour éviter tout court-circuit avec des éléments extérieurs.

[0050] En variante, on peut prévoir que le tube capillaire 12 soit en matériau isolant électrique et qu'une électrode reliée à la source de tension soit disposée à l'intérieur du tube en amont ou au niveau de l'extrémité 12.1 du tube. L'électrode est par exemple sous la forme d'un fil s'étendant suivant l'axe du tube capillaire 12 ou est fixée sur la paroi intérieure du tube capillaire. En variante encore, on peut envisager de polariser le liquide avant son entrée dans le tube capillaire 12.

20 [0051] Les moyens de collecte comportent également une contre-électrode 16, aussi appelée électrode de collecte, disposée en aval de l'extrémité aval 12.1 du tube capillaire 12. L'électrode de collecte 16 est creuse. Elle s'étend le long de la direction d'écoulement et comporte selon cette direction une première extrémité et une deuxième extrémité, les première et deuxième extrémités étant situées en aval de l'extrémité 12.1 du tube capillaire 12.

25 [0052] La contre-électrode 16 a, dans l'exemple représenté, la forme de cylindre à section circulaire montée dans le tube 2. De manière avantageuse, le diamètre intérieur de la contre-électrode 16 est sensiblement égal au diamètre intérieur du corps 2 pour réduire les discontinuités de diamètre sur le trajet du flux d'air. La surface intérieure de la chambre 4 est donc sensiblement continue. De préférence, la forme de l'électrode de collecte correspond à une partie au moins de la surface intérieure du tube.

[0053] La surface intérieure 16.1 de la contre-électrode 16 forme la surface de collecte des particules. La contre-électrode est reliée à une source de haute tension.

30 [0054] La contre-électrode 16 peut prendre des formes différentes d'un cylindre de révolution. Elle peut notamment se présenter sous la forme d'une ou de plusieurs plaques, entre lesquels débouchent des capillaires. Elle peut encore avoir la forme d'une portion de cylindre, telle qu'un demi-cylindre.

[0055] Les moyens d'admission 6 comportent des orifices réalisés dans le tube entre l'extrémité amont 2.1 du tube et l'extrémité aval du tube capillaire 12.

35 [0056] Les moyens d'évacuation sont situés à l'opposé de moyens d'admission 6 par rapport à l'extrémité aval 12.1 du tube capillaire 12.

[0057] La position relative du bord de la goutte de liquide 20 située à l'extrémité aval 16 est telle que la distance G séparant l'extrémité aval 12.1 du tube capillaire et l'extrémité amont de la contre-électrode est non nulle.

[0058] Le fonctionnement de ce dispositif va maintenant être décrit.

40 [0059] Du liquide, par exemple de l'eau, est injecté dans le tube capillaire 12 au moyen d'un pousse-seringue, une goutte de liquide 20 se forme alors à l'extrémité aval 12.1 du tube capillaire 12.

[0060] Une haute tension est ensuite appliquée à la contre-électrode 16, tandis que le tube capillaire 12 est à la masse. La goutte 20 est donc polarisée puisque le tube capillaire est conducteur électrique. Le capillaire 12 forme une aiguille, à l'extrémité de laquelle la goutte 20 forme une pointe, présentant une forte courbure (ou un faible rayon de courbure). Une décharge couronne apparaît alors au voisinage de la goutte 20 lorsque le champ électrique atteint une valeur critique, cette décharge au bout de la goutte 20 est visible sur le cliché de la figure 5. De façon connue, la décharge couronne génère une poche de gaz ionisé au voisinage de l'électrode de décharge. Un vent unipolaire d'ions et de particules chargées se développe au niveau de la goutte vers la contre-électrode 16 sous l'effet de la force de Coulomb. L'entraînement de l'air se fait par transfert de quantité de mouvement entre ces particules chargées et les particules et molécules neutres de l'air.

50 [0061] Du fait de la position de la goutte 20 à distance et en amont de la contre-électrode 16, il y a effectivement un entraînement de l'air des moyens d'admission 6 vers les moyens d'évacuation 8, autrement dit de l'amont vers l'aval. Ainsi, les particules sont entraînées vers la contre-électrode 16. Il apparaît alors un phénomène d'aspiration de l'air vers l'intérieur de la chambre 4 et un écoulement selon la flèche F. L'électrode de décharge et l'électrode de collecte 16 forment ainsi un générateur de flux d'air.

55 [0062] Les ions produits par la décharge, en migrant vers la contre-électrode, chargent les particules à séparer. Les particules chargées ainsi créées migrent alors vers la contre-électrode 16, sur laquelle elles peuvent être collectées.

[0063] Simultanément, la goutte de liquide 20 située à l'extrémité aval du tube capillaire 12, qui forme la pointe de

l'électrode de décharge, est soumise à des forces électrostatiques qui tendent à l'arracher du tube, formant alors un electrospray. La goutte 20 est arrachée de l'extrémité aval 12.1 du tube capillaire 12 lorsque les forces électrostatiques surpassent les forces capillaires, ces dernières tendant à maintenir le liquide dans le capillaire. Ainsi, les forces électrostatiques déforment la goutte jusqu'à l'arracher de l'extrémité aval 12.1 du capillaire 12. La goutte 20 est alors pulvérisée en gouttelettes de tailles micrométriques ou nanométriques en direction de l'électrode de collecte 16. Les gouttelettes ainsi formées sont chargées électriquement et sont dispersées dans l'air contenant les particules à collecter, elles capturent les particules circulant dans l'espace inter électrode. Ces dernières sont alors entraînées vers l'électrode de collecte 16 et ensuite collectées par celle-ci.

[0064] Les gouttelettes impactent alors l'électrode de collecte 16, ce qui a pour effet de mouiller la surface de l'électrode de collecte 16 et de former un film de liquide sur l'électrode, ce qui assure le transfert des particules de la phase gazeuse à la phase liquide.

[0065] En outre, le fait que l'électrode de collecte 16 soit mouillée améliore la capture des particules. En effet, cela évite qu'elles ne soient réentraînées par l'écoulement d'air.

