(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 064 100 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
21.06.2006 Bulletin 2006/25

(21) Numéro de dépôt: **99910454.0**

(22) Date de dépôt: **29.03.1999**

(51) Int Cl.:
B05B 5/025 *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR1999/000730

(87) Numéro de publication internationale:
WO 1999/049981 (07.10.1999 Gazette 1999/40)

(54) **MOYENS DE PULVERISATION ELECTROHYDRODYNAMIQUE**

MITTEL ZUR ELEKTROHYRODYNAMISCHEN ZERSTÄUBUNG

ELECTROHYDRODYNAMIC SPRAYING MEANS

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE

(30) Priorité: **27.03.1998 FR 9803842**

(43) Date de publication de la demande:
03.01.2001 Bulletin 2001/01

(73) Titulaire: **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)**
75794 Paris Cedex 16 (FR)

(72) Inventeurs:
- **BORRA, Jean-Pascal**
  78460 Chevreuse (FR)
- **EHOUARN, Pascale**
  91190 Gif-sur-Yvette (FR)

(74) Mandataire: **Peaucelle, Chantal et al**
Cabinet Armengaud Aîné
3, Avenue Bugeaud
75116 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 234 841
EP-A- 0 258 016
WO-A-94/14543
US-A- 4 335 419
US-A- 4 669 671

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 1 064 100 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] La présente invention est relative à des moyens de pulvérisation électrohydrodynamique (ci-après dénommée PEHD).

[0002] La PEHD est un moyen de produire des nébulisats de gouttelettes de liquide de tailles millimétriques, microniques ou submicroniques chargées électriquement.

[0003] La PEHD consiste essentiellement à appliquer un champ électrique sur un liquide de manière à induire à la surface de ce liquide des charges électriques de même polarité que la tension qui y est appliquée. Ces charges, accélérées par le champ électrique, engendrent une transformation de la goutte de liquide en cône. A l'apex de ce cône, se produit un jet de liquide qui se fragmente en gouttelettes de tailles millimétriques, microniques ou submicroniques (nébulisat ou *spray*).

[0004] Différents modes de fragmentation de liquide peuvent être obtenus et ont été décrits dans l'art antérieur (*cf.* notamment Cloupeau et Prunet-Foch, 1989, J. Electrostatics 22, pp 135-159). On peut notamment citer le mode "goutte-à-goutte" qui produit des gouttes millimétriques, et le mode "cône-jet" stable qui produit une distribution granulométrique bi-modale du nébulisat (gouttes microniques et satellites sub-microniques).

[0005] Différents moyens ont été décrits dans l'art antérieur afin de permettre l'obtention d'une PEHD en mode "cône-jet" stable (mode garant de la dispersion bi-modale) pour des liquides dont la tension de surface à température ambiante est inférieure ou égale à 0,055 N/m tel que l'éthanol, l'acétone, l'éthylèneglycol. La PEHD en mode "cône-jet" pose toutefois problème pour les liquides à forte tension de surface tels que l'eau ou bien encore les liquides additionnés de réactifs ou principes actifs à effet tensioactif.

[0006] La forte tension de surface de ces liquides impose en effet, pour la réalisation de leur PEHD, l'application de forts potentiels sur le liquide, ce qui créé un champ électrique fort dans le gaz entourant le liquide et, par suite, des phénomènes d'ionisation dans le gaz. Dans l'air, à pression atmosphérique, ces décharges électriques sont la plupart du temps impulsionnelles (dards), et empêchent l'établissement d'un mode de fragmentation "cône-jet" au profit d'un mode "cône-jet-glow".

[0007] Ainsi, le document EP 0 258 016 décrit un système de pulvérisation électrostatique destiné à permettre l'application de très fins revêtements de surface. Ce système est capable de pulvériser dans l'air à pression atmosphérique des liquides dont la tension de surface est inférieure à 0,065 N/m, et préférablement inférieure à 0,050 N/m, mais cela uniquement dans la mesure où les phénomènes de type couronne sont évités (mode "conc-jet" de fragmentation du liquide). Dans le cas où des décharges apparaîtraient, EP 0 258 016 indique que son dispositif doit être placé dans un gaz autre que l'air, ou dans une atmosphère différente de la pression atmosphérique. L'enseignement de EP 0 258 016 conduit donc l'homme du métier à éviter les phénomènes de décharges, qui sont considérées comme déstabilisatrices de la pulvérisation.

[0008] Différentes solutions ont été proposées dans l'art antérieur afin de stabiliser la PEHD de tels liquides en prévenant la formation de décharges impulsionnelles dans le gaz les entourant. Deux types de solutions peuvent être identifiées : un premier type de solutions utilise une augmentation de la rigidité diélectrique du gaz entourant le liquide par augmentation de la pression du gaz et/ou par mise en oeuvre de gaz autres que l'air tels que le CO_2 ou le SF4, un deuxième type de solutions, utilise une électrode supplémentaire placée à proximité du cône et du jet de liquide de manière à réduire le champ électrique radial dans le gaz au voisinage du liquide. Aucun de ces deux types de solutions n'est toutefois industriellement satisfaisant : le premier type impose des moyens de contrôle de l'environnement atmosphérique, et le deuxième type impose une source de haute tension supplémentaire.

[0009] A la connaissance de la Demanderesse, aucun des dispositifs décrits dans l'art antérieur ne permettent donc, pour des liquides à fortes tensions de surface tels que l'eau, une PEHD dans l'air et à pression atmosphérique, sans engendrer un régime impulsionel de décharges, et sans nécessiter l'utilisation d'une électrode supplémentaire.

[0010] La présente demande est relative à de nouveaux moyens permettant de résoudre ce problème, et visant à pallier les inconvénients des moyens de l'art antérieur.

[0011] Les inventeurs ont en effet pour la première fois établi qu'une PEHD sans régime impulsionnel de décharges pouvait être établie directettrent dans l'air et à pression atmosphérique pour des liquides, dont la tension de surface, telle que mesurée à température ambiante, est supérieure à 0,055 N/m et, de manière remarquable supérieure à 0,065 N/m. Ils ont notamment établi qu'une telle PEHD peut être obtenue à l'aide d'un dispositif de PEHD répondant à certains paramètres de fonctionnement, et de manière tout à fait essentielle, à l'aide d'un dispositif de PEHD comportant au moins un conduit 1 de distribution de liquide dont les dimensions de diamètre extérieur et de diamètre intérieur, au point de sortie du liquide polarisé, répondent à une relation appropriée dans une gamme de diamètres extérieurs préalablement définie (*cf.* exemples et abaque en Figure 2 ci-après). Une telle relation peut notamment correspondre à un rapport entre (dimension de diamètre extérieur) et (dimension de diamètre intérieur) supérieur ou égal à une valeur limite fixe.

[0012] Les inventeurs ont en effet observé que le régime de décharges dans le gaz (régime continu de décharges -glow stabilisateur- ou régime impulsionnel de décharges -dards déstabilisateurs-) est directement relié au divergent du champ dans le gaz. Ils ont ainsi établi que, pour des liquides dont la tension de surface est supérieure à 0,055 N/m, et

de manière remarquable supérieure à 0,065 N/m, il est essentiel, pour réaliser la PEHD recherchée dans l'air à pression atmosphérique, de choisir des diamètres extérieur et intérieur qui permettent de contrôler :

- la forme du liquide, c'est-à-dire la géométrie du cône et du jet de liquide, et
- la chute de potentiel dans le liquide, c'est-à-dire le potentiel à la surface du liquide,

ceci afin de contrôler le divergent du champ dans le gaz (c'est-à-dire la variation du champ électrique dans le gaz).

[0013] La présente demande a ainsi pour premier objet un dispositif de pulvérisation électrohydrodynamique selon la revendication 1.

[0014] Différents moyens sont connus de l'homme du métier pour contrôler le caractère continu d'un régime de décharges. On peut notamment citer la mesure du courant électrique à l'aide d'un oscilloscope rapide, le contrôle visuel de la stabilité du cône de liquide formé, et/ou les mesures granulométriques permettant de vérifier le caractère bi-modal de la distribution en tailles des gouttelettes. Une telle distribution bi-modale peut notamment correspondre à une première population, majoritaire (par exemple 90% du volume de liquide pulvérisé), de gouttelettes de taille moyenne plus importante, et à une deuxième population, minoritaire (par exemple 10% du volume de liquide pulvérisé), de gouttelettes de taille moyenne plus fine.

