

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
3 janvier 2002 (03.01.2002)

PCT

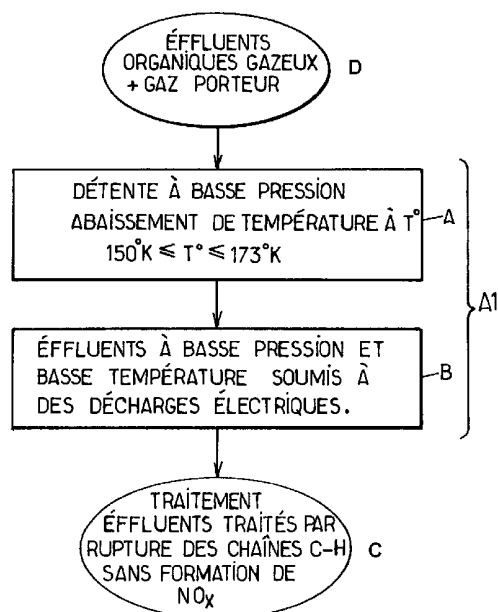
(10) Numéro de publication internationale  
WO 02/00330 A1

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :  
B01D 53/32, 53/72
- (71) Déposant : ELECTRICITE DE FRANCE SERVICE NATIONAL [FR/FR]; 2, rue Louis Murat, F-75008 Paris (FR).
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR01/02002
- (72) Inventeurs: KASSABJI, Fayez; 42, Résidence Petit Bel Ebat, F-77210 Avon (FR). CHAPELLE, Joseph; 30, rue de Chateaubriand, F-45100 Orléans (FR). PELLERIN, Stéphane; 15, allée des Mésanges, F-18220 Rians (FR).
- (22) Date de dépôt international : 25 juin 2001 (25.06.2001)
- (25) Langue de dépôt : français
- (74) Mandataires : FRECHEDE, Michel etc.; Cabinet Plasseraud, 84, rue d'Amsterdam, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
00/08487 30 juin 2000 (30.06.2000) FR
- (81) État désigné (national) : NO.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TREATING BY ELECTRICAL DISCHARGE GASEOUS VOLATILE ORGANIC EFFLUENTS

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE TRAITEMENT PAR DECHARGE ELECTRIQUE D'EFFLUENTS ORGANIQUES VOLATILS GAZEUX



(57) Abstract: The invention concerns a method and a device for treating by electrical discharge gaseous volatile organic effluents. The effluents are subjected (A) to a low pressure expansion with temperature decrease to  $150^{\circ} \text{K} \leq T^{\circ} \leq 173^{\circ} \text{K}$  and to electrical discharges (B), using a supersonic nozzle, thereby enabling to carry out a treatment without significant  $\text{NO}_x$  formation. The invention is useful for treating polluting gases such as styrene, toluene.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé et un dispositif de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux. Les effluents sont soumis (A) à une détente à basse pression avec abaissement de température  $150^{\circ} \text{K} \leq T^{\circ} \leq 173^{\circ} \text{K}$  et à des décharges électriques (B), au moyen d'une tuyère supersonique, ce qui permet d'effectuer un traitement sans formation appréciable de  $\text{No}_x$ . Application au traitement des gaz polluants tels que le styrène, toluène.

- A...LOW PRESSURE EXPANSION LOWERING TEMPERATURE TO T°  
B...LOW PRESSURE AND LOW TEMPERATURE EFFLUENTS SUBJECTED TO ELECTRICAL DISCHARGES  
C...EFFLUENTS TREATED BY BREAKING C-H CHAINS WITHOUT  $\text{NO}_x$  FORMATION  
D...ORGANIC GAS EFFLUENTS + CARRIER GAS



WO 02/00330 A1



(84) **États désignés** (*régional*) : brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Publiée :**

- *avec rapport de recherche internationale*
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

## PROCEDE ET DISPOSITIF DE TRAITEMENT PAR DECHARGE ELECTRIQUE D'EFFLUENTS ORGANIQUES VOLATILS GAZEUX

5 L'invention concerne un procédé et un dispositif de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température.

10 Les processus industriels mis en œuvre dans les industries de transformation à forte valeur ajoutée font usage de processus de traitement et de transformation de matériaux très sophistiqués et qui utilisent des effluents organiques volatils dont l'effet, à terme, peut se révéler dangereux pour l'environnement et les espèces évoluant  
15 dans ce dernier.

C'est le cas, en particulier, dans le cadre de l'industrie automobile, de la construction aéronautique, et, de manière plus générale, de toute industrie faisant appel à des processus de revêtement de peinture ou de  
20 traitement de surfaces au moyen de peintures, de laques ou autres produits de traitement.

Les solutions proposées à l'heure actuelle, afin de réduire ou supprimer le niveau d'émission de tels effluents, ne sont pas nombreuses et se heurtent à un  
25 problème redoutable qui concerne l'émission de quantités importantes d'oxyde d'azote  $\text{NO}_x$ , à des niveaux d'émission compris entre 500 et 2000 ppm, l'oxyde d'azote, à de telles concentrations, se révélant l'un des gaz polluants majeurs des grands sites urbains ou industrialisés.

30 Parmi les solutions envisagées, on peut citer la technique connue sous le nom de technique "Glidarc", qui

consiste à engendrer, à la pression atmosphérique, des arcs électriques glissants, lesquels permettent, dans une certaine mesure, la destruction de tels composés organiques volatils, désignés ci-après COV.

5           En référence à la figure 1a, on rappelle que cette technique consiste à engendrer un arc électrique AR entre deux électrodes divergentes, un flux de gaz contenant les COV étant dirigé vers ces électrodes. Un arc électrique AR s'amorce au col des électrodes A, conformément à la loi de  
10 Paschen, se déplace par glissement vers la partie évasée B sous l'action du flux de gaz. La chute de tension électrique aux bornes de l'arc augmente en fonction de la longueur de ce dernier. Lorsque la chute de tension précitée atteint la valeur de la tension de claquage au  
15 col, l'arc électrique déplacé est court-circuité et éteint par un nouvel arc, le processus se répète selon un phénomène oscillatoire de relaxation.

          Pour une description plus détaillée du processus "*Glidarc*", on pourra utilement se reporter à la demande de  
20 brevet n° 2 639 172 publiée le 18/05/1990 au nom d'ELECTRICITE DE FRANCE.

          D'autres techniques mettant en œuvre la création d'arcs électriques, ou tout au moins une pré-ionisation des gaz comburants dans des électro-brûleurs, ont été  
25 mises en œuvre afin d'assurer une combustion vive, à haute température, de ces derniers.

          Dans ce type de technique, le processus de pré-ionisation a pour objet d'accroître la conductivité de la flamme, en l'absence de toute adjonction d'additif  
30 susceptible de présenter un risque de pollution.

Parmi le type de technique précité, une solution décrite dans la demande de brevet français 2 577 304 publiée le 14 août 1986 au nom d'ELECTRICITE DE FRANCE et STEIN-HEURTEY, met en œuvre une tuyère, le processus de  
5 pré-ionisation étant conduit par création d'arcs électriques entre une électrode axiale et une ou plusieurs électrodes annulaires, formant tuyère.

Dans le processus mis en œuvre par la technique précitée, les arcs engendrés et la combustion vive  
10 réalisée sont produits à haute température, supérieure à 2000°K. En particulier, les arcs électriques engendrés sont des arcs en équilibre thermodynamique à haute température et le phénomène de détente, et l'abaissement de température corrélatif des gaz, engendré par l'effet de  
15 tuyère est sensiblement occulté par l'accroissement de température important précité.

Dans l'une et l'autre des techniques précitées, la production d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub> est importante. En effet, cette production est essentiellement d'origine thermique,  
20 le maximum du niveau d'émission d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub> se situant à une température proche de 3500°K.

La présente invention a, au contraire, pour objet la mise en œuvre d'un procédé et d'un dispositif de traitement par décharge électrique d'effluents organiques  
25 volatils gazeux à basse pression et à basse température permettant d'éviter notablement la formation d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub>.

En particulier, la présente invention a pour objet un procédé et un dispositif de traitement par décharge  
30 électrique d'effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température mettant en œuvre un

phénomène de décharge électrique hors équilibre thermodynamique local, le traitement de ces effluents, de ce fait, étant conduit à basse température, et à basse pression, ce qui permet sensiblement d'éviter la formation  
5 d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub>.

Un autre objet de la présente invention est également la mise en œuvre d'un procédé et d'un dispositif de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux, contenant de l'hydrogène, le  
10 traitement conduit à basse pression permettant dans ces effluents de libérer des radicaux hydrogène présentant, du fait de la basse pression environnant ces derniers, une durée de vie dix fois supérieure à celle de ces mêmes radicaux hydrogène soumis à la pression atmosphérique.

Le procédé de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux, objet de la présente invention, est remarquable en ce qu'il consiste au moins à soumettre ces effluents à une détente à basse pression, afin d'engendrer un abaissement de température  
15 de ces derniers à une température comprise entre 150°K et 173°K et à soumettre les effluents à basse température et à basse pression ainsi obtenus à des décharges électriques pour provoquer une rupture des chaînes hydrocarbonées constitutives de ces effluents organiques gazeux, en  
20 l'absence de création de composés d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub>.

Le dispositif de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température, objet de la présente invention, est remarquable en ce qu'il comprend, au moins,  
30 un étage d'admission de ces effluents, un étage de détente de ces mêmes effluents permettant d'engendrer une détente

à basse pression et un abaissement de température de ces effluents à une température comprise entre 150°K et 173°K. En outre, un étage générateur de décharge électrique entre un potentiel électrique à haute tension et un potentiel électrique à basse tension est prévu, cette décharge électrique étant appliquée à ces effluents à basse pression et à basse température pour provoquer une rupture des chaînes hydrocarbonées de ces derniers, en l'absence de création de composé d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub>.

Le procédé et le dispositif objets de la présente invention trouvent application à la destruction d'effluents organiques volatils, à la production de radicaux hydrogène à durée de vie augmentée dans les produits hydrocarbonés, en particulier au craquage des hydrocarbures utilisés ou produits par l'industrie pétrolière, en l'absence de production rédhibitoire d'oxyde d'azote.