[0066] Par ailleurs, lorsque le débit est suffisant, ce film de liquide permet de récupérer les particules par ruissellement le long de l'électrode de collecte, en vue de leur analyse ou de leur évacuation.

[0067] Enfin le film de liquide peut servir de milieu de culture pour les particules biologiques.

[0068] Par exemple dans le cas de l'utilisation du dispositif pour effectuer la capture d'agents biologiques potentiellement pathogènes dans l'air (virus, bactéries, etc.), on utilise comme liquide destiné à être pulvérisé un liquide favorable à la survie de micro-organismes, comme par exemple une solution aqueuse comprenant un tampon salin de PBS 1X et un surfactant Triton X à 0,1 %.

[0069] La collecte des particules est donc réalisée à la fois par effet couronne et les gouttelettes formées par electrospray. La production d'ozone est donc réduite par rapport à un dispositif de collecte ne mettant en oeuvre que la décharge couronne.

[0070] La combinaison de ces deux effets est particulièrement avantageuse puisque, outre la collecte des particules, elle permet de générer un flux d'air à travers le dispositif, sans module supplémentaire, et d'assurer le transfert de la phase gazeuse à la phase liquide.

[0071] On obtient donc un dispositif entièrement intégré.

[0072] De manière préférée, la différence de potentiel appliquée est comprise entre 8 kV et 10 kV.

[0073] Pour une différence de potentiel comprise entre 8 kV et 10 kV, les gouttelettes pulvérisées sont suffisamment défléchies pour qu'elles atteignent l'électrode de collecte et s'écrasent sur la surface intérieure de l'électrode de collecte et forment un film de liquide sur la surface intérieure de l'électrode de collecte. Cet intervalle de potentiel assure une collecte maximale des particules.

[0074] Dans le cas d'une différence de potentiel trop faible, par exemple entre 3 kV et 8 kV, des gouttelettes ne sont pas assez défléchies, elles traversent l'électrode de collecte et viennent s'écraser sur la paroi intérieure du tube en aval de l'électrode de collecte. Ces particules ne sont alors pas collectées.

[0075] Considérant D le diamètre intérieur de l'électrode de collecte 16. Le rapport G/D est supérieur ou égal à 0,2, de préférence supérieur à 0,5. De manière préférentielle le rapport G/D est tel que : $0,5 \leq G/D \leq 0,75$, et de manière encore préférée G/D est proche de 0,5, par exemple égale à 0,56. Ces valeurs de rapport G/D est favorable à l'apparition d'un vent ionique exploitable.

[0076] Si le rapport G /D est choisi trop faible, par exemple inférieure ou égal à 0,49, la déflexion d'au moins une partie des gouttelettes peut être trop importante, celles-ci viennent alors s'écraser sur l'extrémité amont de l'électrode de collecte, le liquide peut s'accumuler. Ce liquide forme alors un prolongement de l'électrode de collecte vers l'électrode de décharge, ce qui peut avoir pour effet de réduire la distance entre l'électrode de décharge et l'électrode de collecte, pouvant provoquer la formation d'arcs électriques. La longueur de la goutte est donc prise en compte dans le dimensionnement du dispositif.

[0077] Dans l'exemple représenté et de manière préférée, l'extrémité liquide du tube capillaire forme à la fois l'électrode de décharge pour la décharge couronne et assure l'effet d'electrospray.

[0078] De manière avantageuse, le dispositif selon l'invention comporte des moyens pour assurer la décontamination de l'électrode de collecte entre deux cycles de capture, par exemple entre deux cycles de capture de pathogène, rendant ainsi le dispositif réutilisable.

[0079] De manière particulièrement avantageuse, on utilise le tube capillaire 12 et l'effet electrospray pour arroser la paroi interne de l'électrode de collecte 16 avec un fluide adapté, par exemple de l'eau de Javel, qui est une solution aqueuse fortement conductrice.

[0080] La décontamination à l'eau de javel peut être réalisée très simplement au même point de fonctionnement que la collecte, en appliquant les mêmes valeurs de différence de tension, le même débit liquide et une même distance G. Par exemple, une électrovanne est située entre l'extrémité amont 12.2 du tube capillaire et commande l'alimentation en fluide en fonction du cycle souhaité, soit pour effectuer un cycle de collecte, soit pour effectuer un cycle de la décontamination.

[0081] Sur la figure 2A, on peut voir la variation du débit Db au sein du dispositif de collecte selon l'invention présentant un rapport G/D de 0,56 en fonction de la tension V appliquée à l'électrode de collecte (l'électrode de décharge étant à la masse), le débit résulte du flux obtenu par la décharge couronne et la structure selon l'invention. Les mesures sont faites dans le cas où le liquide est du PBS 1X + Triton X à 0,1% (courbe I) et dans le cas où le liquide est de l'eau salée (courbe II). Grâce à l'invention on obtient un débit de plus de 2 l/min pour une tension à l'électrode de collecte supérieure ou égale à 8kV.

[0082] Sur la figure 2B, on peut voir la variation du courant I au sein du dispositif de collecte selon l'invention en fonction de la tension V appliquée à l'électrode de collecte. Les mesures sont faites dans le cas où le liquide est PBS 1X + Triton X à 0,1% (courbe I') et dans le cas où le liquide est de l'eau salée (courbe II').

[0083] L'eau salée et le PBS 1X + Triton X à 0,1% sont deux liquides fortement conducteurs électriques. On observe grâce à ces mesures que le dispositif est très robuste au changement de liquide dès lors qu'il est fortement conducteur électrique. Le dispositif peut donc être utilisé avec un grand nombre de liquides, ce qui rend son domaine d'application très large en termes de particules pouvant être collectées.