[0015] Par dispositif de pulvérisation électrohydrodynamique, nous entendons, dans la présente demande, un dispositif capable de générer un nébulisat (ou dispersion, ou *spray*) de liquide polarisé, c'est-à-dire un nébulisat de liquide fragmenté, ou pulvérisé, en gouttelettes électriquement chargées. Un tel dispositif comprend donc des moyens d'alimentation et de distribution en liquide, et des moyens pour polariser électriquement la surface de ce liquide. Les moyens de distribution en liquide sont assurés par un conduit 1, ou capillaire 1, à une sortie duquel, le liquide polarisé forme un ménisque conique, de l'apex duquel part un jet puis une dispersion de gouttelettes de liquide électriquement chargées.

[0016] Par tension de surface, nous entendons dans la présente demande la tension de surface telle que mesurée dans l'air à température et pression ambiantes.

[0017] Le dispositif selon l'invention, conçu de manière à permettre la PEHD sous un régime continu de décharges, dans l'air et à pression atmosphérique, de liquides dont la tension de surface est supérieure à 0,055 N/m, et de manière remarquable supérieure à 0,065 N/m, présente l'avantage de permettre, sans modification dudit dispositif, la PEHD de liquides dont la tension de surface est inférieure ou égale à 0,055 N/m.

[0018] Selon une disposition avantageuse de l'invention, lesdits moyens comprennent, tout au moins à ladite sortie de conduit 1, des dimensions de diamètres extérieur et intérieur qui répondent, lorsqu'elles sont exprimées dans la même unité, à la relation suivante :

$$\frac{\text{dimension de diamètre extérieur}}{\text{dimension de diamètre intérieur}} \text{ supérieur ou égal à 1,445 environ,}$$

préférentiellement supérieur ou égal à 1,5697 environ, plus préférentiellement supérieur ou égal à 1,6 environ, et encore plus préférentiellement supérieur ou égal à 1,8 environ.

[0019] La borne supérieure des valeurs appropriées pour ce rapport (dimension de diamètre extérieur) / (dimension de diamètre intérieur) est déterminée par différentes limites techniques. On peut notamment citer les limites techniques liées à l'usinage d'un diamètre intérieur très petit, ou bien encore celles liées à la perte de charge qui peut résulter d'un diamètre intérieur plus petit et qui impose alors en compensation des systèmes hydrauliques à plus haute pression.

[0020] La borne inférieure des valeurs appropriées pour le rapport (dimension de diamètre extérieur) / (dimension de diamètre intérieur) est obtenue à partir de mesures expérimentales (observation de l'obtention d'une PEHD stable en fonction d'une gamme de valeurs de diamètres extérieurs et intérieurs).

[0021] La valeur de borne inférieure dépend bien entendu des conditions expérimentales appliquées. Des exemples de dispositifs appropriés et de leur utilisation sont décrits en figure 1 et dans la partie "exemples" ci-dessous. L'homme du métier peut toutefois en concevoir, et en mettre en oeuvre des variantes. Ainsi, l'homme du métier peut naturellement tenir compte du matériau et/ou de la disposition du support soutenant ledit conduit, ou capillaire, dans la mesure où ce matériau et/ou cette disposition sont susceptibles d'affecter le champ électrique produit. Il apparaîtra en effet à l'homme du métier que le choix de la présence ou de l'absence d'un tel support en matériau conducteur, en particulier lorsqu'il est disposé perpendiculairement à l'axe dudit conduit 1, ou capillaire 1, influence sensiblement la borne inférieure expérimentalement mesurée desdites valeurs appropriées de rapport (dimension de diamètre extérieur) / (dimension de diamètre intérieur). Ainsi, la susdite valeur de borne inférieure 1,5697 est obtenue à partir de mesures expérimentales réalisées en présence d'un tel support, alors que la susdite valeur de borne inférieure 1,445 est obtenue à partir de

mesures expérimentales réalisées dans des conditions comparables, mais en l'absence d'un tel support.

[0022] Il doit également être souligné que les mesures réalisées, et par là-même, la valeur de borne inférieure obtenue, dépendent également du profil de la section à ladite sortie de conduit ou capillaire. La susdite valeur de borne inférieure 1,445 est ainsi obtenue lorsque ledit conduit, ou capillaire, présente tout au moins à ladite sortie une section droite franche (face droite) : la section droite perpendiculaire à l'axe dudit conduit 1 ou capillaire 1, au niveau de ladite sortie, présente un profil annulaire. Lorsque la section de sortie n'est pas perpendiculaire au bord du conduit 1 ou capillaire 1, la valeur de borne inférieure obtenue peut être sensiblement différente. Ainsi, lorsque la face externe de conduit 1 ou capillaire 1 apparaît, tout au moins à ladite sortie plus longue que la face interne (face non droite, cesi-à-dire profil de type biseauté), la valeur de borne inférieure peut apparaître moins élevée (une valeur de 1,38 a pu être obtenue dans ces conditions, par comparaison avec la valeur de 1,445 obtenue à l'aide d'une section de sortie perpendiculaire au bord du conduit 1 ou capillaire 1. Inversement, lorsque la face externe apparaît, tout au moins à ladite sortie, plus courte que la face interne (profil de type biseauté), la valeur de borne inférieure peut apparaître plus élevée (une valeur de 1,8 a ainsi pu être obtenue dans ces conditions, par comparaison à 1,445 obtenue à l'aide de sections franches à profil annulaire. L'homme du métier pourra donc choisir d'usiner un profil particulier sur la section à ladite sortie de conduit 1 ou capillaire 1.

[0023] Une dimension appropriée pour ledit diamètre extérieur est notamment fonction de la constante de relaxation électrique du liquide τ_q (qui est elle-même fonction de la conductivité du liquide). Elle est inférieure a une valeur limite D_{max} répondant, dans le cas d'un liquide à forte viscosité, a équation:

$$\log_{10}(D_{max}) = 0{,}37793 \times \log_{10}(\tau_q) + 0{,}34674$$

avec D_{max} ladite valeur limite en m, et τ_q constante de relaxation électrique dudit liquide en s, ou, dans le cas d'un liquide à faible viscosité, à l'équation :

$$\log_{10}(D_{max}) = 0{,}37747 \times \log_{10}(\tau_q) + 0{,}43141$$

avec D_{max} et τ_q comme ci-dessus définis.

Les termes "faible'' et "forte" viscosité sont entendus canformément aux notions communément admises par l'homme du métier. Typiquement, par "faible" viscosité, on entend une viscosité d'environ 1 mPa.s, tandis que par "forte" viscosité, on entend une viscosité supérieure d'environ deux ordres de grandeur (soit de l'ordre de 100 mPa.s environ).

Préférentiellement, la dimension dudit diamètre extérieur est inférieure à la moitié de cette valeur limite D_{max}. Lorsque lesdits diamètres extérieur et intérieur présentent des dimensions dont le rapport répond à une relation ci-dessus précisée (supérieur ou égal à 1,445 environ, préférentiellement supérieur ou égal à 1,5697 environ, plus préférentiellement supérieur ou égal à 1,65 environ, encore plus préférentiellement supérieur ou égal à 1,8 environ), la dimension dudit diamètre extérieur est préférentiellement inférieure au tiers de cette valeur limite D_{max}.

[0024] Selon un autre aspect avantageux, le dispositif selon l'invention est capable de pulvériser, dans l'air et à pression atmosphérique, un liquide dont la tension de surface est supérieure à 0,053 N/m, et de manière remarquable supérieure à 0,065 N/m, dans un mode stable de fragmentation du liquide, notamment dans un mode de fragmentation "cône-jet-glow" stable (c'est-à-dire dans un mode "cône-jet" auquel se superposent des décharges continues). L'homme du métier peut vérifier l'obtention d'un mode "cône-jet-glow", c'est-à-dire la superposition d'un régime de décharges continu et d'un mode cône-jet de pulvérisation, à l'aide de moyens connus. On peut notamment citer les mesures électriques à l'aide d'un oscilloscope rapide qui permettent de vérifier que le courant est continu (absence d'impulsions), et qu'il est supérieur au courant de "cône-jet" théorique.

[0025] Par stable, nous entendons dans la présente demande un phénomène permanent (probabilité de réalisation dans le temps supérieure ou égale à 0,9, préférentiellement supérieure ou égale à 0,95, plus préférentiellement égale à 1).