Le procédé et le dispositif objets de la présente invention seront mieux compris à la lecture de la description et à l'observation des dessins ci-après dans lesquels, outre la figure 1 relative à l'art antérieur :

- la figure 2a représente, à titre illustratif, un schéma fonctionnel des étapes de mise en œuvre du procédé de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température, objet de la présente invention ;

- la figure 2b représente, à titre illustratif, un schéma fonctionnel des étapes d'une variante de mise en œuvre du procédé de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température, objet de la présente invention, dans

lequel, par une répétition des étapes du procédé objet de l'invention tel qu'illustré en figure 2a, un effet de synergie est toutefois obtenu ;

5 - la figure 3a représente, à titre illustratif, une vue en coupe, selon un plan de symétrie radiale, du dispositif de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température, objet de la présente invention ;

10 - les figures 3b<sub>1</sub>, 3b<sub>2</sub>, 3b<sub>3</sub> et 3b<sub>4</sub> représentent des diagrammes illustratifs du principe des différents régimes d'écoulement dans une tuyère telle que celle utilisée dans le dispositif objet de l'invention illustré en figure 3a ;

15 - la figure 4a représente, à titre illustratif, une vue en coupe, selon un plan de symétrie radiale, d'une variante de réalisation du dispositif de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température, objet de la présente invention, cette variante de réalisation étant plus particulièrement adaptée à la mise en œuvre du  
20 procédé objet de la présente invention tel qu'illustré en figure 2b ;

25 - la figure 4b représente un diagramme du profil des pressions relatives relevées dans l'écoulement produit dans le dispositif objet de la présente invention tel que représenté en figure 4a ;

- la figure 4c représente un diagramme donnant la position de l'onde de choc engendrée dans une tuyère du dispositif objet de la présente invention représenté en figure 4a en fonction du débit de gaz ;

30 - la figure 4d représente un diagramme des valeurs du paramètre de Paschen, produit de la pression dans une

section droite de l'écoulement et de la distance électrique, susceptible d'engendrer une décharge électrique dans cette section, ce diagramme permettant de localiser la position de la décharge électrique pour la  
5 valeur minimale de ce paramètre ;

- la figure 5a représente, à titre illustratif, une vue en coupe selon un plan de symétrie radial de l'électrode centrale équipant le dispositif objet de la présente invention tel qu'illustré en figure 3a ou 4a ;

10 - la figure 5b représente, à titre illustratif, un schéma préférentiel de connexion et d'alimentation électrique des électrodes équipant le dispositif objet de la présente invention tel qu'illustré en figure 4a ;

- la figure 6a représente un mode de réalisation préférentiel non limitatif du dispositif objet de  
15 l'invention tel qu'illustré en figure 3a ;

- les figures 6b<sub>1</sub> et 6b<sub>2</sub>, vue en coupe VI-VI de la figure 6b<sub>1</sub>, représentent un détail de réalisation d'une pièce déflectrice utilisée dans le mode de réalisation de  
20 la figure 6a ;

- la figure 6c représente un autre mode de réalisation préférentiel non limitatif du dispositif objet de l'invention tel que représenté en figure 3a ou 6a.

Une description plus détaillée du procédé de  
25 traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température conforme à l'objet de la présente invention, sera maintenant donnée en liaison avec la figure 2a.

D'une manière générale, on indique que le procédé  
30 objet de la présente invention consiste à traiter les effluents précités lorsque ceux-ci sont accompagnés d'un

gaz porteur, ces effluents pouvant alors correspondre à des aérosols, des vapeurs ou d'autres gaz qui sont en suspension, respectivement mélangés au gaz porteur précité.

5 Bien entendu, dans le cadre d'une mise en œuvre industrielle, on indique que le gaz porteur peut être constitué par l'air, l'air ambiant, ce qui, compte tenu de la proportion d'azote contenu dans l'air ambiant précité, implique, en l'absence de précaution particulière, le  
10 risque de création d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub>.

Le procédé objet de la présente invention permet justement, en l'absence de précaution particulière, notamment de nature chimique, d'éviter tout risque d'émission des oxydes d'azote précités à des niveaux  
15 rédhibitoires, ainsi qu'il sera décrit ci-après.

Selon le procédé objet de la présente invention, celui-ci consiste, en une étape A, à soumettre les effluents organiques volatils gazeux à une détente à basse pression, afin d'engendrer un abaissement de température  
20 de ces effluents, ces derniers étant amenés à une température comprise entre 150°K et 173°K.

Par détente à basse pression, on entend toute détente des effluents organiques, et bien entendu du gaz porteur, à une pression inférieure ou égale à  
25 350 millibars par exemple.

Les effluents organiques volatils gazeux précités ayant été amenés à l'état de basse pression et de température réduite sont alors soumis, à l'étape B, à un traitement par des décharges électriques. Ce mode  
30 opératoire permet de traiter les effluents organiques volatils gazeux précités par rupture des chaînes

hydrocarbonées constitutives de ces derniers, en l'absence de création de composés d'oxyde d'azote  $\text{NO}_x$ , ainsi qu'il sera décrit et illustré ultérieurement dans la description.

5 D'une manière générale, on indique que l'étape A doit être réalisée antérieurement à l'étape B ou, le cas échéant, au moins de manière concomitante. On comprend en particulier que du fait du phénomène de détente précité, l'opération de traitement par décharge électrique permet  
10 d'assurer le craquage des liaisons carbonées C-H et d'engendrer des radicaux hydrogène dont la durée de vie dans l'atmosphère à basse pression précitée est allongée de manière significative. On a pu constater au cours d'investigations que pour une basse pression de l'ordre de  
15 300 millibars, la durée de vie des radicaux hydrogène est environ dix fois plus grande qu'à la pression atmosphérique.

En outre, du fait du phénomène de détente précité, on indique que l'abaissement de température des effluents  
20 organiques volatils gazeux permet de supprimer tout risque d'émission d'oxyde d'azote pour les raisons qui seront indiquées ci-après.

D'une manière générale, on indique que les décharges électriques engendrées sont formées par les  
25 décharges électriques à basse température, c'est-à-dire dans le milieu des effluents organiques volatils gazeux portés à la température comprise entre  $150^\circ\text{K}$  et  $173^\circ\text{K}$ , ces décharges électriques étant engendrées en milieu hors équilibre thermodynamique local, ce qui permet le maintien  
30 de l'environnement de l'atmosphère de décharge à une température sensiblement inférieure à la température

ambiante. Pour cette raison, le niveau d'émission d'oxyde d'azote à partir de l'azote contenu dans le gaz porteur est sensiblement réduit et, dans certaines conditions d'expérimentation, pratiquement négligeable, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

En ce qui concerne les décharges électriques engendrées en milieu hors équilibre thermodynamique local, on indique que ces décharges électriques se distinguent de manière particulièrement caractéristique des arcs électriques de l'art antérieur, lesquels sont engendrés au contraire en milieu en équilibre thermodynamique et qui, pour cette raison, atteignent des températures très élevées.

Une description plus détaillée d'une variante de mise en œuvre du procédé objet de la présente invention sera maintenant donnée en liaison avec la figure 2b.

D'une manière générale, et conformément à un aspect particulièrement remarquable du procédé objet de la présente invention, celui-ci consiste, en une étape  $A_1$ , à soumettre les effluents organiques gazeux aux étapes A et B représentées en figure 2a, c'est-à-dire respectivement à une étape de détente à basse pression par abaissement de température à une température comprise entre  $150^\circ\text{K}$  et  $173^\circ\text{K}$ , et, de manière concomitante ou successive, à soumettre les effluents refroidis et à basse température à des décharges électriques dans les conditions semblables à celles explicitées précédemment dans la description en liaison avec la figure 2a.

L'étape  $A_1$  peut alors avantageusement être répétée, cette répétition permettant, à partir d'effluents organiques gazeux ayant déjà subi un traitement lors de la

mise en œuvre de l'étape A<sub>1</sub>, en particulier à partir de l'ozone O<sub>3</sub> et des radicaux oxygène engendrés par les effluves de la décharge électrique réalisée à l'étape B de l'étape A<sub>1</sub> précitée, de soumettre en outre les effluents organiques gazeux traités à un phénomène d'oxydation renforcée par l'intermédiaire de l'ozone et des radicaux oxygène ainsi créés.

Par répétition de l'étape A<sub>1</sub>, ainsi qu'illustré sur la figure 2b, on entend la répétition des étapes A et B constitutives de celle-ci de manière au moins qualitative, les conditions de mise en œuvre de ces étapes pouvant toutefois être modifiées en fonction de critères spécifiques liés au mode de production des processus de détente à basse pression lors de la répétition, ainsi qu'il sera décrit de manière plus détaillée ultérieurement dans la description. En particulier, la détente réalisée au cours de la répétition peut être moins intense, la pression et la température atteintes pouvant être plus importantes que dans le cas de la détente première, la détente répétée étant en conséquence moins forte, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

Le procédé de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux à basse pression et basse température, objet de la présente invention, peut avantageusement être mis en œuvre au moyen d'un dispositif spécifique particulièrement adapté à la mise en œuvre de ce procédé, ainsi qu'il sera maintenant décrit en liaison avec les figures 3a et 3b<sub>1</sub> à 3b<sub>4</sub> et les figures suivantes.

Ainsi que représenté sur la figure 3a précitée, on indique que le dispositif objet de la présente invention comporte au moins un étage 1 d'admission des effluents

organiques volatils gazeux auquel est associé un étage 2 de détente de ces effluents, cet étage de détente permettant d'engendrer une détente à basse pression, pression inférieure à 350 à 400 millibars par exemple, et  
5 un abaissement de température de ces effluents à une température comprise entre 150°K et 173°K.

Enfin, le dispositif objet de la présente invention comprend un étage générateur de décharge électrique, portant la référence 3, entre un potentiel  
10 électrique à haute tension et un potentiel électrique à basse tension. La décharge électrique est appliquée aux effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température, ce mode opératoire permettant de  
15 traiter les effluents organiques volatils gazeux par rupture des chaînes hydrocarbonées constitutives de ces derniers en l'absence de création de composés d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub>.

Ainsi que représenté sur la figure 3a, et d'une manière préférentielle non limitative, on indique que  
20 l'étage de détente 2 est constitué par une tuyère supersonique dans les conditions de fonctionnement qui seront décrites ultérieurement dans la description.

Ainsi que représenté sur la figure précitée, on indique que le dispositif objet de l'invention peut être  
25 avantageusement constitué et comporter au moins, dans une tubulure T munie d'une conduite d'admission du gaz porteur, cette conduite portant la référence 10, une électrode centrale EC de révolution, cette électrode centrale s'étendant sensiblement le long de l'axe  
30 longitudinal de la tubulure T. De manière plus spécifique, on indique que l'électrode centrale EC peut être réalisée

par une tige cylindrique en matériau électriquement conducteur, tel que le cuivre, l'acier inoxydable par exemple.