[0084] A titre d'exemple, pour un dispositif ayant la structure de la figure 1 et dont le corps mesure 100 mm et le diamètre intérieur est égal à 10 mm, ainsi que le diamètre intérieur de l'électrode de collecte, il a été mesuré que, en choisissant le point de fonctionnement suivant :

- en polarisation du dispositif à 10 kV,
- pour un rapport G/D = 0,56,
- un débit de liquide de 5 µl/min,

on obtient un débit d'air de 4,2 l/min, une efficacité de capture moyenne de 99,99 %, et un arrosage de la paroi interne de l'électrode de collecte, pour une consommation électrique de 400 mW, ce qui est très faible.

[0085] Grâce à l'invention, on peut obtenir simultanément un entraînement d'air élevé, une capture efficace et un arrosage suffisant de l'électrode de collecte avec une consommation électrique faible tout en écartant la formation d'arcs électriques.

[0086] Sur les figures 3A et 3B, on peut voir les variations de débit et de courant en fonction de la tension appliquée pour différentes rapport G/D. Plus G/D est petit, donc plus G est petit à diamètre constant, plus le débit Db est important. En revanche, on constate que pour le rapport G/D = 0,49 la consommation électrique est sensiblement plus importante. En outre, lorsque G/D = 0,49, la courbe de la figure 3B ne présente pas de point de mesure à 10 kV car des arcs électriques se forment pour des valeurs de tensions supérieures à 9,5 kV du fait de la proximité entre l'extrémité du capillaire et l'électrode de collecte.

[0087] Néanmoins le dispositif de collecte selon l'invention fonctionne avec un rapport G/D de 0,49 et une différence de tension inférieure ou égale à 9,5 kV.

[0088] Les tableaux T1 et T2 suivants montrent l'efficacité de capteur du dispositif selon l'invention. Pour cela, on utilise une canne de prélèvement isocinétique reliée à un compteur de particules, l'ensemble étant placé en aval de l'électrode collecte et deux séries de mesure sont effectuées.

[0089] Une série de mesure est effectuée avec le dispositif de collecte éteint et une série de mesures est effectuée avec le dispositif de collecte en fonctionnement.

[0090] L'efficacité de capture est calculée à partir du rapport du nombre de particules traversant le dispositif de collecte lorsqu'il fonctionne et lorsqu'il ne fonctionne pas, en considérant que la concentration de particules dans l'air est constante.

$$\eta = 1 - \frac{N_{On}}{N_{Off}}$$

où η est l'efficacité de collecte, N_{On} le nombre de particules sortant du dispositif de collecte en fonctionnement et N_{Off} le nombre de particules dans le dispositif de collecte éteint. Il est à noter que lorsque le dispositif de collecte est éteint, l'entraînement d'air est produit uniquement par l'aspiration du compteur de particules au débit de 1,2 l/min. Des valeurs de N_{On} et N_{Off} pour quelques gammes de tailles de particules sont données dans le Tableau T1. Compte tenu du faible volume d'air contenu dans le dispositif (environ 6 cm³), on peut raisonnablement estimer que $N_{Off} \approx N_0$ où N_0 est la concentration de l'aérosol dans l'air ambiant.

Tableau T1 Nombre moyen de particules par litre d'air pour le dispositif de collecte éteint (N_{Off}) et en fonctionnement (N_{On})

| 5 | Tension appliquée à l'électrode de collecte | Etat du dispositif de collecte | Nombre moyen de particules par litre de d'air collecté la canne ayant une taille comprise entre | | | |
|----|---|--------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| | | | 0.25-0.28 μm | 0.35-0.40 μm | 0.70-0.80 μm | 3.5-4 μm |
| 10 | 10 kV | N_{Off} | 136192 | 625925 | 405650 | 2900 |
| | | N_{On} | 7 | 8 | 0 | 0 |
| 15 | 7 kV | N_{Off} | 127727 | 406263 | 351969 | 2670 |
| | | N_{On} | 470 | 247 | 331 | 0 |
| 20 | 4 kV | N_{Off} | 127727 | 180183 | 232885 | 827 |
| | | N_{On} | 470 | 394 | 531 | 1 |

[0091] Le Tableau T2 regroupe les efficacités pour quelques gammes de diamètre de particules collectées. Des valeurs d'efficacité similaires à celles présentées dans ce tableau T2, c'est-à-dire très proches de 1, sont également relevées pour les autres canaux de mesure.

Tableau T2 Quelques valeurs d'efficacité de capture

| Tension appliquée à l'électrode de collecte | Débit d'air mesuré (l/min) | Débit d'air total (L/min) | 0,25-0,28 μm Efficacité (%) | 0,35-0,40 μm Efficacité (%) | 0,70-0,80 μm Efficacité (%) | 3,5-4 μm Efficacité (%) | Efficacité moyenne (%) |
|---|----------------------------|---------------------------|---|---|---|---------------------------------------|------------------------|
| 10 kV | 3,7 ± 0,2 | 4,9 ± 0,2 | 99,99 | 99,99 | 100 | 100 | 99,99 |
| 7kV | 1,8 ± 0,2 | 3 ± 0,2 | 99,83 | 99,93 | 99,90 | 100 | 99,93 |
| 4kV | 0,2 ± 0,2 | 1,4 ± 0,2 | 99,63 | 99,78 | 99,77 | 99,9 | 99,83 |

[0092] Les résultats obtenus montrent une légère dépendance de l'efficacité de capture à la taille des particules : plus celles-ci sont petites, plus elles sont difficiles à capturer même si l'efficacité reste proche de 100 %.

[0093] La combinaison d'un electrospray et d'une décharge couronne permet d'atteindre une efficacité de collecte optimale.

[0094] Dans le Tableau T2, pour chaque tension, deux débits d'air sont donnés.

[0095] Le débit mesuré est celui indiqué par un débitmètre en aval de la canne. Le débit total est égal à la somme du débit mesuré par le débitmètre et du débit d'aspiration du compteur de particules (1,2 l/min). Le débit d'air produit et la tension de capture sont couplés comme cela est montré par la figure 3A si bien qu'à 4 kV, potentiel pour lequel la décharge couronne n'apparaît pas, l'entrainement d'air produit par le dispositif de collecte selon l'invention est quasi nul. Ces résultats montrent l'effet du dispositif de collecte selon l'invention sur l'entraînement de l'air à travers la chambre de collecte.