[0026] Le dispositif selon l'invention comprend en outre des moyens permettant de polariser électriquement ledit liquide en amont ou lors de son passage à travers ledit conduit 1, notamment des moyens 2 permettant d'appliquer une tension électrique audit liquide en amont ou lors de son passage à l'intérieur dudit conduit, de manière à le polariser.

[0027] Toute tension permettant d'obtenir une PEHD stable est appropriée. Son choix est fonction de la polarisation recherchée. Avantageusement, cette tension est continue. Le dispositif selon l'invention produit alors des nébulisats dont la charge présente toujours le même signe (celui de la tension continue appliquée. Cette tension peut être positive tout comme négative, selon les applications visées. Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, ladite tension est une tension continue, de préférence une tension continue positive, telle qu'une tension continue positive inférieure

à 130 kV environ. L'homme du métier peut choisir une tension appropriée en fonction des propriétés propres au liquide mis en oeuvre dans le dispositif selon l'invention, notamment de ses propriétés de conductivité, viscosité, densité, tension de surface, et en fonction de propriétés propres au dispositif, notamment de la distance qui sépare ladite sortie de conduit du point masse le plus proche.

[0028] De manière avantageuse, lesdits moyens permettant d'appliquer une telle tension électrique audit liquide sont essentiellement constitués par au moins un générateur haute tension 2 pouvant être relié d'une part à la masse, et pouvant être d'autre part relié audit liquide soit de manière directe en amont ou lors de son passage à l'intérieur dudit conduit, soit de manière indirecte par l'intemiédiaire d'un matériau conducteur en contact avec ledit liquide en amont ou pendant son passage à l'intérieur dudit conduit. Ledit conduit peut en effet comprendre un matériau électriquement conducteur sur sa surface interne, ou sur une épaisseur interne, et/ou est essentiellement constitué d'un tel matériau.

[0029] Afin de limiter le courant dans ledit liquide résultant de l'application de ladite tension, le dispositif selon l'invention peut en outre, par sécurité, comprendre une résistance de protection 3 permettant de limiter le courant dans le liquide polarisé pulvérisé, notamment une résistance de protection permettant de limiter le courant de décharge dudit liquide dans le cas du passage d'un très fort courant. Une telle résistance peut avantageusement être placée entre ledit générateur haute tension et son point de liaison audit liquide.

[0030] Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, ledit dispositif comprend en outre des moyens 5 permettant de dépolariser ledit liquide après pulvérisation, c'est-à-dire permettant de décharger les gouttelettes de liquide produites par contact sur une surface à la masse. Selon une disposition avantageuse de ce mode particulier, lesdits moyens 5 permettant de dépolariser ledit liquide après pulvérisation sont placés à une distance D, ci-après dénommée distance inter-électrode, avantageusement supérieure à la distance minimale qui permet le passage à l'arc avant l'établissement de la PEHD. De tels moyens sont toutefois optionnels : lorsque ledit dispositif est utilisé dans l'objectif de produire un nébulisat dont la polarité doit interagir avec des composants de polarité inverse, ces moyens sont sans objet.

[0031] Selon un mode avantageux de réalisation de l'invention, ledit dispositif comprend en outre des moyens 4 permettant, au cours de la pulvérisation dudit liquide, de collecter un courant de décharge dans le gaz entourant ledit liquide polarisé, tel que notamment un matériau conducteur présentant une ouverture de forme et de dimensions permettant le passage du liquide pulvérisé tout en collectant ledit courant d'ions gazeux créés par décharges électriques dans le gaz. De tels moyens 4 sont particulièrement appropriés lorsque ledit dispositif est utilisé dans l'objectif de produire un nébulisat dont la polarité doit interagir avec des composants de polarité inverse. Ils sont également appropriés pour s'assurer que le champ à la surface du liquide dans la zone de production reste indépendant des densités de charges + et - sous l'anneau (phénomènes de coagulation, de modulation des charges, et neutralisation).

[0032] Ces moyens 4 permettent alors d'éliminer des ions gazeux présentant la même polarité que ledit nébulisat et qui, de ce fait, pourraient parasiter l'interaction nébulisat-composants recherchée, et ainsi diminuer l'efficacité du dispositif selon l'invention. Le dispositif selon l'invention est ainsi capable de contrôler le régime de décharges sur une large plage de fonctionnement, typiquement sur des plages de tensions de l'ordre de plusieurs milliers de volts.

[0033] De tels moyens 4 de collecte d'un courant de décharge permettent notamment de collecter les ions gazeux créés par un tel courant de décharge, sans pour autant collecter les gouttelettes de liquide produites. Un tel moyen 4 particulièrement approprié est constitué par une contre-électrode, ou matériau conducteur relié à la masse, placé à une distance d de ladite sortie de conduit, et présentant une ouverture permettant le passage des gouttelettes de liquide produites tout en collectant les ions gazeux créés par une décharge. Ladite distance d peut notamment être évaluée par essai et erreur, en déplaçant ledit moyen par translation selon l'axe du nébulisat de liquide produit jusqu'à obtention d'une non-collecte des gouttelettes de liquide, et d'une collecte effective dudit courant de décharge. Un tel moyen peut notamment présenter une forme annulaire.

[0034] Le dispositif selon invention comprend en outre des moyens 6 permettant d'alimenter ledit conduit en liquide. Ledit conduit peut notamment être aliment en liquide à l'aide d'une ou plusieurs pompe(s), ou à l'aide d'un réservoir qui présente une hauteur de liquide appropriée au contrôle du débit.

[0035] Selon un autre mode avantageux de réalisation de l'invention, ledit dispositif comprend en outre des moyens 6 permettant un débit moyen de liquide de fonctionnement à l'entrée, ou à l'intérieur dudit conduit d'une valeur, en $m^3.s^{-1}$, qui est comprise dans une plage présentant un écart d'un facteur de 10 environ entre sa borne haute et sa borne basse, ladite plage comprenant, de préférence de manière centrale, une valeur pouvant répondre à la formule suivante

$$A[(4/3)\ \pi\ r^3]\ /\ \tau_q,$$

A étant une constante différente de 0 et de 1, comprise entre 0,1 et 10 environ et de préférence égale à 0,5 environ,
r le rayon de gouttes désiré exprimé en m, et
τ_q la constante de relaxation électrique dudit liquide exprimée en s.

[0036] Pour des liquides dont la tension de surface est inférieure ou égale à 0,055 N/m, c'est-à-dire en l'absence de problème de décharge, il est connu de l'homme du métier que le mode "cône-jet" peut être réalisé en choisissant un débit moyen de fonctionnement égal à $[(4/3)\ \pi\ r^3]\ /\ \tau_q$, r étant le rayon de goutte désiré (en m), et τ_q la constante de relaxation électrique (en s). Il est ici rappelé que : $\tau_q = [\varepsilon_0\ \varepsilon_r]\ /\lambda = [8{,}92.10^{-12}\ \varepsilon_r\ ]\ /\lambda$, λ étant la conductivité du liquide en s/m, ε_0 la permittivité du vide, ε_r la permittivité relative du matériau (ε_r = le rapport entre permittivité absolue du matériau et permittivité du vide).

[0037] Pour les liquides dont la tension de surface est supérieure à 0,055 N/m, et de manière remarquable supérieure à 0,065 N/m, les inventeurs ont pu établir que le débit moyen de fonctionnement approprié, pour des liquides à tension de surface inférieure ou égale à 0,055 N/m à température ambiante comme indiqué ci-dessus, doit être corrigé d'un facteur constant A, différent de 0 et de 1, compris entre 0,1 et 10 environ et préférentiellement égal à 1/2, afin d'éviter un régime impulsionnel de décharges déstabilisateur du nébulisat.

[0038] Le dispositif selon l'invention peut donc en outre comprendre des moyens 6 d'alimentation en liquide permettant un débit moyen de liquide de fonctionnement à l'entrée dudit conduit dont la valeur en $m^3.s^{-1}$ répond à la formule suivante :

$$A[(4/3)\ \pi\ r^3]\ /\ \tau_q,$$

A étant une constante différente de 0 et de 1, comprise entre 0,1 et 10 environ et de préférence égale à 0,5 environ,
r le rayon de gouttes désiré exprimé en m, et
τ_q la constante de relaxation électrique dudit liquide exprimée en s.