Ainsi qu'on l'a en outre représenté en figure 3a, le dispositif objet de l'invention comporte successivement, et disposée sensiblement de révolution autour de l'électrode centrale EC de manière à former l'étage de détente 2, une chambre d'admission, notée CA, des effluents organiques volatils gazeux, la chambre d'admission CA constituant en fait un réservoir du type réservoir tampon du gaz porteur et des effluents organiques volatils gazeux contenus dans ce dernier.

En outre, et dans le but de former l'étage de détente 2, le dispositif objet de l'invention comprend une tuyère 20 comportant un col de tuyère et formant un conduit de type conduit de Venturi par exemple, la face d'admission de la tuyère étant en prise directe dans la chambre d'admission CA. Bien entendu, la tuyère 20 entoure l'électrode centrale EC et constitue avec cette dernière un canal d'écoulement supersonique, le cas échéant subsonique, pour les effluents organiques volatils gazeux et le gaz porteur contenus dans la chambre d'admission CA.

Compte tenu des conditions de pression spécifiques dans la chambre d'admission CA et des paramètres d'écoulement imposés par la tuyère 20, en particulier le col de tuyère et l'électrode centrale EC, l'ensemble constitué par le gaz porteur et les effluents COV est soumis à un écoulement provoquant une onde de choc accompagnée de la détente et de la diminution de température des effluents organiques volatils gazeux

précités, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

D'une manière plus spécifique, on indique que la tuyère 20 et le col de tuyère sont constitués par un matériau électriquement conducteur, tel que le cuivre ou l'acier inoxydable, et formés par un tube de révolution présentant un profil convergent / divergent. L'électrode centrale EC et le tube de révolution constituant la tuyère 20 sont coaxiaux pour former le canal cylindrique de détente du gaz porteur et des effluents organiques COV.

Enfin, l'électrode centrale EC et le col de tuyère ainsi que la tuyère complète 20 sont connectés à un générateur de tension électrique pour former l'étage générateur de décharge électrique 3 entre l'électrode centrale EC et la tuyère 20. Sur la figure 3a, on indique que le générateur de tension électrique n'est pas représenté, seules les connexions à ce dernier, 200 et 201, de la tuyère 20, respectivement de l'électrode centrale EC étant représentées, afin de ne pas surcharger inutilement le dessin.

En ce qui concerne l'exécution mécanique de l'ensemble, on indique que la chambre d'admission CA peut être réalisée directement dans la tubulure T formée par un manchon cylindrique, un obturateur 11 formant cale de maintien de l'électrode centrale EC et constitué en matériau isolant électrique étant prévu de façon à assurer le maintien et le centrage de l'électrode centrale EC précitée.

Sur la figure 3a, on a représenté le sens d'écoulement  $\vec{e}$  du gaz porteur et des effluents organiques COV.

En ce qui concerne la tuyère 20, celle-ci peut être maintenue par une pièce mécanique en matériau isolant notée 21, fixée directement à la paroi interne de la tubulure T.

5 La connexion de la tuyère 20 et du col de tuyère au générateur électrique extérieur par la connexion 200 peut alors être réalisée de manière connue en tant que telle par une traversée électrique étanche permettant d'assurer le passage dans le corps de la tubulure T du  
10 conducteur 200 dans des conditions d'isolation électrique convenables.

En ce qui concerne le montage mécanique de l'électrode centrale EC au niveau de l'extrémité aval de la tuyère 20, l'extrémité amont de la tuyère 20 étant  
15 constituée par l'ouverture de la tuyère convergent vis-à-vis de l'écoulement  $\vec{e}$  et l'extrémité aval étant constituée par l'extrémité de terminaison de la tuyère vis-à-vis de ce sens d'écoulement, on indique que l'électrode centrale EC peut être maintenue si nécessaire par tout dispositif  
20 adapté, non représenté au dessin, et situé à l'extérieur d'une part de la tubulure T et de la tuyère 20 par exemple. En effet, on indique que, au-delà de l'extrémité de terminaison de la tuyère dans le sens de l'écoulement  $\vec{e}$ , les effluents COV et le gaz porteur sont, par exemple,  
25 à la pression atmosphérique  $P_{atm}$ , ainsi que représenté au dessin et qu'il sera expliqué de manière plus détaillée ultérieurement dans la description.

Le mode opératoire du dispositif objet de la présente invention tel que représenté en figure 3a, sera  
30 maintenant décrit en liaison avec les figures 3b<sub>1</sub> à 3b<sub>4</sub>.

Sur la figure 3b<sub>1</sub>, on a représenté le profil d'une tuyère de type tuyère de Laval convergent / divergent, le col de la tuyère étant noté C à l'abscisse X<sub>c</sub>. Le profil est défini par le rayon r de toute section droite de la tuyère, chaque section présentant une aire A et la section au col de la tuyère présentant une aire A<sub>c</sub>.

La chambre d'admission CA est réputée constituer un réservoir amont de grande dimension où les effluents organiques COV et le gaz porteur sont à une pression P<sub>0</sub> et présentent une masse spécifique ρ<sub>0</sub> ainsi qu'une température d'origine T<sub>0</sub>. A la sortie de la tuyère 20, il règne la pression atmosphérique P<sub>atm</sub>.

En référence au théorème de Hugoniot et pour un gaz ou mélange de gaz partant de la chambre d'admission CA avec une vitesse nulle, l'écoulement est obligatoirement subsonique dans le convergent de la tuyère.

Si au col d'abscisse X<sub>c</sub> la vitesse du mélange gazeux est inférieure à la célérité du son, l'écoulement reste subsonique dans l'ensemble du divergent de la tuyère.

Si, au contraire, la vitesse du fluide atteint au col de la tuyère 20 la vitesse du son, deux écoulements isentropiques sont alors possibles dans le divergent :

- un écoulement supersonique avec augmentation de la vitesse et décroissance de la pression lorsque l'aire A de la section de la tuyère croît ;
- un écoulement subsonique avec diminution de la vitesse et accroissement de la pression lorsque l'aire A précitée augmente.

Dans ces conditions d'écoulement, il est alors possible d'établir la valeur du rapport de l'aire A d'une

section quelconque de la tuyère d'abscisse X à la valeur de l'aire  $A_c$  de la section de la tuyère au col d'abscisse  $X_c$  en fonction du rapport des pressions du gaz ou mélange gazeux dans la section de tuyère considérée et du rapport  $\gamma = C_p/C_v$  des chaleurs spécifiques à pression et à volume constants du gaz ou mélange gazeux, respectivement en fonction de ce même rapport et du nombre de Mach  $M$  de l'écoulement. Il est en outre possible d'établir le rapport des températures du gaz ou mélange gazeux dans une section droite de la tuyère à la température  $T_0$  du gaz dans la chambre d'admission CA en fonction de ce même rapport des chaleurs spécifiques à pression et volume constants et du nombre de Mach  $M$  de l'écoulement. Les relations (1), (2) et (3) ci-après expriment la valeur de ces rapports :

$$\frac{A}{A_c} = \frac{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma+1}\right)\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{2}{\gamma-1}}}{\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}} \left[1 - \left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]} \quad (1)$$

$$\frac{A}{A_c} = \sqrt{\frac{1}{M^2} \left[ \frac{2}{\gamma+1} \cdot \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2\right) \right]^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \quad (2)$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{1}{1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2} \quad (3)$$

Dans ces relations, les valeurs de  $P$  et  $M$  précitées, relatives à la pression et nombre de Mach, désignent les valeurs de pression et de nombre de Mach de l'écoulement dans une section quelconque d'aire  $A$  de la tuyère à l'abscisse  $X$  considérée.

Le rapport  $P/P_0$  de la pression dans une section quelconque de la tuyère à la pression génératrice  $P_0$  et le nombre de Mach  $M$  sont représentés le long de la tuyère de l'abscisse 0 correspondant à la face d'entrée de la tuyère jusqu'à l'abscisse  $X_s$ , terminaison de la tuyère, ainsi que mentionné précédemment dans la description, ces représentations étant données en figures 3b<sub>2</sub> et 3b<sub>3</sub>.

Il existe en fait différentes possibilités de régime d'écoulement fonction de la valeur de la pression externe  $P_a$  du milieu dans lequel débouche la tuyère. Les différents régimes d'écoulement en fonction des valeurs relatives des pressions précitées ne seront pas décrits, car ils correspondent à des éléments connus de l'état de la technique.

Toutefois, on indique que, conformément à un aspect particulièrement remarquable du procédé et du dispositif objets de la présente invention, la détente réalisée est obtenue au moyen de la mise en œuvre d'une tuyère supersonique grâce à laquelle une onde de choc OC stationnaire s'établit dans la partie divergente de la tuyère.

Ainsi que représenté en figure 3b<sub>4</sub>, pour  $P_a = P_N$ , l'onde de choc se situe dans la section de sortie de la tuyère, c'est-à-dire à l'extrémité terminale de cette dernière ; pour  $P_a > P_N$ , l'onde de choc remonte dans le divergent en même temps qu'elle s'affaiblit, l'écoulement

dans le divergent en amont de l'onde de choc OC étant supersonique et subsonique en aval, ainsi que représenté sur la figure 3b<sub>4</sub> précitée ; pour  $P_a = P_p$ , l'onde de choc atteint le col de la tuyère et l'écoulement est alors  
 5 subsonique sur l'ensemble du divergent.

Dans les relations précédentes,  $P_N$  et  $P_P$  désignent des valeurs particulières de la pression du milieu externe.

Le calcul de la position de l'onde de choc dans le  
 10 divergent de la tuyère peut être réalisé de la manière ci-après.

Le passage du gaz ou du mélange gazeux constitué par le gaz porteur et les effluents organiques volatils COV s'accompagne d'une augmentation d'entropie avec une chute  
 15 de la pression génératrice de l'écoulement. En conséquence, si  $p_0$  est la pression génératrice de l'écoulement en amont de l'onde de choc, on peut considérer que l'écoulement subsonique immédiatement après l'onde de choc est isentropique avec une pression  
 20 génératrice  $p'_0 < p_0$ . Le rapport de ces pressions est donné par la relation (4) ci-après :

$$\frac{p_0}{p'_0} = \left[ \frac{\gamma M_1^2 - \frac{\gamma-1}{2}}{\frac{\gamma+1}{2}} \right]^{\frac{1}{\gamma-1}} \cdot \left[ \frac{1 + \frac{\gamma-1}{2} M_1^2}{\frac{\gamma+1}{2} \cdot M_1^2} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (4)$$

25 Dans cette relation  $M_1$  est le nombre de Mach immédiatement en amont de l'onde de choc considérée.

Toutefois, la température d'arrêt, qui est égale à la température génératrice de l'écoulement, reste la même

de part et d'autre de l'onde de choc. L'écoulement en aval de l'onde de choc peut être considéré comme un écoulement isentropique depuis le réservoir avec une température génératrice  $T'_0$  égale à la température précédente  $T_0$  mais avec une pression génératrice  $p'_0$  inférieure à  $p_0$ .