[0096] Dans un autre mode de réalisation, le dispositif peut comporter plusieurs tubes capillaires afin d'augmenter le débit de liquide pulvérisé sur la paroi intérieure de l'électrode de collecte. Cela permet un ruissellement des particules collectées le long de l'électrode de collecte 16.

[0097] De préférence, dans le mode de réalisation utilisant plusieurs capillaires, le dispositif comporte un déflecteur guidant les gouttes pulvérisées vers l'électrode de collecte.

[0098] Sur la figure 4, on peut voir un exemple de ce déflecteur 22. Il s'agit d'un anneau métallique disposé autour des tubes capillaires 12 au niveau de leurs extrémités aval 12.1. Le déflecteur 22 est au même potentiel électrique que les pointes des capillaires.

[0099] Le déflecteur 22 étant polarisé de la même façon que les extrémités des capillaires, des lignes de champ se forment entre ce déflecteur 22 et la contre-électrode 18. Ces lignes de champ agissent comme un canal électrostatique et contraignent les gouttelettes à se diriger vers la contre-électrode 16. En l'absence d'un tel déflecteur, les gouttes, qui ont la même polarité, auraient tendance à se repousser les unes des autres, ce qui donnerait un faisceau de gouttes divergent. Avec le déflecteur, les lignes de champ formées par entre le déflecteur et la contre-électrode exercent une force répulsive sur les gouttes, de telle manière que les gouttes sont maintenues dans l'enveloppe conique formée par les lignes de champ.

[0100] L'électrode de collecte 16 est, dans l'exemple représenté, formé par un tube métallique. De préférence, les bords des extrémités longitudinales sont arrondis pour réduire les risques de générer des décharges électriques. Cette électrode de collecte peut être réalisée en tout matériau conducteur, comme un matériau métallique ou des matériaux non métalliques tel qu'un gel ou une membrane conductrice dont le potentiel électrique est fixé par les moyens électriques accompagnant le dispositif. Ces supports non métalliques peuvent être par exemple un milieu de culture biologique, ainsi l'électrode est directement favorable à la culture de micro-organisme.

[0101] L'utilisation de tels supports est par exemple décrite par *M. Sillanpää et col. (2007) M. Sillanpää, M. D. Geller, H. C. Phuleria, C. Sioutas, High collection efficiency electrostatic precipitator for in vitro cell exposure to concentrated ambient particulate matter (PM)*, *Aerosol Science* 39 (2007) pp. 335-347.

[0102] Le dispositif de collecte selon l'invention est particulièrement adapté à l'utilisation d'électrode de collecte formant directement un milieu de culture. En effet la pulvérisation par électrospray obtenue grâce à l'invention assure avantageusement l'humidification du milieu de culture pendant la collecte pour éviter son dessèchement et augmente la durée totale de prélèvement. Il a été constaté que le dessèchement du milieu de culture limite la durée totale de prélèvement, généralement à une dizaine de minutes.

[0103] L'électrode de collecte peut également être constituée d'un support annulaire ou cylindre électriquement conducteur et recouvert d'un isolant électrique mince, typiquement épais de moins de 500 µm.

[0104] Le liquide éjecté par électrospray est par exemple de l'eau. De préférence, dans le cas de collecte de micro-organisme il s'agit d'une solution aqueuse favorable à survie et/ou la culture des micro-organismes tel que par exemple du sérum physiologique, une solution de tampon phosphate salin (phosphate buffered saline ou PBS), une solution aqueuse contenant au moins un antioxydant.

[0105] Dans un autre mode de réalisation, on peut envisager de mettre en série un dispositif de collecte selon l'invention et un générateur de vent ionique de type pointe-électrode annulaire. Dans ce dernier, l'électrode de décharge peut avoir la forme d'une ou de plusieurs pointes, afin d'augmenter le débit d'air entraîné.

[0106] Le dispositif de collecte peut bien entendu être associé à des moyens d'analyse des particules collectées et se trouvant en phase liquide sur l'électrode de collecte. Les moyens d'analyse généralement utilisés dans le domaine d'analyse des particules aéroportées conviennent et ne seront pas décrits en détail ici.

[0107] Ainsi, grâce à l'invention, on obtient un dispositif de collecte offrant une grande compacité et une consommation électrique extrêmement réduite, par exemple de l'ordre de 400 mW. Celui-ci peut donc être intégré dans un boîtier portable de l'ordre de 10 cm³ adapté à une utilisation nomade pour la détection de pathogènes dans des contextes les plus divers : hospitaliers, industriels (biomédical, agronomie...) ou encore pour la lutte contre le bioterrorisme.

Revendications

1. Dispositif de collecte de particules dans un flux gazeux comportant :

- une chambre de collecte (4), comportant une électrode de collecte (16) de forme tubulaire,
 - des moyens d'admission (6) du flux gazeux dans la chambre de collecte (4),
- ledit dispositif de collecte comportant également
- au moins un tube capillaire (12) dont une première extrémité (12.1) débouche en amont de l'électrode de collecte (16) dans le sens d'écoulement du flux gazeux à travers la chambre de collecte et une deuxième extrémité (12.2) est destinée à être reliée à un réservoir de liquide,
 - des moyens de polarisation dudit liquide dans le tube capillaire (12), de sorte à imposer une différence de potentiel entre le liquide à ladite première extrémité (12.1) du tube capillaire (12) et l'électrode de collecte, pour provoquer la décharge couronne et la pulvérisation du liquide par électrospray en direction de l'électrode de collecte.

2. Dispositif de collecte selon la revendication 1, dans lequel la première extrémité (12.1) du tube capillaire débouche à une distance (G) non nulle, selon la direction de l'écoulement du gaz, d'une extrémité amont de l'électrode de collecte.

3. Dispositif de collecte selon la revendication 2, dans lequel le rapport de la distance (D) entre la première extrémité (12.1) du tube capillaire (12) et l'extrémité amont de l'électrode de collecte (16) sur le diamètre intérieur (D) de l'électrode de collecte (16) est supérieur ou égal à 0,2.