[0039] Selon un autre aspect de l'invention, ledit dispositif comprend en outre des moyens permettant une mesure de la granulométrie de la dispersion produite par la pulvérisation dudit liquide polarisé, et notamment un système de type LDA *(Laser Doppler Anemometry)*, et/ou des moyens pour la mesure du courant électrique porté par la dispersion produite par la pulvérisation dudit liquide polarisé, et notamment un oscilloscope. De tels moyens permettent notamment de suivre l'évolution de la granulométrie des gouttelettes produites et/ou l'évolution dudit courant au cours de la pulvérisation dudit liquide.

[0040] Selon un aspect avantageux de l'invention, ledit liquide est essentiellement une solution (solvant et soluté(s) neutre(s) ou ionique(s), organique(s) ou minéral(aux)), ou un mélange de solutions choisie(s) parmi le groupe constitué par de l'eau, de l'eau ultrapure, de l'eau distillée, de l'eau comprenant des sels conducteurs, un solvant organique additionné de molécule(s) tensioactive(s), de l'éthanol additionné de molécule(s) tensioactive(s), de l'acétone additionnée de molécule(s) tertsioactive(s), de l'éthylèneglycol additionné de molécule(s) tensioactive(s).

[0041] Le dispositif selon l'invention présente de nombreuses applications d'intérêt. Elles englobent l'ensemble des applications connues des dispositifs de PEHD en général, telles que le revêtement ou dépôt de surface, auxquelles s'ajoutent de nouvelles applications maintenant réalisables à l'aide du dispositif selon l'invention du fait de sa capacité à pulvériser, dans l'air et à pression atmosphérique, un liquide dont la tension de surface est supérieure à 0,055 N/m, et de manière remarquable supérieure à 0,065 N/m, sans engendrer un régime impulsionnel de décharges. On peut notamment citer des applications dans le domaine du lavage électrique des particules, et dans le domaine biologique.

[0042] Selon un mode préféré de réalisation de l'invention, ledit dispositif est appliqué à la collecte de particules, et notamment de particules polluantes, présentes dans un aérosol (dépoussiérage). Ceci s'applique à tout effluent à l'état d'aérosol ou à tout effluent qui peut être transformé en aérosol. Une telle collecte s'opère par coagulation électrique desdites particules à éliminer auxdites gouttelettes de liquide produites par le dispositif selon l'invention; pour qu'une telle coagulation soit opérante, ledit dispositif est alors appliqué à la production de gouttelettes de liquide de polarité inverse à la polarité (naturelle ou induite) desdites particules à éliminer.

[0043] Le dispositif selon l'invention est donc, dans un mode de réalisation préféré de l'invention, disposé sur une veine d'effluent industriel à dépoussiérer, dans laquelle il peut produire un nébulisat de polarisation inverse de celle des particules de l'effluent aérosol à partir de liquide(s) à tension de surface supérieure à 0,055 N/m, et de manière remarquable supérieure à 0,065 N/m, tels que l'eau. De manière particulièrement avantageuse, on dispose une pluralité de dispositifs selon l'invention sur une telle veine d'effluents.

[0044] Par rapport aux dispositifs de l'art antérieur pour la collection des aérosols tels que notamment lit fluidisé et laveur humide, le dispositif selon l'invention présente notamment l'avantage de produire des gouttelettes de liquide chargées de tailles plus fines et, dans le cas d'une application de collecte de particules polluantes dans un aérosol, de limiter le volume d'eaux usées résultant. Le dispositif selon l'invention présente en outre les avantages d'augmenter la surface de collecte par unité de volume de liquide collecteur (augmentation des forces électrostatiques inter-particulaires, gouttelettes collectrices de taille moyenne plus fine), d'éviter le problème de réduction de l'efficacité des systèmes de précipitation électrostatique lié à l'accumulation sur les électrodes collectrices des poussières isolantes, de ne pas requérir de système de pressurisation ou de système mécanique et ainsi d'éviter les problèmes de perte de charge d'un

système de filtration en sortie du procédé (la collecte inertielle est possible avec le dispositif selon l'invention).

[0045] Le dispositif selon l'invention présente de plus, de manière générale, les avantages de réduction des coûts d'installation, des coûts énergétiques, des coûts de traitement des eaux usées (du fait des faibles débits d'eaux usées produits par le dispositif selon l'invention, du litre au mètre cube par heure). Il présente également l'avantage de la fiabilité : la percolation des gouttelettes collectrices sur les parois utilisées pour la collecte inertielle permet d'éviter l'accumulation des produits collectés sur les électrodes, telle qu'observée en utilisant lesdits dispositifs de l'art antérieur. Le dispositif selon l'invention pennet de manière particulièrement avantageuse de travailler en continu.

[0046] Selon un mode particulièrement, préféré de réalisation de l'invention, ledit dispositif est donc appliqué à la collecte par inertie, suite à la coagulation électrique sur des gouttelettes plus grosses, de particules dont la taille initiale est inférieure ou égale au micron, et notamment de particules polluantes d'une telle taille, présentes dans un aérosol, ou dans un effluent transformable en aérosol.

[0047] De telles particules, du fait de leurs faibles tailles, ne pouvaient jusqu'alors être efficacement éliminées d'un aérosol par collecte inertielle après leur coagulation aux gouttelettes collectrices. Le dispositif selon l'invention, en permettant le contrôle de la (ou des) taille(s) de gouttelettes chargées produites, permet de produire des gouttelettes chargées dont la (les) taille(s) est (sont) optimale(s) pour provoquer, après coagulation auxdites particules à éliminer, leur chute par simple inertie de manière contrôlée et efficace. Avec le dispositif selon l'invention, il n'est pas nécessaire d'utiliser, pour ladite collecte, de systèmes de filtration. Les pertes de charges liées à l'utilisation de tels systèmes de filtration sont ainsi évitées. Le dispositif selon l'invention permet également de contrôler le volume d'eau nécessaire à cette croissance, et ainsi le volume d'eau usée à traiter.

[0048] Un moyen pour faire varier la (les) taille(s) de gouttelettes produite(s) par le dispositif selon l'invention consiste notamment à faire varier le débit de liquide, c'est-à-dire à faire varier le débit mécanique de liquide en faisant varier la vitesse d'alimentation en liquide à l'entrée, ou à l'intérieur, dudit conduit, et/ou à faire varier celles des propriétés propres audit liquide qui influencent son débit, notamment ses propriétés de conductivité (que cela soit en modifiant les propriétés d'un seul et même liquide de base, ou en utilisant différents liquides de propriétés déterminées).

[0049] Ledit effluent ou aérosol peut notamment être issu d'une usine d'incinération, d'une industrie chimique, métallurgique, d'une industrie du verre, d'une chaudière ou d'une centrale thermique, d'un tunnel routier, d'un véhicule, notamment d'un véhicule diesel.

[0050] La présente demande a également pour objet un procédé de PEHD caractérisé en ce qu'il met en oeuvre au moins un dispositif selon l'invention. Elle vise également un procédé de dépollution d'effluents aérosols, tel que décrit dans la revendication 10.

Revendications

1. Dispositif de pulvérisation ëlectrohydrodynamique d'un liquide comprenant au moins un conduit (1) à une sortie duquel ledit liquide peut être pulvérisé et des moyens parmi lesquels des moyens (2) permettant d'appliquer une tension électrique audit liquide en amont ou lors de son passage à l'intérieur dudit conduit, de manière à le polariser, **caractérisé en ce que** tout au moins à ladite sortie du conduit (1), les dimensions de diamètres extérieur et intérieur de conduit (1) répondent, lorsqu'elles sont exprimées dans la même unité, à la relation suivante :

   (dimension de diamètre extérieur) / (dimension de diamètre intérieur) supérieur à 1,445, préférentiellement supérieur à 1,5697, plus préférentiellement supérieur à 1,6 ;
   la dimension de diamètre extérieur de conduit (1) étant inférieure à une valeur limite D_{max} répondant à la formule :

$$\log_{10}(D_{max}) = 0,37793 \times \log_{10}(\tau_q) + 0,34674$$

   lorsque ledit liquide présente une forte viscosité,
   ou à l'équation :

$$\log_{10}(D_{max}) = 0,37747 \times \log_{10}(\tau_q) + 0,43141$$

   lorsque ledit liquide présente une faible viscosité, avec présente une faible viscosité, avec
   D_{max} ladite valeur limite en m, et τ_q la constante de relaxation électrique dudit liquide en s,
   ledit dispositif permettant de pulvériser, dans l'air et à pression atmosphérique, un liquide dont la tension de surface est supérieure à 0,055 N/m, en engendrant un régime continu de décharges tel qu'un régime *glow* au régime

d'Hermstein.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdits moyens comprennent, tout au moins a ladite sortie, des dimensions de diamètres extérieur et intérieur de conduit (1) qui répondent, lorsqu'elles sont exprimées dans la même unité, à la relation suivante :

   (dimension de diamètre extérieur) / (dimension de diamètre intérieur) supérieur à 1,8 environ.

3. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite tension est une tension continue, notamment une tension continue positive telle qu'une tension continue inférieure à 30 kV environ.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comprend en outre des moyens (5) permettant de dépolariser ledit liquide après pulvérisation, tel qu'un matériau électriquement conducteur relié à la masse.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comprend en outre des moyens (4) permettant, au cours de la pulvérisation dudit liquide, de collecter un courant de décharge dans le gaz entourant ledit liquide polarisé, tel que notamment un matériau conducteur présentant une ouverture de forme et de dimensions permettant le passage du liquide pulvérisé tout en collectant ledit courant de décharge.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comprend en outre des moyens d'alimentation en liquide (6) permettant un débit moyen de liquide de fonctionnement à l'entrée, ou à l'intérieur dudit conduit d'une valeur en $m^3.s^{-1}$ qui est comprise dans une plage présentant un écart d'un facteur de 10 environ entre sa borne haute et sa borne basse, ladite plage comprenant, de préférence de manière centrale, une valeur pouvant répondre à la formule suivante :

$$A[(4/3)\ \pi\ r^3]\ /\ \tau_q,$$

   A étant une constante différente de 1, comprise entre 0,1 et 10 environ et de préférence égale à 0,5 environ avec r le rayon de gouttes désiré exprimé en m,
   τ_q la constante de relaxation électrique dudit liquide exprimée en s.

7. Procédé de pulvérisation électrohydrodynamique à l'aide d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'**un liquide qui est polarisé à la sortie du conduit (1), et dont la tension de surface est supérieure à 0,055N/m, et de manière remarquable supérieure à 0,065N/m, est pulvérisé dans l'air à pression atmosphérique en établissant un régime continu de décharges.

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ledit liquide dont la tension de surface est supérieure à 0,055N/m est essentiellement une solution (solvant et soluté(s) neutre(s) ou ionique(s), organique (s) au minéral (aux)), ou un mélange de solutions choisie(s) parmi le groupe constitué par de l'eau, de l'eau ultra pure, de l'eau distillée, de l'eau comprenant des sels conducteurs, un solvant organique additionné de molécule(s) tensioactive (s), de l'éthanol additionné de molécule(s) tensioactive(s), de l'acétone additionnée de molécule(s) tensioactive(s), de l'éthylène glycol additionné de molécule(s) tensioactive(s).

9. Utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 selon un régime continu de décharges, pour produire des gouttelettes de liquide, ledit liquide ayant une tension de surface supérieure à 0,055N/m, pour la collecte de particules, et notamment de particules polluantes, présentes dans un aérosol, et en particulier la collecte par inertie, suite à la coagulation électrique sur lesdites gouttelettes plus grosses, de particules dont la taille initiale est inférieure ou égale au micron, et notamment de particules polluantes dont la taille est inférieure ou égale au micron, présentes dans un aérosol.

10. Méthode de dépollution d'effluents aérosols, ou transformables en aérosols, dont on cherche à éliminer les particules polluantes, **caractérisée en ce qu'**elle comprend les étapes de :

   - polariser lesdites particules polluantes présentes en aérosol,
   - produire une dispersion de gouttelettes de liquide de polarité inverse à l'aide d'au moins un dispositif selon

l'une quelconque des revendications 1 à 6 en établissant un régime continu de décharges, ledit liquide ayant une tension de surface supérieure à 0,055 N/m,
- mettre ladite dispersion de gouttelettes de liquide et lesdites particules polluantes polarisées en contact, de manière à permettre la coagulation électrique de ces particules polluantes sur lesdites gouttelettes de liquide,
- collecter les gouttelettes de liquide polluées de manière inertielle.

Claims

1. A device for the electrohydrodynamic spraying of a liquid comprising at least one duct (1) at an outlet of which said liquid can be sprayed and means including means (2) allowing the application of a voltage to said liquid upstream or while it is flowing inside said duct, so as to bias it, **characterized in that** at least at said outlet of the duct (1), the dimensions of the external and internal diameters of the duct (1) correspond, when they are expressed in the same units, to the following relationship:

   (external diameter dimension) / (internal diameter dimension) greater than 1.445, preferably greater than 1.5697, more preferably greater than 1.6;

   the dimension of the external diameter of the duct (1) being less than a limiting value D_{max} corresponding to the formula:

$$\log_{10}(D_{max}) = 0.37793 \times \log_{10}(\tau_q) + 0.34674$$

   when said liquid has a high viscosity,
   or to the equation:

$$\log_{10}(D_{max}) = 0.37747 \times \log_{10}(\tau_q) + 0.43141$$

   when said liquid has a low viscosity, with
   D_{max} said limiting value in m, and τ_q the electrical relaxation constant of said liquid in s,
   said device allowing the spraying, in the air and at atmospheric pressure, of a liquid the surface tension of which is greater than 0.055 N/m while generating a continuous discharge regime such as a glow regime or a Hermstein regime.

2. Device according to claim 1, **characterized in that** said means comprise, at the at said outlet, dimensions of external and internal diameters of a duct (1) which correspond, when they are expressed in the same units, to the following relationship:

   (external diameter dimension) / (internal diameter dimension) greater than approximately 1.8.

3. Device according to claim 1, **characterized in that** said voltage is a DC voltage, in particular a positive DC voltage such as a DC voltage less than approximately 30 kV.

4. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it also comprises means (5) allowing said liquid to be unbiased after spraying, such as an earthed electricity-conducting material.

5. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it also comprises means (4) allowing, during the spraying of said liquid, the collection of a discharge current in the gas surrounding said biased liquid, such as in particular a conducting material having an opening of a shape and a size which allows the sprayed liquid to flow while collecting said discharge current.

6. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it also comprises means for feeding with liquid (6) allowing a mean operating liquid flow rate at the inlet or inside said duct of a value in $m^3.s^{-1}$ which is comprised within a range varying by a factor of approximately 10 between its upper bound and its lower bound, said range comprising, preferably centrally, a value which can correspond to the following formula:

$$A[(4/3)\ \pi\ r^3]\ /\ \tau_q,$$

A being a constant different from 1, comprised between approximately 0.1 and 10 and preferably equal to approximately 0.5 with
r the desired drop radius expressed in m,
τ_q the electrical relaxation constant of said liquid expressed in s.

7. Method for electrohydrodynamic spraying using a device according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** a liquid which is biased at the outlet of the duct (1), and the surface tension of which is greater than 0.055 N/m, and in a remarkable manner greater than 0.065 N/m, is sprayed in the air at atmospheric pressure setting up a continuous discharge regime.

8. Method according to claim 7, **characterized in that** said liquid the surface tension of which is greater than 0.055 N/m is essentially a solution (solvent and neutral or ionic, organic or mineral solute(s)), or a mixture of solutions selected from the group constituted by water, ultra pure water, distilled water, water containing conducting salts, an organic solvent to which one or more surfactant molecule have been added, ethanol to which one or more surfactant molecule have been added, acetone to which one or more surfactant molecule have been added, ethylene glycol to which one or more surfactant molecule have been added.

9. Use of a device according to any one of claims 1 to 6 according to a continuous discharge regime, in order to produce droplets of liquid, said liquid having a surface tension greater than 0.055 N/m, for the collection of particles, and in particular polluting particles, present in an aerosol, and in particular inertial collection, following the electrocoagulation on said larger droplets, of particles the initial size of which is smaller than or equal to a micron, and in particular of polluting particles present in an aerosol and the size of which is less than or equal to a micron.