Il est alors possible de déterminer les paramètres caractéristiques  $p'_0/p_0$ ,  $M$  et  $T$  de l'écoulement subsonique en aval de l'onde de choc OC précitée fixée dans une section droite du divergent de la tuyère à l'abscisse  $x_1$ , et avec un rapport de section  $A_1/A_c$  grâce à l'utilisation des relations (1), (2), (3) et (4) précédemment citées dans la description.

Le nombre de Mach  $M_1$  en amont de l'onde de choc peut alors être calculé pour un rapport  $A_1/A_c$  donné à partir de la relation (2).

Le rapport des pressions génératrices  $p_0/p'_0 = A'_c/A_c$  est alors obtenu à partir de la relation (4) et permet d'obtenir l'aire  $A'_c$  de la section du col correspondant à l'écoulement subsonique en aval de l'onde de choc.

Pour une section quelconque d'aire  $A$  de la tuyère et un rapport  $A/A'_c$  de cet écoulement, on détermine alors le rapport  $p/p'_0$  et le nombre de Mach  $M$  pour l'aire  $A$  considérée à partir des relations (1) et (2) précitées.

Le rapport des températures pour toute section de l'écoulement est alors déduit du nombre de Mach  $M$  à partir de la relation (3).

Compte tenu de ces éléments et du calcul précis de la position de l'onde de choc accrochée en régime stationnaire dans le divergent de la tuyère 20, il est alors possible, en fonction du traitement choisi, c'est-à-

dire de la nature des effluents organiques volatils traités, de prévoir une admission des effluents à traiter au voisinage de cette onde de choc, afin d'obtenir une optimisation du traitement précité, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

Une description plus détaillée d'un dispositif conforme à l'objet de la présente invention, plus particulièrement destiné à la mise en œuvre du procédé illustré en figure 2b, sera maintenant donnée en liaison avec la figure 4a et les figures suivantes 4b à 4d.

Sur la figure 4a, les mêmes références représentent les mêmes éléments que dans le cas de la figure 3a.

En particulier, en référence à la figure 4a précitée, on indique que l'étage de détente 1 peut être complété par un autre étage de détente 4 assurant une fonction analogue et permettant de répéter l'étape A<sub>1</sub> du procédé précédemment décrit en liaison avec la figure 2b.

En référence à la figure 4a précitée, on indique que l'étage de détente supplémentaire 4 peut être formé par une autre tuyère 40 de révolution autour de l'électrode centrale EC et disposée en cascade avec la tuyère 20.

De préférence, ainsi que représenté sur la figure 4a, la tuyère 20 constitutive de l'étage de détente 2 et la tuyère 40 constitutive de l'étage de détente supplémentaire 4 sont montées en cascade autour de l'électrode centrale EC par l'intermédiaire d'une chambre de passage formant chambre de mélange et notée CB. L'ensemble formé par le col de tuyère et la tuyère 20, par la chambre de passage CB, et par la tuyère 40 et le col de tuyère constitutif de l'étage de détente supplémentaire 4

est coaxial à l'électrode centrale EC et de révolution autour de celle-ci. La chambre de passage CB peut comporter une prise d'admission d'effluents organiques volatils gazeux traversant la paroi de la tubulure T et portant la référence D. La chambre de passage CB, formant chambre de mélange, permet d'introduire des turbulences au niveau de l'écoulement, lesquelles ont pour effet de favoriser le traitement des COV. De préférence, les tuyères 20 et 40 peuvent être constituées par des tuyères de Laval.

Compte tenu de ces éléments, les indications supplémentaires sont données ci-après à titre d'exemple en ce qui concerne l'exécution d'un dispositif tel que représenté en figure 4a. La chambre d'admission CA peut être constituée par une chambre cylindrique de diamètre compris entre 30 et 70 mm. Dans la chambre d'admission A règne la pression génératrice  $P_0$  de l'écoulement.

L'angle d'ouverture de la tuyère 20, c'est-à-dire du divergent de celle-ci, peut être pris égal à une valeur comprise entre 2 et 5°.

La chambre de passage CB de forme également cylindrique peut présenter une longueur comprise entre 30 et 70 mm et un diamètre compris entre 30 et 80 mm.

Alors que le col de la première tuyère 20 peut présenter une longueur de quelques dizaines de millimètres et un diamètre constant sur cette longueur compris entre 17 mm et 20 mm, le col de la deuxième tuyère 40 est de préférence un col de rayon supérieur à celui du col de la première tuyère 20, mais de longueur de col, sur laquelle le rayon du col est sensiblement constant, inférieure à celle de la première tuyère. L'électrode centrale peut

présenter un diamètre compris entre 13 et 16 mm. En tout état de cause, les paramètres de dimensionnement précités peuvent être adaptés en fonction de l'application industrielle retenue.

5 De préférence, afin d'éliminer toute trace d'humidité dans le gaz porteur, c'est-à-dire l'air comprimé alimentant le dispositif par la canalisation 10, il est prévu un système de filtrage avant injection. Le débit d'air constitutif du gaz porteur peut alors être  
10 compris entre 20 et 200 Nm<sup>3</sup>/h. On rappelle que 1 Nm<sup>3</sup> désigne un volume de 1 m<sup>3</sup> de gaz mesuré dans des conditions normales de température et de pression.

Compte tenu de ces paramètres de mise en œuvre, il est ainsi possible, ainsi que représenté en figure 4a,  
15 d'obtenir un phénomène d'onde de choc dans le divergent de la première, 20, respectivement le divergent de la deuxième tuyère 40. Ce mode opératoire permet alors la mise en œuvre du procédé objet de la présente invention selon les modes d'exécution représentés en figure 2a et/ou  
20 2b. En outre, on indique que la première tuyère 20 peut être une tuyère supersonique ou subsonique alors que la deuxième tuyère 40 peut être supersonique ou subsonique, conditionnellement au régime d'écoulement de la première tuyère 20.

25 Les résultats expérimentaux sont portés sur la figure 4b représentant le rapport  $P/P_0$  de la pression  $P$  dans une section droite de l'écoulement, c'est-à-dire sur le trajet du gaz entre la chambre d'admission CA et la sortie à la pression atmosphérique du dispositif tel que  
30 représenté en figure 4a. Le rapport  $P/P_0$  est mesuré pour différents débits volumiques  $D_g$  précédemment mentionnés.

A l'observation de la figure 4b, on constate que l'écoulement devient supersonique au col de la première tuyère pour un débit volumique  $D_g = 35 \text{ Nm}^3/\text{h}$  pour une pression génératrice  $P_0 = 1,333 \text{ atm}$ . La pression mesurée au col  $P_c$  vérifie alors la relation (5) :

$$\frac{P_c}{P_0} = \left[ \frac{2}{\gamma+1} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 0,528 \quad (5)$$

Pour des débits plus importants, c'est-à-dire supérieurs à  $35 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , le passage par le point correspondant à la valeur  $P/P_0 = 0,528$  s'effectue toujours sensiblement à la même abscisse, avec un léger décalage correspondant à la position du col réelle du dispositif.

L'aire  $A_c$  de la section de passage du mélange gazeux au col et le diamètre  $\phi_c$  correspondant obtenu à partir des paramètres de l'écoulement, et non pas des dimensions de construction de l'ensemble, pour différents débits  $D_g$  sont donnés dans le tableau ci-après :

Pression génératrice $P_0[\text{atm}]$	1,333	1,465	1,665	1,868
Débit de gaz $D_g[\text{Nm}^3/\text{h}]$	35,01	39,25	45,38	49,98
Aire de passage au col $A_c[\text{mm}^2]$	39,13	39,91	40,60	39,86
Diamètre intérieur de la tuyère au col $\phi_c[\text{mm}]$	17,49	17,52	17,54	17,51
Position de l'onde de choc par Rapport au col $\delta X[\text{mm}]$	0,00	3,20	4,10	7,90

20

Les valeurs de  $A_c$  calculées sont en bon accord, à moins de 2% près, avec la valeur  $\phi_c$  retenue pour la mise en œuvre de construction correspondante.

On observe sur la figure 4b l'apparition d'une onde de choc, laquelle s'établit dans le divergent de la première tuyère 20 à une distance  $\delta_x$  du col d'autant plus grande que le débit de gaz est important.

5 La figure 4c représente la position  $\delta_x$  de l'onde de choc par rapport au col en fonction du débit volumique  $D_g$  du gaz admis dans la chambre d'admission CA. Sur la figure 4c précitée, les débits de gaz sont exprimés en  $Nm^3/h$  et l'écart de position  $\delta_x$  en mm.

10 En ce qui concerne le régime de création des décharges électriques, on indiquera l'ensemble des éléments ci-après.

La tension nécessaire à l'amorçage de chaque décharge est directement liée à la distance inter-  
15 électrodes notée  $d_{elec}$ . D'une manière générale, on indique que la tension d'amorçage au col est égale à la tension de claquage selon la loi de Paschen.

Pour la mise en œuvre du procédé objet de la présente invention, on indique qu'il est nécessaire de  
20 choisir une valeur  $d_{elec}$  suffisamment faible pour que le générateur permette au moins l'amorçage au col de chaque tuyère, mais par ailleurs suffisamment élevée pour que la décharge ait le temps de se développer correctement et que la puissance dissipée dans le cordon de plasma,  
25 constitutif de la décharge, ne soit pas trop faible compte tenu des réactions physico-chimiques recherchées. On indique qu'un mode de fonctionnement optimum du dispositif objet de la présente invention correspond en fait à une coupure de la décharge par au moins un réamorçage au col  
30 lorsque la puissance dissipée dans le cordon de plasma correspond sensiblement à l'adaptation de charge avec le

générateur. On comprend en effet que dans ces conditions, le rendement du transfert d'énergie est alors optimal.

Le phénomène d'extinction de chaque décharge, qui correspond sensiblement à un phénomène d'oscillation de relaxation dans les conditions indiquées précédemment dans la description, peut être réalisé de trois manières différentes :

- la tension de décharge atteint la tension de claquage au col des tuyères. La zone d'amorçage est alors l'espace où les électrodes, électrode centrale et tuyère correspondante, sont les plus proches et où le champ électrique est suffisant, compte tenu des conditions d'écoulement. Cette nouvelle décharge court-circuite l'ancienne qui n'est plus maintenue et finit alors par s'éteindre.