4. Dispositif de collecte selon la revendication 2, dans lequel le rapport de la distance (D) entre la première extrémité (12.1) du tube capillaire (12) et l'extrémité amont de l'électrode de collecte (16) sur le diamètre intérieur (D) de l'électrode de collecte (16) est supérieur ou égal à 0,5.

5. Dispositif de collecte selon la revendication 2, dans lequel le rapport de la distance (D) entre la première extrémité (12.1) du tube capillaire (12) et l'extrémité amont de l'électrode de collecte (16) sur le diamètre intérieur (D) de l'électrode de collecte (16) est compris dans l'intervalle [0,5 ; 0,75].
- 5 6. Dispositif de collecte selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la chambre de collecte (4) est tubulaire et le diamètre intérieur (D) de l'électrode de collecte est sensiblement égal au diamètre intérieur de la chambre de collecte (4).
- 10 7. Dispositif de collecte selon l'une des revendications 1 à 6, comportant des moyens d'évacuation (8) dudit flux gazeux de la chambre de collecte (4), lesdits moyens d'évacuation (8) étant situés en aval de ladite électrode de collecte.
- 15 8. Dispositif de collecte selon la revendication 7, dans lequel la chambre de collecte (4) comporte une paroi latérale tubulaire et deux fonds formant des extrémités longitudinales, et dans lequel les moyens d'admission (6) sont formés par des orifices traversant la paroi latérale du côté d'une première extrémité longitudinale et les moyens d'évacuation (8) sont formés dans le fond situé au niveau d'une deuxième extrémité longitudinale.
9. Dispositif de collecte selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel la différence de tension appliquée entre la première extrémité (12.1) du tube capillaire (12) et l'électrode de collecte est comprise dans l'intervalle [8 kV ; 10 kV].
- 20 10. Dispositif de collecte selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel la surface intérieure du tube capillaire (12) est au moins en partie en matériau conducteur électrique et forme les moyens de polarisation du liquide qu'il contient.
- 25 11. Dispositif de collecte selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel le tube capillaire (12) est en matériau isolant électrique et les moyens de polarisation sont formés par une électrode de polarisation située à l'intérieur du tube capillaire (12).
12. Dispositif de collecte selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel les moyens de polarisation sont situés en amont du tube capillaire (12).
- 30 13. Dispositif de collecte selon l'une des revendications 1 à 12, comportant des moyens de décontamination par pulvérisation de l'électrode de collecte formés par le tube capillaire, ledit tube capillaire (12) étant apte à être connecté par sa deuxième extrémité (12.2) à un réservoir d'un liquide de décontamination apte à être pulvérisé par électrospray, par exemple de l'eau de javel.
- 35 14. Dispositif de collecte selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel l'électrode de collecte (16) est formée par un milieu de culture biologique pour les particules collectées.
15. Dispositif de collecte selon l'une des revendications 1 à 14, comportant une pluralité de tubes capillaires (12) parallèles.
- 40 16. Dispositif de collecte selon la revendication 15, comportant un déflecteur (22) entourant les extrémités des tubes capillaires (12) débouchant dans la chambre de collecte (4), ledit déflecteur (22) étant destiné à guider les gouttelettes formées par électrospray.
- 45 17. Dispositif de collecte selon la revendication 16, dans lequel le déflecteur (22) est formé par un anneau métallique au même potentiel que le liquide.
18. Système de collecte comportant un dispositif de collecte selon l'une des revendications 1 à 17 et des moyens d'alimentation à des hautes tensions pour appliquer la ou les différences de tension.
- 50 19. Système de collecte selon la revendication 18, dans lequel le système est portable.
20. Système de collecte selon la revendication 18 ou 19, comportant un générateur de vent ionique connecté à ladite chambre de collecte (4) pour augmenter le débit de flux gazeux traversant la chambre de collecte, ledit générateur de vent ionique comportant une électrode de décharge et une contre-électrode.
- 55 21. Système de collecte et d'analyse comportant un système de collecte selon l'une des revendications 18 à 20 et des moyens d'analyse des particules capturées par l'électrode de collecte (16), lesdits moyens d'analyse étant situés

en aval de ladite électrode de collecte (16).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