10. Method for the pollution control of aerosol effluents, or effluents which can be converted into aerosols, in which it is sought to remove the polluting particles, **characterized in that** it comprises the stages of:

- biasing said polluting particles present in the aerosol,
- producing a dispersion of liquid droplets with reverse polarity using at least one device according to any one of claims 1 to 6 setting up a continuous discharge regime, said liquid having a surface tension greater than 0.055 N/m,
- bringing said dispersion of liquid droplets and said biased polluting particles into contact, so as to allow the electrocoagulation of these polluting particles onto said liquid droplets,
- collecting the polluted liquid droplets inertially.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum elektrohydrodynamischen Zerstäuben einer Flüssigkeit, die wenigstens eine Leitung (1) umfasst, an deren Auslass die besagte Flüssigkeit zerstäubt werden kann, und Mittel unter Einschluss von Mitteln (2), die es erlauben, die besagte Flüssigkeit stromauf oder bei ihrem Durchlaufen im Inneren der besagten Leitung mit einer elektrischen Spannung derart zu beaufschlagen, dass sie polarisiert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest an besagtem Auslass der Leitung (1) die Abmessungen des Außen- und des Innendurchmessers der Leitung (1), wenn sie in derselben Einheit ausgedrückt sind, der folgenden Beziehung entsprechen:

(Abmessung des Außendurchmessers) / (Abmessung des Innendurchmessers) größer als 1,445, vorzugsweise größer als 1,5697, noch bevorzugter größer als 1,6;

wobei die Abmessung des Außendurchmessers der Leitung (1) geringer als ein Grenzwert D_{max} ist, der der Formel entspricht:

$$\log_{10}(D_{max}) = 0{,}37793 \times \log_{10}(\tau_q) + 0{,}34674,$$

wenn besagte Flüssigkeit eine hohe Viskosität besitzt,
oder der Gleichung:

$$\log_{10}(D_{max}) = 0{,}37747 \times \log_{10}(\tau_q) + 0{,}43141,$$

wenn besagte Flüssigkeit eine geringe Viskosität besitzt, wobei
D_{max} der besagte Grenzwert in Metern und τ_q die elektrische Relaxationskonstante der besagten Flüssigkeit in Sekunden ist,
wobei die besagte Vorrichtung es ermöglicht, eine Flüssigkeit in Luft bei Atmosphärendruck zu zerstäuben, deren Oberflächenspannung höher als 0,055 N/m ist,
wobei ein kontinuierlicher Entladungszustand wie ein Glimmzustand oder Hermstein-Zustand erzeugt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagten Mittel mindestens an besagtem Auslass Abmessungen des Außen- und des Innendurchmessers der Leitung (1) aufweisen, die, wenn sie in derselben Einheit ausgedrückt sind, der folgenden Beziehung entsprechen:

(Abmessung des Außendurchmessers) / (Abmessung des Innendurchmessers) größer als etwa 1,8.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagte Spannung eine Gleichspannung insbesondere eine positive Gleichspannung wie eine Gleichspannung von weniger als ungefähr 30 kV ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie außerdem Mittel (5) zum Depolarisieren der besagten Flüssigkeit nach der Zerstäubung, wie ein elektrisch leitendes, mit Masse verbundenes Material umfasst.

5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie außerdem Mittel (4) zum Sammeln eines Entladungsstromes in dem die besagte polarisierte Flüssigkeit umgebenden Gas während der Zerstäubung der besagten Flüssigkeit umfasst, wie insbesondere ein leitfähiges Material, das eine Öffnung einer solchen Form und solcher Abmessungen hat, dass sie das Durchflie-ßen der zerstäubten Flüssigkeit ermöglicht, wobei zugleich der besagte Entladungsstrom gesammelt wird.

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie außerdem Mittel (6) zum Zuführen von Flüssigkeit umfasst, welche am Einlass oder im Inneren der besagten Leitung einen mittleren Flüssigkeits-Betriebsstrom ermöglicht mit einem in m^3/s ausgedrückten Wert, der in einem Bereich liegt, dessen oberer Grenzwert und dessen unterer Grenzwert um einen Faktor 10 beabstandet sind, wobei der besagte Bereich, vorzugsweise in seinem Zentrum, einen Wert umfasst, der der folgenden Formel entsprechen kann:

$$A\,[\,(4/3)\,\pi\,r^3\,]\,/\,\tau_q\,,$$

wobei

A eine von 1 verschiedene Konstante ist, die etwa zwischen 0,1 und 10 liegt und vorzugsweise gleich ungefähr 0,5 ist, mit
r als dem Soll-Radius von Tropfen in Metern
τ als elektrischer Relaxationskonstante der besagten Flüssigkeit in Sekunden.

7. Verfahren zum elektrohydrodynamischen Zerstäuben mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Flüssigkeit, die am Auslass der Leitung (1) polarisiert ist, und deren Oberflächenspannung höher als 0,055 N/m und sogar höher als 0,065 N/m ist, in Luft bei Atmosphärendruck zerstäubt wird, wobei ein kontinuierlicher Entladungszustand erzeugt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagte Flüssigkeit, deren Oberflächenspannung höher als 0,055 N/m ist, im Wesentlichen eine Lösung (Lösungsmittel und gelöste Stoffe neutral, ionisch, organisch oder mineralisch), oder eine Mischung von Lösungen ist, die aus der Gruppe von Wasser, hochreinem Wasser,

destilliertem Wasser, Wasser mit leitfähigen Salzen, einem organischen Lösungsmittel mit zugesetzten oberflächenspannungsaktiven Molekülen, Ethanol mit zugesetzten oberflächenspannungsaktiven Molekülen, Aceton mit zugesetzten oberflächenspannungsaktiven Molekülen, Ethylenglykol mit zugesetzten oberflächenspannungsaktiven Molekülen ausgewählt ist.

9. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 in einem kontinuierlichen Entladungszustand zum Erzeugen von Flüssigkeitströpfchen, wobei die besagte Flüssigkeit eine Oberflächenspannung von mehr als 0,055 N/m hat, zum Sammeln von Partikeln und insbesondere von Verunreinigungspartikeln, die in einem Aerosol vorhanden sind, und insbesondere für das Sammeln durch Trägheit, infolge der elektrischen Koagulation auf den besagten größeren Tröpfchen von Partikeln, deren anfängliche Größe kleiner oder gleich einem Mikron ist, und insbesondere von Verunreinigungspartikeln, deren Größe kleiner oder gleich einem Mikron ist, die in einem Aerosol anwesend sind.

10. Verfahren zum Entfernen von Verunreinigungen aus Aerosol-Ausflüssen, oder aus in Aerosole transformierbaren Ausflüssen, aus denen Verunreinigungspartikel entfernt werden sollen, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die Schritte umfasst:

- die im Aerosol befindlichen Verunreinigungspartikel zu polarisieren,
- eine Flüssigkeits-Tröpfchendispersion mit inverser Polarität mittels mindestens einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zu erzeugen, wobei ein kontinuierlicher Entladungszustand eingestellt wird, und die besagte Flüssigkeit eine Oberflächenspannung von mehr als 0,055 N/m aufweist,
- besagte Flüssigkeits-Tröpfchendispersion und die polarisierten Verunreinigungspartikel in Kontakt miteinander zu bringen, derart, dass die elektrische Koagulation dieser Verunreinigungspartikel auf besagten Flüssigkeitströpfchen ermöglicht wird,
- die verunreinigten Flüssigkeitströpfchen durch Trägheitswirkung zu sammeln.