Ce mode opératoire est le mode opératoire lorsque l'alimentation par le générateur électrique est une alimentation continue.

- La longueur, et la résistance, de la décharge augmentent au cours du temps, ainsi que l'énergie nécessaire au maintien de celle-ci. A partir d'une longueur critique, l'alimentation électrique n'arrive plus à fournir suffisamment d'énergie pour maintenir le plasma. La conductivité de la décharge décroît et finit par s'annuler, entraînant l'extinction de la décharge précitée. La tension de décharge augmente alors brutalement pour atteindre la tension à vide du générateur et un nouvel amorçage se produit au col de la tuyère.
- Lorsque le générateur de tension est un générateur alternatif, le passage par la valeur zéro du courant

électrique de décharge peut provoquer l'extinction de cette dernière. En effet, dans le cas où la durée du passage par zéro est suffisamment courte et ne dépasse pas le temps de recombinaison des porteurs de charge, leur densité ne tombe pas instantanément à zéro. Dans ces conditions, il peut y avoir réamorçage de la décharge dans ou au voisinage du cordon de plasma plutôt qu'au col de la tuyère considérée. Un tel phénomène est analogue au phénomène de rétroclaquage observé au cours d'expérimentations.

Compte tenu de la loi de Paschen, l'amorçage de la décharge doit se faire au point de la tuyère où le produit  $P \times d_{\text{elec}}$ , c'est-à-dire le produit de la pression  $P$  du gaz ou mélange gazeux pour une section de tuyère donnée quelconque, par la distance inter-électrodes  $d_{\text{elec}}$ , distance entre l'électrode centrale EC et le corps convergent/ divergent de la tuyère, est le plus faible.

A partir des résultats expérimentaux donnant la répartition de pression dans la tuyère donnés en figure 4b ainsi que les dimensions de la tuyère déduites des caractéristiques de construction de cette dernière, la figure 4d montre l'évolution du produit  $P \times d_{\text{elec}}$  pour différents débits de gaz ou de mélange gazeux. De l'observation de la figure 4d précitée, il apparaît que le claquage doit se produire, notamment au niveau de l'onde de choc OC, là où le produit  $P \times d_{\text{elec}}$  est le plus faible.

Toutefois, pour des débits de gaz ou de mélange gazeux plus importants, l'onde de choc est repoussée dans le divergent de la première tuyère 20 et le produit  $P \times d_{\text{elec}}$  passe alors par son minimum en amont de l'onde de

choc. Dans ce cas, la décharge s'amorce en amont de l'onde de choc précitée.

Compte tenu des observations précédentes, il apparaît possible, conformément au procédé et au  
5 dispositif objets de la présente invention, d'ajuster la position relative de l'onde de choc et du point d'amorçage des décharges afin de choisir la situation la plus favorable en fonction des effluents volatils gazeux traités, compte tenu bien entendu de la nature de ces  
10 derniers.

On conçoit en particulier que dans de telles conditions, les effets combinés de la turbulence de l'onde de choc et d'une décharge à très basse température, et donc très fortement hors équilibre thermodynamique, soient  
15 de nature à optimiser le traitement effectué et de réduire le niveau d'émission de l'oxyde d'azote  $\text{NO}_x$ .

Une description plus détaillée d'un mode de réalisation préférentiel du dispositif, objet de la présente invention, sera maintenant donnée en liaison avec  
20 la figure 5a.

Ce mode de réalisation est plus particulièrement adapté à un réglage fin de la position d'admission des effluents organiques à traiter par rapport à la position de l'onde de choc engendrée dans la première tuyère 20, le  
25 cas échéant dans la deuxième tuyère 40. Le mode de réalisation préférentiel précité sera décrit en liaison avec la figure 3a vis-à-vis de la première tuyère 20, l'ensemble des éléments pouvant être repris de manière similaire vis-à-vis de la deuxième tuyère 40.

30 Ainsi que représenté sur la figure 5a précitée, l'électrode centrale EC est formée par une électrode

creuse dont l'extrémité, dans le sens d'écoulement du mélange gazeux comportant les effluents organiques à traiter COV, est totalement obturée.

5 L'électrode centrale EC forme ainsi un canal d'admission des effluents organiques par l'intermédiaire d'une prise d'admission, notée PRA, située à l'autre extrémité, c'est-à-dire à l'extrémité amont de l'électrode creuse EC.

10 En référence à la figure 3a précitée, on indique que l'électrode creuse ainsi constituée EC peut être montée avantageusement entre l'obturateur d'étanchéité et de maintien 11 et un dispositif de maintien 12, situé en extrémité terminale de l'électrode creuse EC à l'extérieur de la tubulure T et mécaniquement relié à cette dernière.

15 Le dispositif de maintien 12 peut être constitué, à titre d'exemple non limitatif, par un anneau maintenant fermement l'extrémité de l'électrode creuse EC, cet anneau étant rattaché par des pattes de fixation à la tubulure T.

20 En outre, l'électrode centrale creuse EC comporte des trous traversant la paroi latérale de cette dernière, ces trous formant ajutage sur au moins une section droite de l'électrode centrale EC précitée. Sur la figure 5a, les trous formant ajutage portent la référence 13. Ils peuvent être diamétralement opposés, un nombre de deux trous étant

25 représentés sur la figure 5a, ou au contraire décalés à 120° dans le plan de coupe Q-Q représenté sur la figure 5a précitée.

Ainsi, dans ces conditions, l'admission des effluents COV à traiter peut être effectuée par

30 l'intermédiaire de la prise d'admission PRA, transmis par le canal constitué par l'électrode creuse EC et distribués

au niveau des ajutages 13 dans des conditions optimales de distribution, ainsi qu'il sera expliqué ci-après.

La pression des effluents COV à traiter au niveau de la prise d'admission PRA peut être comprise entre 0,35 et 5 bars. Ce mode de réalisation permet, grâce aux  
5 ajutages 13, de déterminer la pression dans une section donnée de l'ensemble du dispositif, même en présence de décharges électriques sans toutefois nécessiter l'introduction d'un tube de Pitot, lequel, compte tenu de  
10 la faible section de passage du mélange gazeux au niveau de chaque tuyère, serait susceptible de perturber notablement le champ des vitesses d'écoulement. Le diamètre des trous constituant les ajutages 13 peut être compris entre 0,5 et 1 mm. Les ajutages 13 permettent en  
15 outre d'injecter les effluents COV dans l'écoulement.

Le mode de réalisation représenté en figure 5a est particulièrement avantageux dans la mesure où, compte tenu du déplacement  $\delta_x$  de l'onde de choc en fonction du débit  $D_g$  tel que représenté en figure 4c, il est avantageux  
20 d'admettre les effluents organiques à traiter COV dans un voisinage amont ou aval de la position effective de l'onde de choc précitée, en fonction du traitement à appliquer aux effluents organiques introduits par l'intermédiaire du gaz porteur.

Dans ces conditions, ainsi que représenté en figure 5a, l'électrode centrale EC, électrode creuse, est alors amovible en translation  $\vec{G}$  le long de son axe longitudinal de symétrie X-X, afin de permettre de positionner la section droite de l'électrode centrale EC  
30 munie des trous 13 formant ajutage au voisinage amont ou aval, le cas échéant en coïncidence, de la position de

l'onde de choc, et d'optimiser ainsi le traitement des effluents organiques volatils en fonction de la nature de ces derniers.

Dans ce but, ainsi que représenté sur la figure précitée, les systèmes d'obturation et de maintien 11, respectivement 12, peuvent avantageusement être munis d'un système de guidage du type guidage à roulement 110, respectivement 120, permettant le montage à glissement  $\vec{G}$  de l'électrode centrale EC dans les dispositifs de maintien et d'étanchéité 11, respectivement 12. En ce qui concerne l'étanchéité, celle-ci doit être maintenue au niveau du seul système de maintien et d'étanchéité 11 par l'intermédiaire de joints d'étanchéité, lesquels ne sont pas représentés au dessin.

Compte tenu de la plage de variations de la position  $\delta_x$  de l'onde de choc en fonction du débit  $D_g$ , telle que représenté en figure 4c, on indique que l'extrémité amont de l'électrode centrale EC, c'est-à-dire au voisinage du dispositif de maintien et d'étanchéité 11, peut avantageusement être munie d'un système de déplacement en translation de l'électrode centrale EC formé, par exemple, par une vis micrométrique VM, laquelle, à partir d'un filetage adapté de l'extrémité externe de l'électrode centrale EC, permet le déplacement de l'électrode centrale précitée en translation le long de l'axe de symétrie X-X de cette dernière. Le dispositif à vis micrométrique VM ne sera pas décrit en détail car il correspond à un dispositif connu de l'état de la technique.

Compte tenu de ces éléments, il est ainsi possible d'effectuer un réglage précis du plan matérialisant la

section d'admission des effluents organiques COV à traiter par rapport au plan dans lequel l'onde de choc OC est engendrée, en fonction des conditions d'écoulement du mélange gazeux dans la première tuyère 20 par exemple.

5 Il en est de même pour ce qui concerne la deuxième tuyère 40, le dimensionnement pouvant alors être effectué et les conditions d'établissement des ondes de choc pouvant être déterminées, en particulier leur position, compte tenu des valeurs de mesure du produit  $P \times d_{\text{elec}}$   
10 représenté en figure 4d.

Différentes indications relatives au mode d'alimentation électrique de l'électrode centrale EC et de chaque tuyère 20, respectivement 40, seront maintenant données ci-après.

15 Lorsque les électrodes sont alimentées à partir d'un générateur de courant continu, un tel générateur peut être réalisé à partir de l'alimentation du réseau triphasé. Il peut alors comprendre, en cascade, un autotransformateur, un transformateur élévateur de tension, un montage  
20 redresseur et une cellule de filtrage par exemple. La valeur moyenne de la tension à vide peut être réglable en agissant sur l'autotransformateur de manière à atteindre une valeur maximale de 4,5 kV. La réalisation d'un tel générateur ne sera pas décrite en détail car le mode de  
25 mise en œuvre de celui-ci correspond à l'utilisation d'éléments connus de l'état de la technique.

En présence de la décharge électrique, le générateur est alors soumis au passage périodique d'un régime de court-circuit à un régime de fonctionnement à  
30 vide, avec de nombreuses instabilités dues à la quasi simultanéité de l'extinction et du réamorçage.