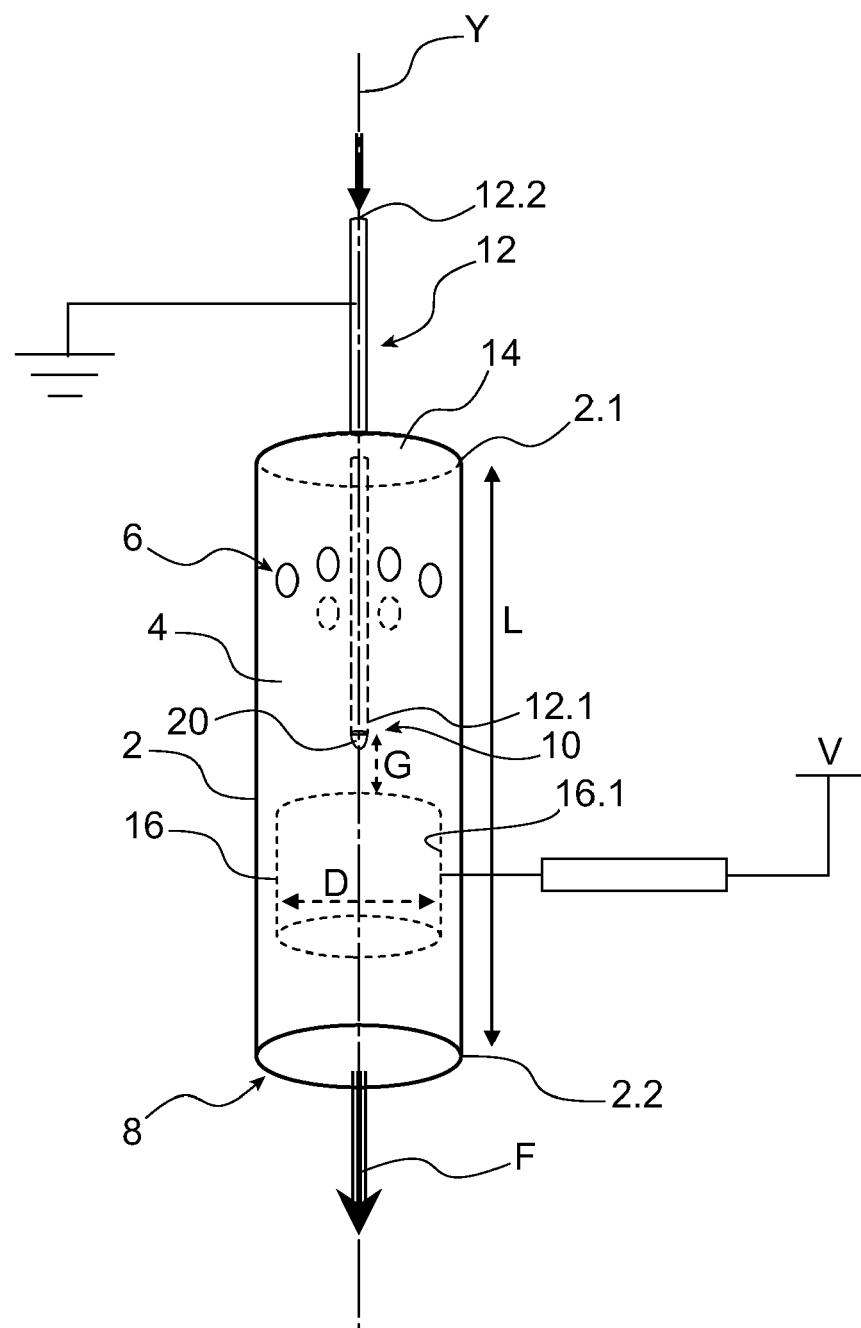


FIG. 1

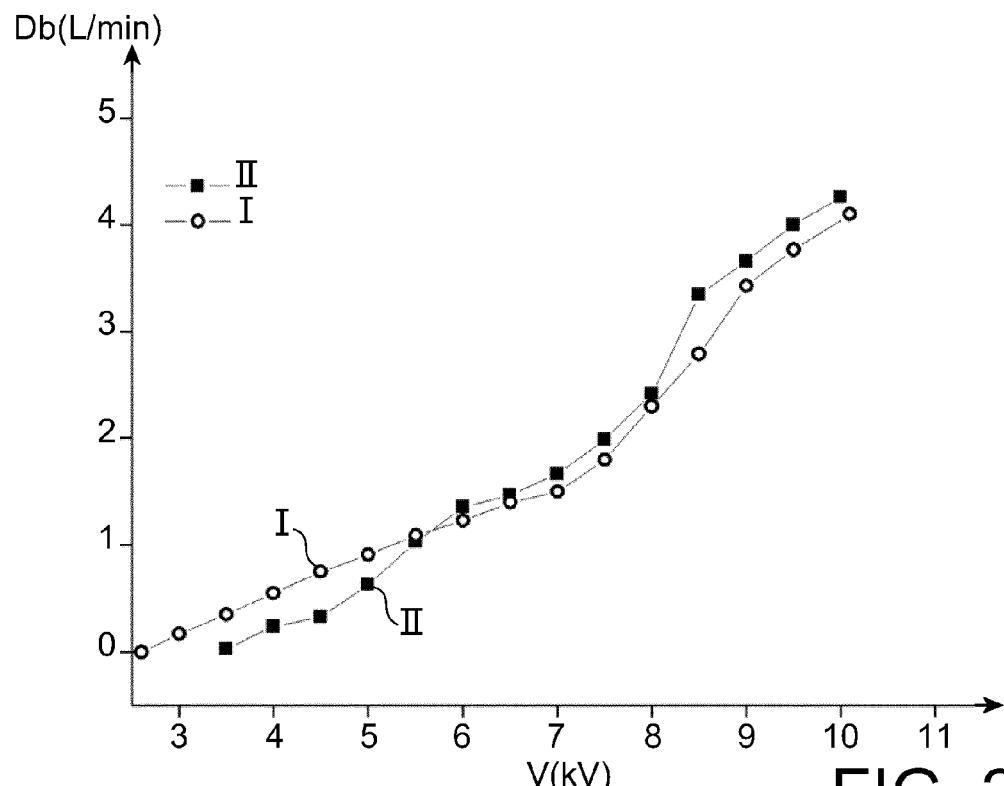


FIG. 2A

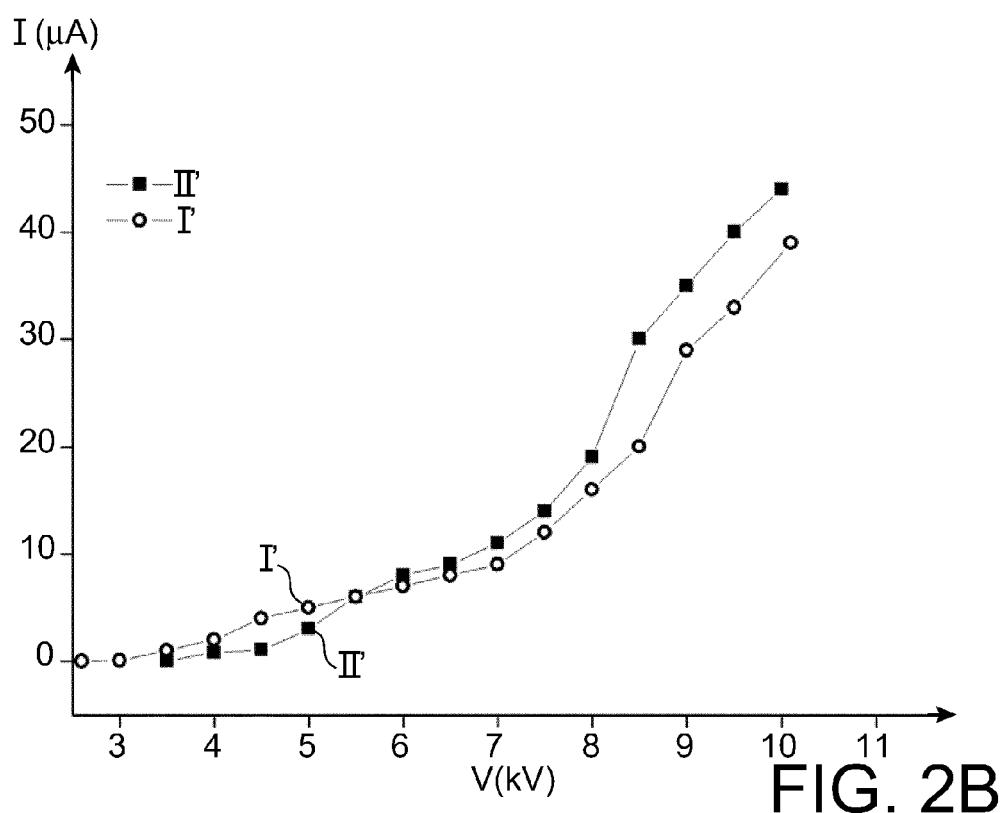


FIG. 2B

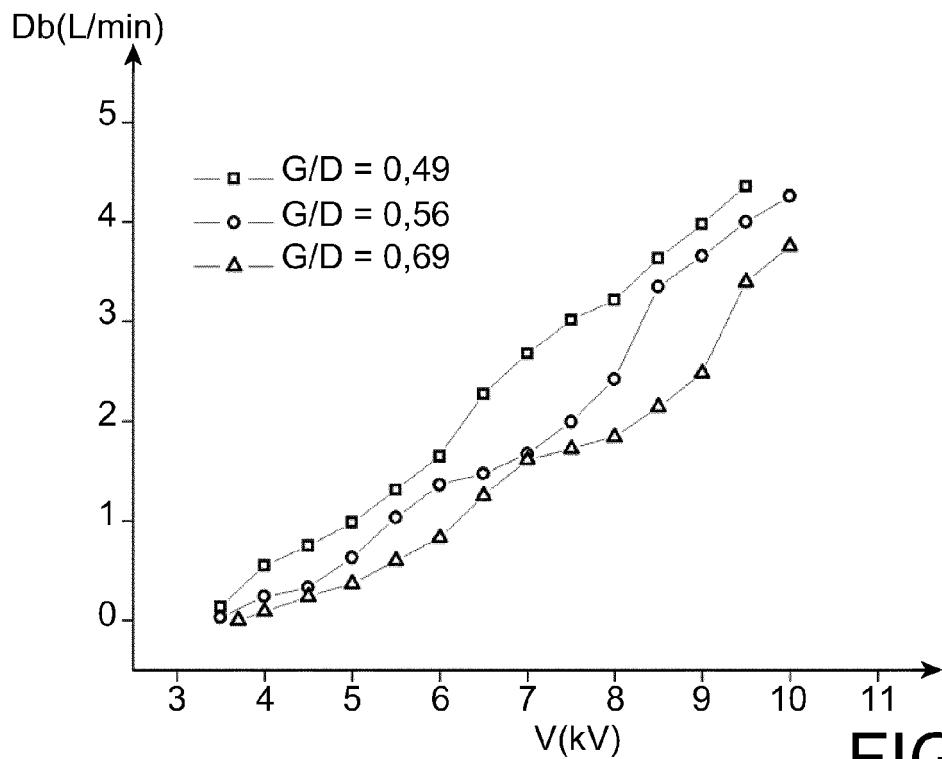


FIG. 3A

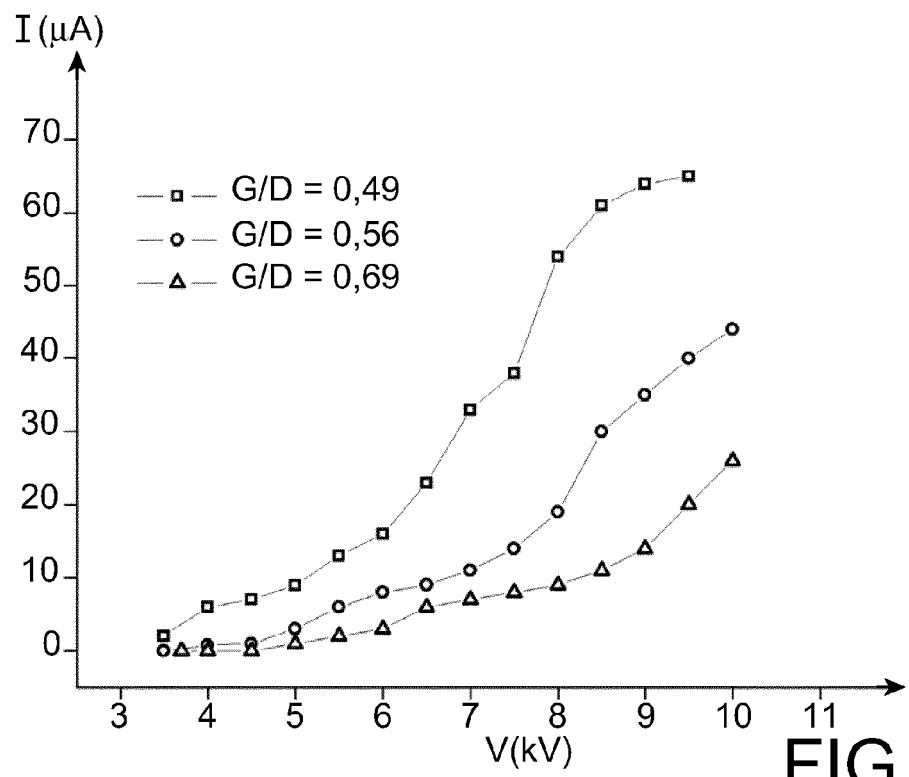


FIG. 3B

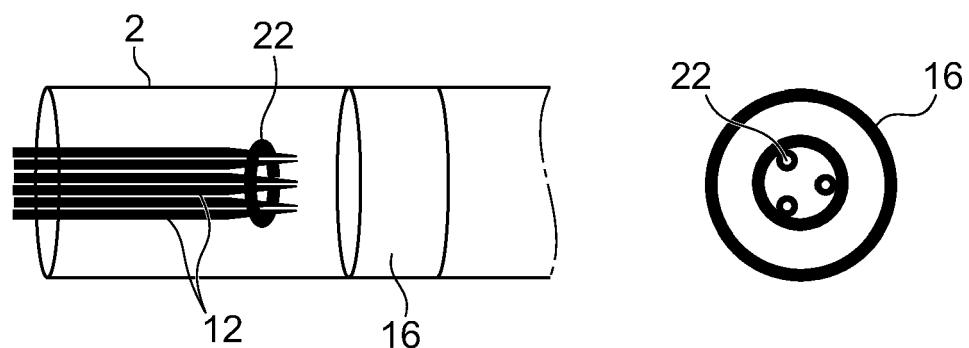


FIG. 4

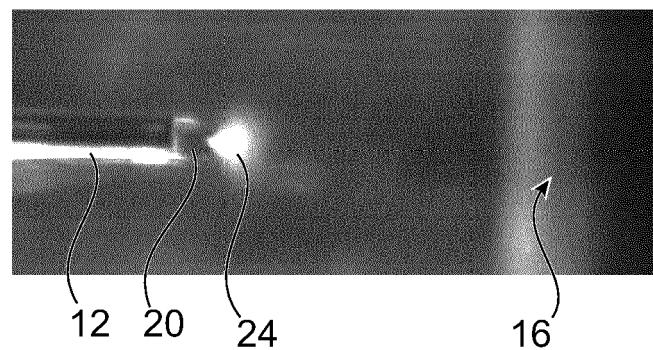


FIG. 5



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 13 16 5303

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC) |
|---|---|-----------------------------------|---|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | Revendication concernée | |
| X | US 2009/114090 A1 (GU ALEX [US] ET AL) 7 mai 2009 (2009-05-07) | 1-12, 14-21 | INV. B03C3/12 |
| A | * le document en entier * | 13 | B03C3/16 B03C3/32 |
| X | US 2009/235817 A1 (GU ALEX [US] ET AL) 24 septembre 2009 (2009-09-24) | 1-12, 14-21 | |
| A | * le document en entier * | 13 | |
| X | FR 2 205 367 A2 (TRW INC [US]) 31 mai 1974 (1974-05-31) | 1-12, 14-21 | |
| A | * le document en entier * | 13 | |
| A | US 6 156 098 A (RICHARDS CLYDE N [US]) 5 décembre 2000 (2000-12-05) | 1-21 | |
| | * le document en entier * | | |
| A | FR 2 281 167 A1 (TRW INC [US]) 5 mars 1976 (1976-03-05) | 1-21 | |
| | * le document en entier * | | |