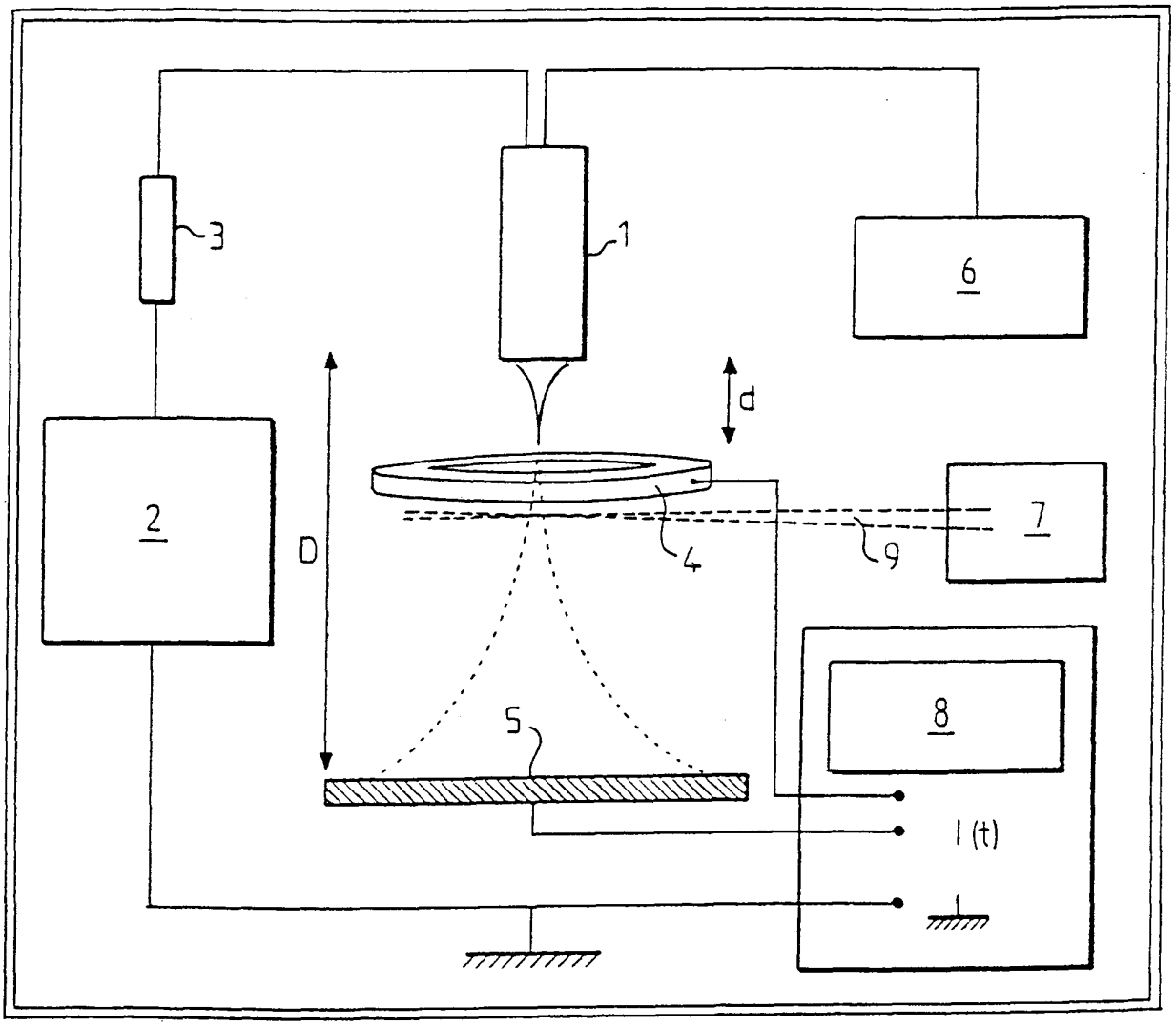


FIG.1

Figure 2

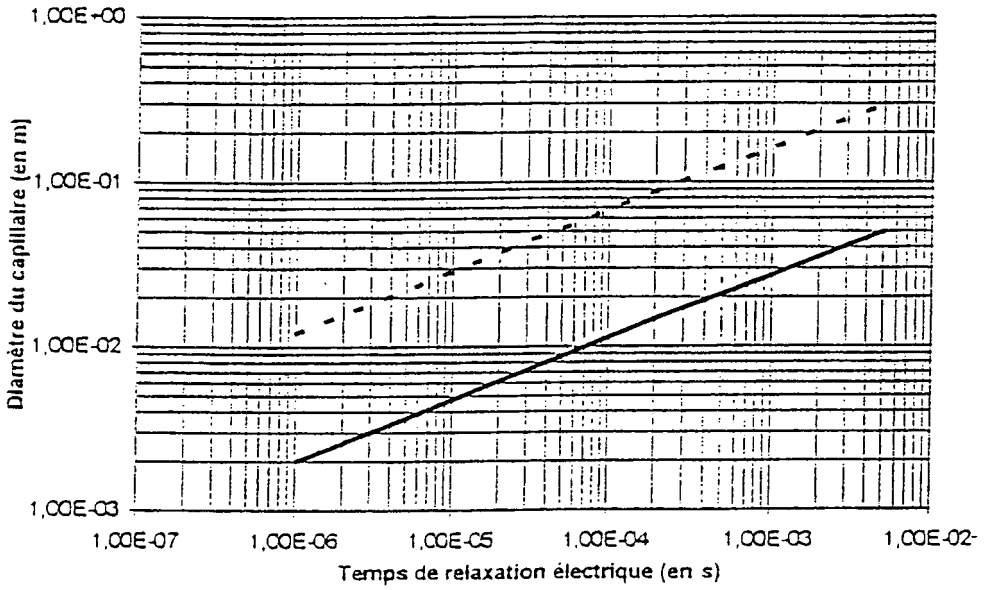

1,00E+00
1,00E-01
1,00E-02
1,00E-03
Diamètre du capillaire (en m)
1,00E-07
1,00E-06
1,00E-05
1,00E-04
1,00E-03
1,00E-02
Temps de relaxation électrique (en s)

Figure 3

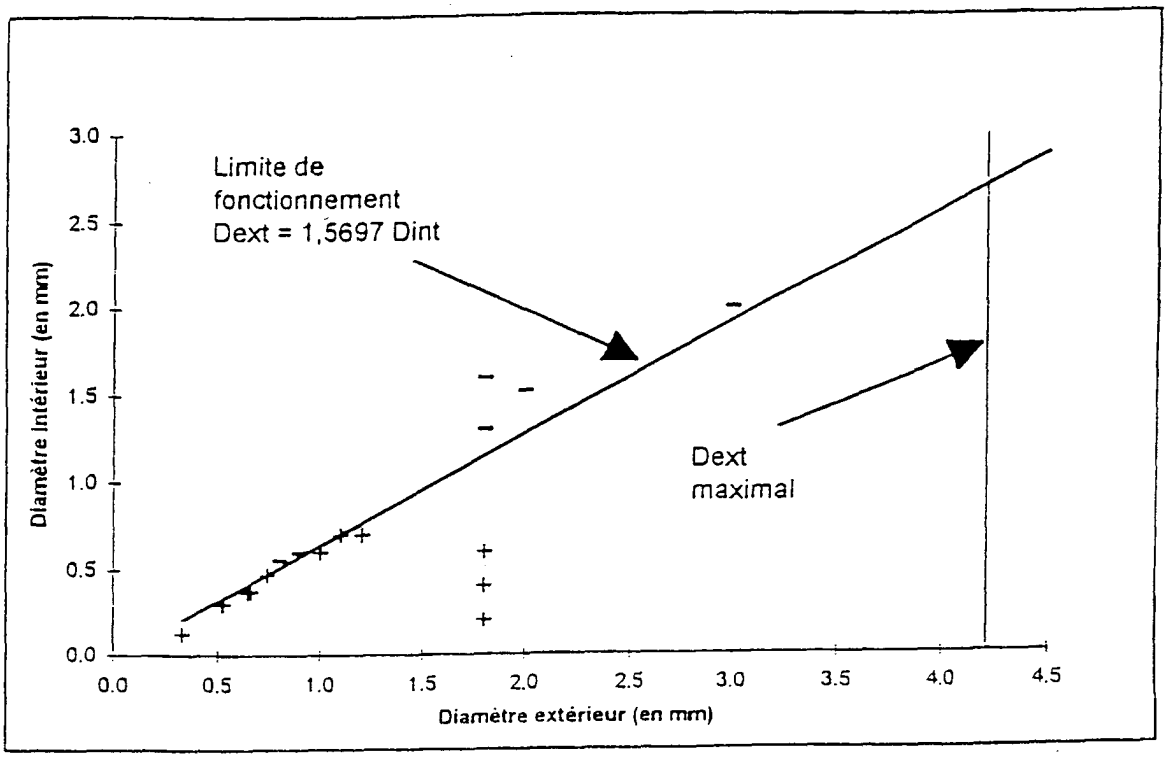
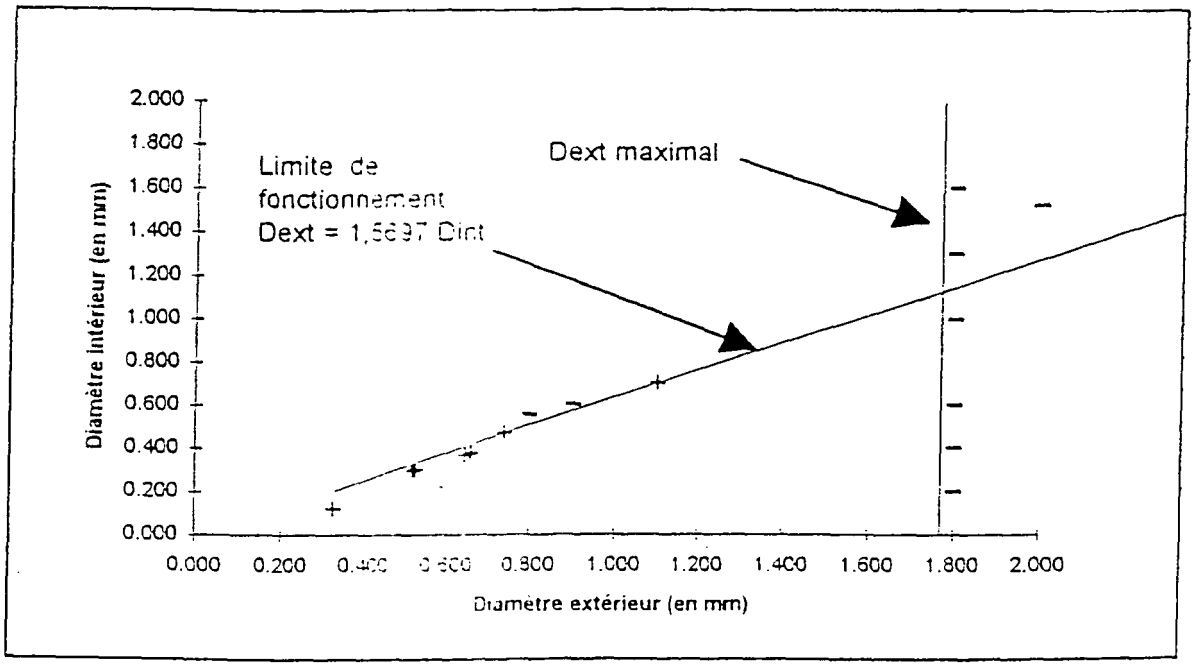