Au contraire, lorsque le générateur d'alimentation est un générateur d'alimentation périodique, de préférence, le générateur est constitué sous forme d'une alimentation à haute tension sinusoïdale délivrant une tension de 10 kV à une fréquence de 50 Hz par exemple. Le générateur est alors constitué par un transformateur haute tension à fuites magnétiques, les fuites magnétiques d'un tel transformateur permettant de maintenir un courant pratiquement sinusoïdal dont la valeur efficace reste constante et de l'ordre de 0,14 ampères pour une tension au primaire de 220 volts.

Une variante de mise en œuvre en alimentation alternative peut consister à utiliser une alimentation électronique à haute tension délivrant une tension périodique à 25 kHz. Dans ces conditions de fonctionnement, la valeur maximale du courant délivré peut atteindre 180 mA.

Chacun des générateurs d'alimentation précités peut être utilisé pour alimenter l'une ou l'autre des tuyères 20, respectivement 40.

Toutefois, des essais réalisés ont permis la mise en évidence d'un mode d'alimentation préférentiel, tel que représenté en figure 5b.

Ce mode d'alimentation préférentiel consiste à utiliser un générateur alternatif à fréquence de 50 Hz permettant d'amorcer la décharge dans l'une ou l'autre des tuyères 20 ou 40 sans limitation de débit.

Un centrage correct de l'électrode centrale EC et un bon réglage de l'injection de gaz permet alors d'obtenir des zones plasmagènes sensiblement uniformes dans chaque tuyère. Alors que deux générateurs

indépendants peuvent être utilisés pour alimenter la première 20, respectivement la deuxième tuyère 40, il est toutefois possible d'utiliser une alimentation unique pour amorcer les deux décharges dans les tuyères précitées de manière simultanée.

Le mode d'alimentation correspondant tel que représenté en figure 5b consiste alors à connecter la tubulure T et finalement la deuxième tuyère 40, laquelle n'est pas isolée électriquement du corps de la tubulure T, à la tension de référence ou tension de masse. La première tuyère 20, isolée électriquement du corps de tubulure T par la pièce de fixation et d'isolement 21 représentée schématiquement sur la figure 5b, consiste à appliquer la tension alternative entre l'électrode centrale et la première tuyère 20. Dans ces conditions, ainsi que représenté à la figure 5b précitée, et bien qu'une perte de puissance puisse être mise en évidence au niveau de la deuxième tuyère, le schéma d'alimentation représenté sur cette figure permet de sécuriser le dispositif dont le corps de tubulure T est alors porté au potentiel de référence, c'est-à-dire à la masse.

En ce qui concerne le fonctionnement des dispositifs, objets de la présente invention, tels que représentés en figure 3a et 4a, on indique que, en fonction du mode d'alimentation électrique, certains effets spécifiques ont pu être mis en évidence. C'est en particulier le cas lors d'une alimentation à 25 kHz où, sous l'effet du flux de gaz ou de mélange gazeux, la décharge électrique apparaît plus instable.

Enfin, on indique que le corps de la deuxième tuyère 40 peut être muni d'un revêtement 401 de matériau

catalyseur d'oxydation, permettant d'augmenter le rendement du traitement des COV. En particulier, le canal de détente formé par l'électrode centrale EC et la paroi de la deuxième tuyère 40, notamment le revêtement 401 précité, peut être subdivisé en canaux de détente élémentaires CD délimités par des parois radiales et concentriques par exemple comportant des éléments en matériau catalyseur d'oxydation. Parmi les catalyseurs d'oxydation susceptibles d'être utilisés, on peut citer le platine-iridium la silice-alumine par exemple.

Dans le cas d'une alimentation alternative à 50 Hz à self de fuite, le courant d'alimentation est pratiquement sinusoïdal et la tension de décharge dans la première tuyère 20 fluctue autour d'une valeur moyenne sensiblement constante  $U_0 = 1$  kV dans les conditions d'expérimentation.

Un mode de réalisation préférentiel non limitatif du dispositif de traitement par décharge électrique d'effluents COV sera maintenant décrit en liaison avec les figures 6a, 6b<sub>1</sub>, 6b<sub>2</sub> et 6c, relatives à des éléments spécifiques permettant d'améliorer la stabilité de la zone de décharge électrique dans les tuyères mises en œuvre.

Ainsi que représenté sur la figure 6a, la chambre d'admission CA, le cas échéant la chambre de passage CB, peut comporter une pièce déflectrice 14 permettant d'imprimer au jet de gaz ou de mélange gazeux, issu de la conduite d'admission du gaz 10, un mouvement sensiblement tourbillonnaire dans un plan sensiblement orthogonal à l'axe longitudinal X-X de la chambre d'admission CA ou de passage CB et de la tuyère 20 ou 40. Ce mouvement

tourbillonnaire permet de stabiliser la zone de décharge électrique au voisinage du plan précité.

Ainsi que représenté en figures 6b<sub>1</sub> et 6b<sub>2</sub>, la pièce déflectrice 14 peut être constituée en un matériau électriquement isolant, moulé, tel que le PVC, sensiblement de révolution, comportant un orifice central 140 permettant d'assurer le passage de l'électrode centrale EC. En outre, des orifices de déflexion et d'injection ménagés dans l'épaisseur de la pièce déflectrice 14 assurent avec la paroi latérale interne de la chambre d'admission CA ou de passage CB un profil de déflexion radiale vers la paroi latérale interne de chaque chambre, afin de permettre une injection tangentielle du jet de gaz ou mélange gazeux au voisinage de la paroi latérale interne précitée. Le jet de gaz admis à partir de la canalisation 10 en amont de la pièce déflectrice 14 est subdivisé en jets élémentaires transversaux dirigés vers cette paroi latérale interne. La pièce déflectrice 14 peut être installée au moyen d'une entretoise 14a.

Dans ces conditions, la décharge électrique, initiée radialement en l'absence de mouvement tourbillonnaire du gaz ou mélange gazeux, est au contraire entraînée en rotation dans le plan de décharge d'origine et maintenue dans ce dernier. Ceci permet, d'une part, de stabiliser l'abscisse du plan de décharge électrique et, d'autre part, de délocaliser les points d'impacts de décharge électrique sur un cercle, intersection du plan de décharge et de l'électrode centrale EC, respectivement de la tuyère.

L'effet de stabilisation de la zone de décharge électrique peut en outre être obtenu, ou renforcé, ainsi

que représenté en figure 6c, grâce à la mise en œuvre d'une bobine CO génératrice d'un champ magnétique  $\vec{B}$  colinéaire à l'axe longitudinal X-X de la chambre d'admission CA ou de passage CB et de la tuyère. La bobine CO peut avantageusement être placée à l'extérieur de la tubulure T. Le champ magnétique  $\vec{B}$  est d'amplitude sensiblement constante et stationnaire, sur une distance correspondant à l'étendue de la dimension de la chambre CA ou CB, augmentée au moins de la longueur, selon cette même direction, de la distance de l'entrée de la tuyère jusqu'à la sortie de la tuyère. L'existence de ce champ magnétique permet d'entraîner la décharge électrique en rotation, constituée par le cordon de plasma formant un tube de courant, selon un effet magnétron. L'entraînement en rotation est localisé sensiblement dans un plan orthogonal à l'axe longitudinal X-X. Lorsque le courant de décharge est continu, le champ magnétique superposé est continu, alors que lorsque le courant de décharge est sinusoïdal, le champ magnétique superposé est sinusoïdal, à la même fréquence et en phase ou en opposition de phase avec le courant de décharge.

Les modes de réalisation représentés en figures 6a, 6b<sub>1</sub>, 6b<sub>2</sub> et 6c peuvent être mis en œuvre séparément ou en combinaison.

Dans le mode de réalisation des figures précitées, la canalisation 10 d'amenée de gaz porteur et des effluents peut être ménagée dans le corps de la tubulaire T et déboucher sur la face plane de cette dernière par un orifice d'admission OR, afin de permettre l'installation de la bobine CO sur la surface de révolution de la tubulure T, sans obstacle majeur.

En raison de l'amélioration sensible de la stabilité de la zone de décharge électrique, il est alors possible de prévoir une alimentation électrique alternative des électrodes, électrode centrale EC et  
5 tuyère, à des fréquences importantes pouvant atteindre 25 kHz ou plus, et d'obtenir ainsi une réduction de la production d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub>.

Des résultats d'expérimentation de mise en œuvre de traitement d'effluents organiques spécifiques seront  
10 maintenant donnés lors de la mise en œuvre du procédé objet de la présente invention, au moyen des dispositifs précédemment décrits.

Les essais précités ont été réalisés au moyen d'un appareil industriel, désigné par "TESTO 33", fabriqué et  
15 commercialisé mondialement par la société TESTOTERM GmbH, D-7825 Lenzkirch/Schwarzwald, Kolumban-Kayser Strasse 17, Allemagne, cet appareil mettant en œuvre un principe de fonctionnement basé sur une technique électrochimique. Ce principe de méthode d'analyse des gaz est basé sur des  
20 réactions d'oxydoréduction et met en jeu des échanges d'électrons.

Lors des mesures effectuées, la gamme d'utilisation de la cellule électrochimique était comprise entre 0 et 2000 ppm et la précision de mesure était de  
25 plus ou moins 20 ppm pour les concentrations inférieures à 400 ppm et de 5% pour les concentrations supérieures. Pour ce qui concerne les oxydes d'azote, on indique que le système de mesure donnait une indication de la totalité des NO<sub>x</sub> détectés.

RESULTATS EXPERIMENTAUXMESURE DES CONCENTRATIONS DE NO<sub>x</sub> EN SORTIE DU DISPOSITIF A  
TUYERE UNIQUE SELON LA FIGURE 3a

5 Pour les différents modes d'alimentation électrique  
précédemment mentionnés dans la description, des résultats  
ci-après ont été obtenus :

- dans tous les cas, la production des NO<sub>x</sub> diminue  
lorsque le flux de gaz ou de mélange gazeux augmente.  
10 En particulier, pour une alimentation alternative à  
25 kHz, la quantité de NO<sub>x</sub> produite et détectée devient  
rapidement plus faible que la limite de détection du  
dispositif testeur "TESTO 33".
- En régime supersonique, lorsque la tuyère 20 est  
15 alimentée en continu, une faible production de NO<sub>x</sub> peut  
être mise en évidence. Ce mode opératoire correspond à  
un développement correct de la décharge électrique dans  
la tuyère précitée. Toutefois, le passage en régime  
d'arc, c'est-à-dire arc électrique en équilibre  
20 thermodynamique, provoque une augmentation importante  
de la production de NO<sub>x</sub>. Un tel régime doit donc être  
évité.
- Lors d'une alimentation alternative à 50 Hz, le  
phénomène de passage en régime d'arc n'apparaît pas car  
25 le passage par zéro du courant d'alimentation laisse la  
possibilité à la décharge de se couper puis de se  
réamorcer en un autre point de la tuyère.  
Avec une alimentation alternative à 50 Hz, il est  
possible d'obtenir en régime supersonique des  
30 concentrations de NO<sub>x</sub> de faible valeur, c'est-à-dire  
comprises entre 50 et 100 ppm.