| A | WO 2005/057748 A1 (LORETH ANDRZEJ [SE]) 23 juin 2005 (2005-06-23) | 20 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) |
| | * le document en entier * | | B03C |
| A | US 2011/192284 A1 (SAWYER BRIAN D [US] ET AL) 11 août 2011 (2011-08-11) | 20 | |
| | * le document en entier * | | |
| | ----- | | |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications | | | |
| 1 | Lieu de la recherche | Date d'achèvement de la recherche | Examinateur |
| | La Haye | 4 juillet 2013 | Skaropoulos, N |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES | | | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire | | | |
| T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant | | | |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 13 16 5303

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

04-07-2013

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | | Date de publication |
|---|----|------------------------|--|--|--|
| US 2009114090 | A1 | 07-05-2009 | AUCUN | | |
| US 2009235817 | A1 | 24-09-2009 | AUCUN | | |
| FR 2205367 | A2 | 31-05-1974 | CA DE FR IT JP | 1005768 A1 2305723 A1 2205367 A2 982538 B S4977268 A | 22-02-1977 22-05-1974 31-05-1974 21-10-1974 25-07-1974 |
| US 6156098 | A | 05-12-2000 | AT AU AU CA CN EP HK ID JP MX PL RU US WO | 491518 T 763316 B2 2516000 A 2362275 A1 1345258 A 1159074 A1 1044730 A1 29957 A 2002536168 A PA01007974 A 349962 A1 2220778 C2 6156098 A 0047326 A1 | 15-01-2011 17-07-2003 29-08-2000 17-08-2000 17-04-2002 05-12-2001 02-12-2005 25-10-2001 29-10-2002 14-07-2003 21-10-2002 10-01-2004 05-12-2000 17-08-2000 |
| FR 2281167 | A1 | 05-03-1976 | CA DE FR GB IT JP JP | 1013686 A1 2444696 A1 2281167 A1 1449310 A 1022277 B S5120167 A S5225590 B2 | 12-07-1977 04-03-1976 05-03-1976 15-09-1976 20-03-1978 18-02-1976 08-07-1977 |
| WO 2005057748 | A1 | 23-06-2005 | US WO | 2007145166 A1 2005057748 A1 | 28-06-2007 23-06-2005 |
| US 2011192284 | A1 | 11-08-2011 | TW US WO | 201146156 A 2011192284 A1 2011100201 A2 | 16-12-2011 11-08-2011 18-08-2011 |

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2007012447 A [0008]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **GARY TEPPER.** An electrospray-based, ozone-free air purification technology. *Journal of Applied Physics*, 2007, vol. 102, 113305 [0009]
- **M. SILLONPÄÄ ; M. D. GELLER ; H. C. PHULERIA ; C. SIOUTAS.** High collection efficiency electrostatic precipitator for in vitro cell exposure to concentrated ambient particulate matter (PM). *Aerosol Science*, 2007, vol. 39, 335-347 [0101]