Limite de
fonctionnement
Dext = 1,5697 Dint
Dext
maximal
Diamètre intérieur (en mm)
Diamètre extérieur (en mm)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5

Figure 4


Limite de
fonctionnement
Dext maximal
Diamètre intérieur (en mm)
Diamètre extérieur (en mm)
2.000
1.800
1.600
1.400
1.200
1.000
0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
0.000
0.200
1.000
1.200
1.400
1.600
1.800
2.000

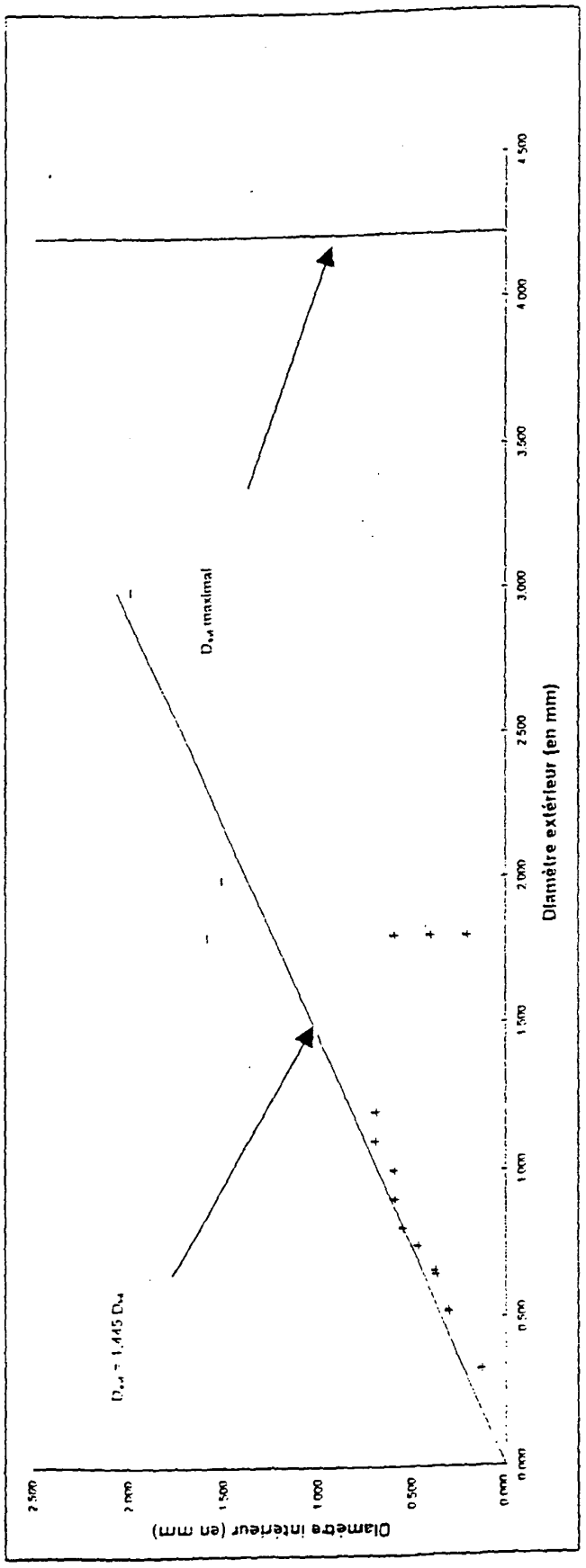

Diamètre intérieur (en mm)
Diamètre extérieur (en mm)
D_{int} maximal
$D_{int} = 1,445\ D_{ext}$
0,000
0,500
1,000
1,500
2,000
2,500
3,000
3,500
4,000
4,500

Figure_5

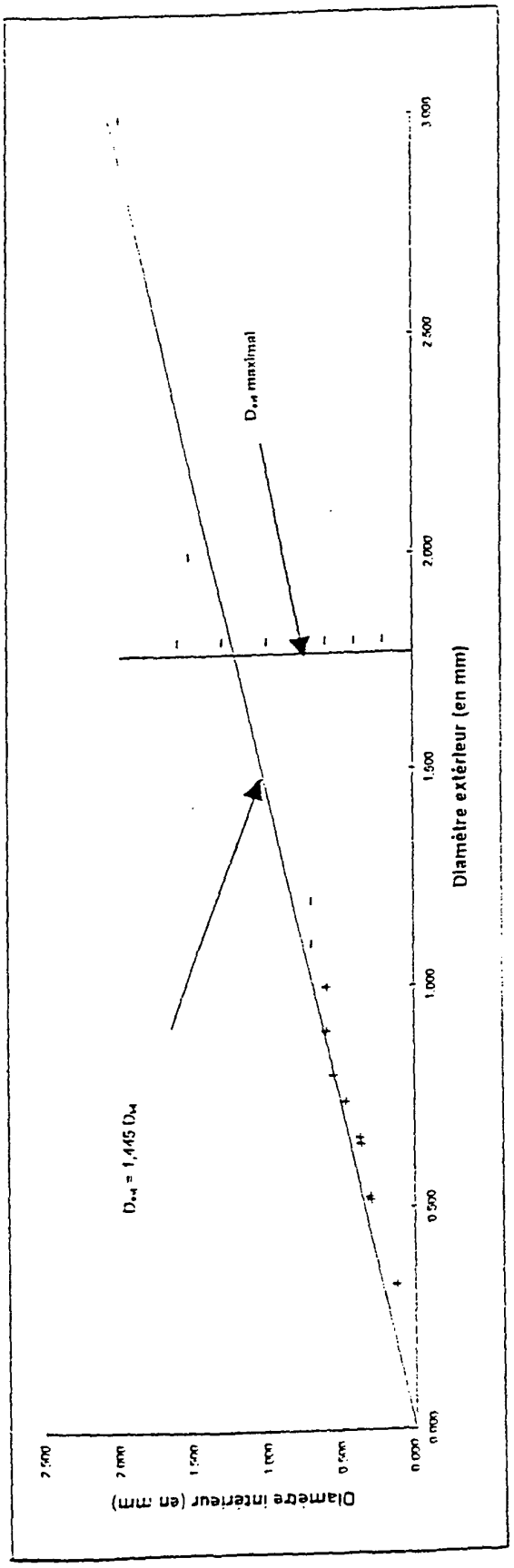

Diamètre intérieur (en mm)
Diamètre extérieur (en mm)
D_{ext} maximal
$D_{ext} = 1,145\ D_{int}$

Figure 6