Il est à noter que la production de NO<sub>x</sub> peut varier en raison d'une modification du taux d'humidité de l'air, c'est-à-dire du gaz porteur utilisé dans le réacteur. Dans ces conditions, pour une application à l'échelle industrielle, il peut être envisagé de munir le conduit d'admission du gaz porteur d'un filtre déshumidificateur.

#### DESTRUCTION DES POLLUANTS

- 10 La destruction des polluants est réalisée de manière optimale pour un régime supersonique de la première tuyère 20. Dans ces conditions, la décharge électrique dans cette tuyère ne s'établit pas au col mais au niveau de l'onde de choc, conformément à la loi de Paschen.
- 15 En particulier, les décharges supersoniques ainsi obtenues présentent de l'intérêt pour la destruction des effluents gazeux volatils COV tels que le styrène et le toluène.

#### Destruction du styrène C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>

- 20 Les essais ont consisté en une injection effectuée au niveau de la chambre intermédiaire CB en aval de l'onde de choc produite au niveau de la première tuyère, le débit du gaz porteur, c'est-à-dire de l'air, étant de l'ordre de  $D_g = 60 \text{ à } 70 \text{ Nm}^3/\text{h}$ .
- 25 Dans ces conditions, les analyses ont montré un taux de destruction voisin de 80% avec une très faible formation de NO<sub>x</sub>, le taux d'émission étant inférieur à 20 ppm.

#### Destruction du toluène C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>

- 30 Les essais ont consisté à injecter le toluène dans la chambre d'admission CA, c'est-à-dire dans une zone où la

température est proche de la température ambiante, une partie du gaz chargé de toluène à débit plus faible étant toutefois introduite par l'électrode centrale creuse EC. Le réglage des ajutages, c'est-à-dire de leur position vis-à-vis de la face d'admission de la première tuyère 20, était choisi de façon à diffuser le toluène admis par l'électrode centrale EC dans la chambre d'admission CA à la même température voisine de la température ambiante.

Les mesures ont été effectuées avec un débit de mélange gazeux  $D_g$  sensiblement égal à  $40 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , permettant de réaliser un fonctionnement supersonique dans la première tuyère 20 et un fonctionnement subsonique dans la seconde tuyère 40.

Les résultats donnant la puissance électrique appliquée à chaque tuyère, le débit de gaz ou de mélange gazeux, la concentration initiale en toluène, en ppm, et le taux de destruction du toluène, en %, ainsi que la production de  $\text{NO}_x$ , en ppm, sont donnés dans le tableau ci-après :

	<b>Tuyère supersonique 20</b>	<b>Tuyère subsonique 40</b>
Puissance électrique $\langle P \rangle$ [W]	$\approx 200 \text{ W}$	$\approx 200 \text{ W}$
Débit de gaz $D_g$ [ $\text{Nm}^3/\text{h}$ ]	$\approx 40 \text{ Nm}^3/\text{h}$	$\approx 40 \text{ Nm}^3/\text{h}$
Concentration initiale de toluène $C_{\phi\text{CH}_3}$ [ppm]	$\approx 2100 \text{ ppm}$	$\approx 2100 \text{ ppm}$
Taux de destruction du toluène $\tau$ [%]	70 - 80 %	70 - 80 %
Production de $\text{NO}_x$ $C_{\text{Nox}}$ [ppm]	100 - 50 ppm	150 - 100 ppm

20

On note une concentration d'émission en  $\text{NO}_x$  plus élevée dans le cas de la deuxième tuyère fonctionnant en régime

subsonique vis-à-vis de la première tuyère fonctionnant en régime supersonique.

PRODUCTION DE RADICAUX HYDROGENE A LONGUE DUREE DE VIE

5 La production de radicaux hydrogène à basse température présente à l'heure actuelle un très grand intérêt dans les secteurs de l'industrie chimique et de la physico-chimie tel que :

- 10 - élimination des molécules toxiques dans le traitement par plasma des déchets industriels fluoro-chlorés ;
- réalisation de dépôt de diamant à partir de plasmas de méthane ;
- cicatrisation des liaisons pendantes des chaînes coupées dans le craquage des hydrocarbures.

15 Des investigations ont permis de mettre en évidence l'effet de la pression et en particulier de la basse pression sur la durée de vie des atomes d'hydrogène. On a pu constater que la décroissance du nombre d'atomes d'hydrogène est beaucoup plus lente, environ d'un facteur  
20 10, pour une variation de pression de 1 bar à 1/3 bar. En outre, pour le passage d'une pression de 1 bar à 1/3 bar, le temps caractéristique de décroissance  $\theta$  pour lequel le nombre d'atomes d'hydrogène a été divisé par 10, est lui-même multiplié environ par un facteur 10.

25 Les résultats précités montrent tout l'intérêt qu'il peut y avoir à travailler sous pression réduite, afin d'augmenter d'une manière significative la durée de vie des radicaux hydrogène avec la possibilité de les utiliser ensuite avec une efficacité améliorée dans  
30 différentes applications, en particulier dans le craquage des hydrocarbures.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux, caractérisé en ce qu'il consiste au moins :

- 5 a) à soumettre lesdits effluents organiques volatils gazeux à une détente à basse pression afin d'engendrer un abaissement de température desdits effluents organiques volatils gazeux à une température comprise entre  $150^{\circ}$  K et  $173^{\circ}$  K ;
- 10 b) à soumettre lesdits effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à une température réduite à des décharges électriques, ce qui permet de traiter lesdits effluents organiques volatils gazeux par rupture des chaînes hydrocarbonées constitutives de
- 15 ces derniers, en l'absence de création de composés d'oxyde d'azote  $\text{NO}_x$ .

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites décharges électriques sont formées par des décharges électriques à basse température, lesdites

20 décharges électriques étant engendrées en milieu hors équilibre thermodynamique local, ce qui permet le maintien de l'environnement de l'atmosphère de décharge à une température inférieure ou égale à la température ambiante.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que celui-ci consiste :

- 25 a1) à soumettre lesdits effluents organiques gazeux aux étapes a) et b) ;
- a2) à répéter l'étape a1), ce qui permet, à partir d'effluents organiques gazeux ayant déjà subi un
- 30 traitement a1), et à partir de l'ozone et des radicaux oxygène engendrés par les effluves de la décharge

électrique, de soumettre en outre lesdits effluents organiques gazeux traités à un phénomène d'oxydation renforcé.

4. Dispositif de traitement par décharge électrique d'effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température, caractérisé en ce qu'il comporte au moins :

- des moyens d'admission desdits effluents organiques volatils gazeux ;
- 10 - des moyens de détente desdits effluents organiques volatils gazeux permettant d'engendrer une détente à basse pression et un abaissement de température desdits effluents organiques volatils gazeux à une température comprise entre 150° K et 173° K ;
- 15 - des moyens générateurs de décharge électrique entre un potentiel électrique à haute tension et un potentiel électrique à basse tension, ladite décharge électrique étant appliquée auxdits effluents organiques volatils gazeux à basse pression et à basse température, ce qui
- 20 permet de traiter lesdits effluents organiques volatils par rupture des chaînes hydrocarbonées constitutives de ces derniers, en l'absence de création de composés d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub>.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que celui-ci comporte au moins, dans une tubulure munie d'une conduite d'admission d'un gaz porteur :

- une électrode centrale de révolution, s'étendant sensiblement le long de l'axe longitudinal de cette
- 30 tubulure, et, successivement, disposés sensiblement de

révolution autour de cette électrode centrale et formant lesdits moyens de détente :

- une chambre d'admission desdits effluents organiques volatils gazeux ;
- 5 - un col de tuyère, formant conduit de Venturi, dont la face d'admission est en prise directe dans ladite chambre d'admission, ce qui permet d'engendrer une onde de choc, accompagnée de ladite détente et de ladite diminution de température desdits effluents organiques
- 10 volatils gazeux.

6. Dispositif selon les revendications 4 et 5, caractérisé en ce que ledit col de tuyère est constitué par un matériau électriquement conducteur et formé par un tube divergent de révolution, ladite électrode centrale et

15 ledit tube de révolution étant sensiblement coaxiaux pour former un canal cylindrique de détente du gaz porteur et des effluents organiques, ladite électrode centrale et ledit col de tuyère étant connectés à un générateur de tension électrique pour former lesdits moyens générateurs

20 de décharge électrique entre ladite électrode centrale et ledit col de tuyère.

7. Dispositif selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que ladite électrode centrale est une électrode creuse, formant un canal d'admission desdits

25 effluents organiques, la paroi de ladite électrode centrale étant munie de trous formant ajutage sur au moins une section droite de ladite électrode centrale et permettant l'admission desdits effluents organiques dans ladite chambre d'admission.

30 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que, pour une plage de valeurs de débit

dudit gaz porteur et desdits effluents organiques, ladite onde de choc s'établissant sensiblement au niveau d'une section droite dudit col de tuyère comprise dans une plage de valeurs d'abscisses, mesurées par rapport à la face  
5 d'admission dudit col de tuyère, ladite électrode centrale est amovible en translation le long de son axe longitudinal, ce qui permet de positionner la section droite de cette électrode centrale munie de trous formant  
ajutage au voisinage amont de la position de l'onde de  
10 choc et d'optimiser ainsi le traitement desdits effluents organiques volatils.

9. Dispositif selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que lesdits moyens générateurs de tension électrique sont des moyens générateurs  
15 périodiques, ce qui permet de supprimer le risque de formation d'arc électrique à haute température, par passage à la valeur zéro de la tension périodique délivrée par lesdits moyens générateurs périodiques.

10. Dispositif selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdits moyens de détente comportent, outre ledit col de tuyère formant conduit de Venturi, un autre col de tuyère, de révolution autour de ladite électrode centrale et disposé en cascade avec ledit col de tuyère.

25 11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que ledit col de tuyère et ledit autre col de tuyère sont montés en cascade par l'intermédiaire d'une chambre de passage, formant chambre de mélange, l'ensemble formé par ledit col de tuyère, la chambre de passage et ledit autre col de tuyère étant coaxial et de  
30 révolution autour de ladite électrode centrale.

12. Dispositif selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce que la paroi dudit autre col de tuyère comporte un revêtement en un matériau catalyseur d'oxydation, ce qui permet d'augmenter le rendement du traitement desdits effluents organiques volatils.

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que le canal de détente formé par ladite électrode centrale et ledit autre col de tuyère est divisé en canaux de détente élémentaires, délimités par des parois radiales comportant des éléments en matériau catalyseur d'oxydation, ce qui permet d'augmenter le rendement du traitement desdits effluents organiques volatils.

14. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 13, caractérisé en ce que ladite chambre d'admission comporte des moyens défecteurs permettant d'imprimer au jet de gaz ou de mélange de gaz d'effluents organiques volatils gazeux un mouvement sensiblement tourbillonnaire dans un plan sensiblement orthogonal à l'axe longitudinal de la chambre d'admission et de la tuyère, ce qui permet de stabiliser la zone de décharge électrique au voisinage dudit plan.

15. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 14, caractérisé en ce que celui-ci comporte, à l'extérieur de ladite tubulure, des moyens générateurs d'un champ magnétique stationnaire sensiblement colinéaire à l'axe longitudinal de la tuyère, ce qui permet d'entraîner la décharge électrique dans un mouvement de rotation et de maintenir sensiblement cette décharge électrique dans un plan orthogonal audit axe longitudinal.

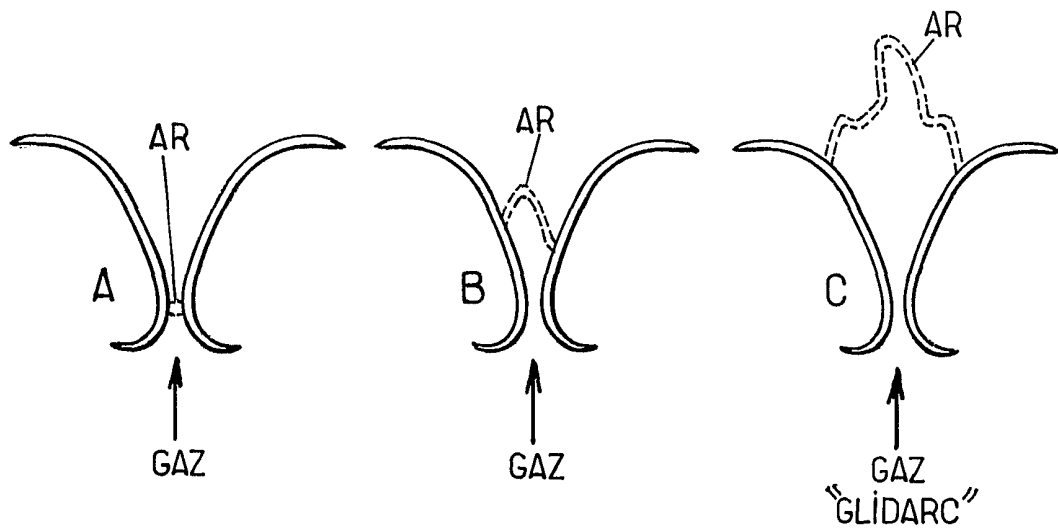


FIG.1. (ART ANTÉRIEUR)

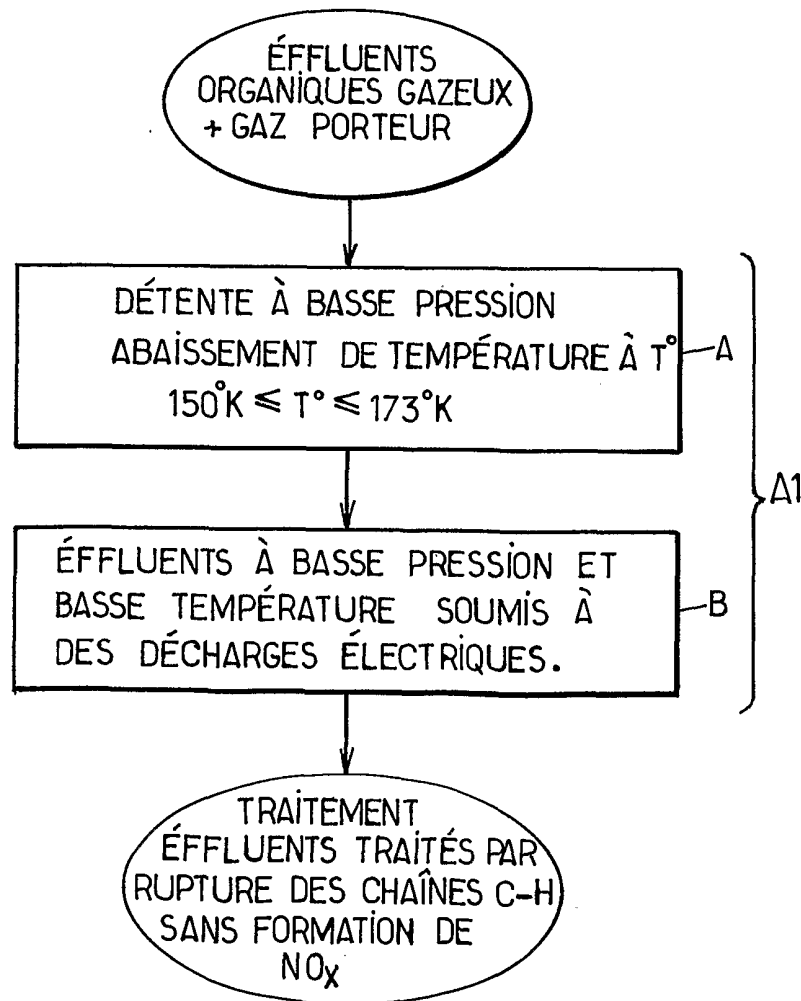


FIG.2a.

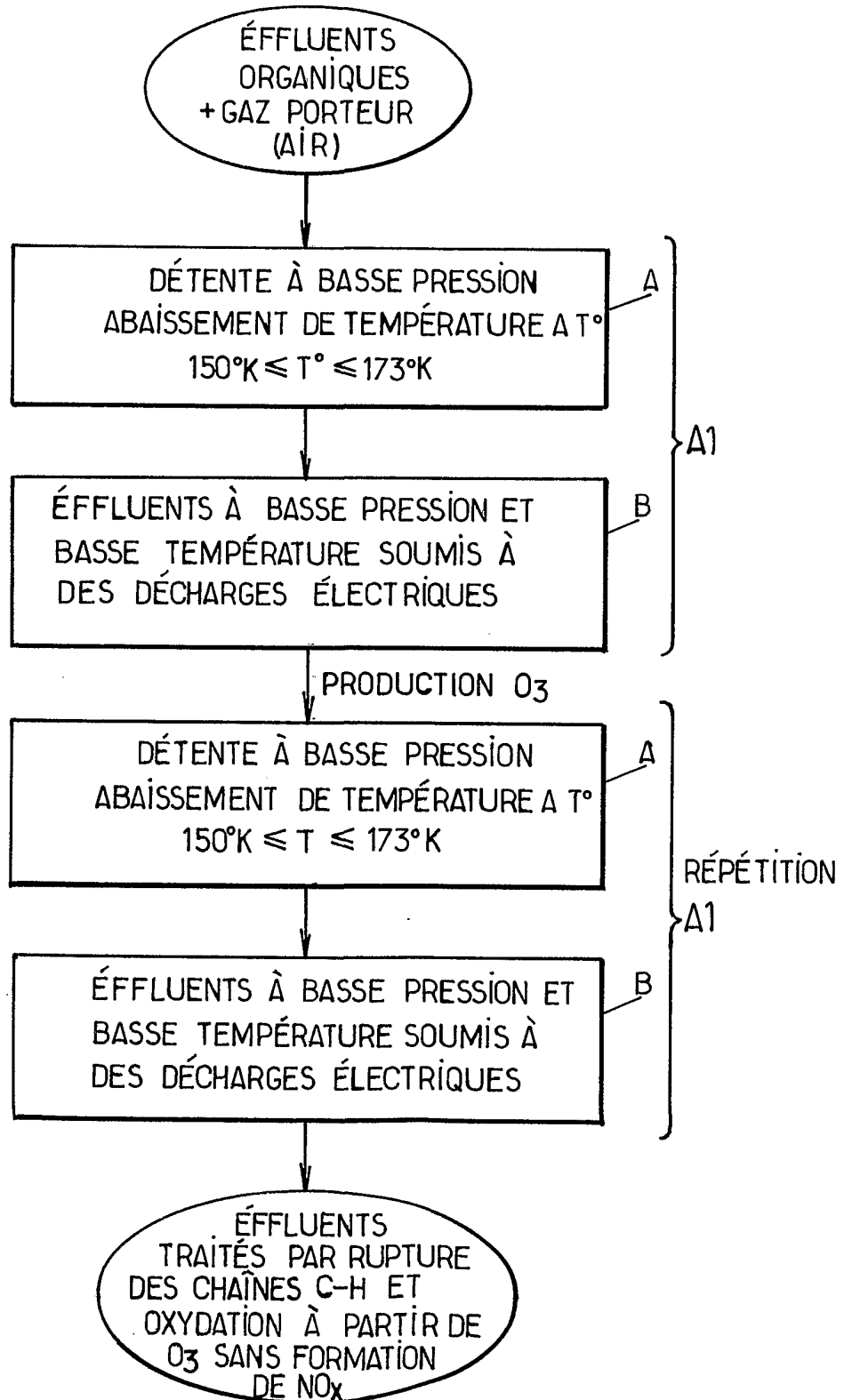


FIG. 2b.

3/7

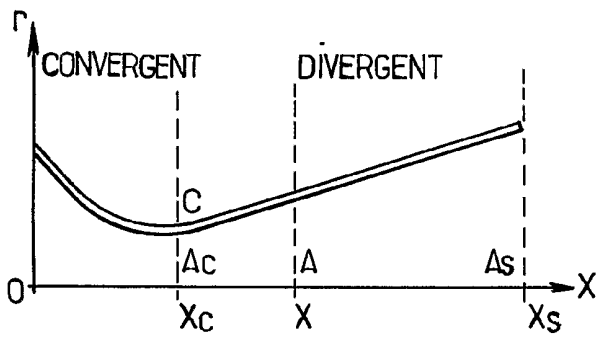
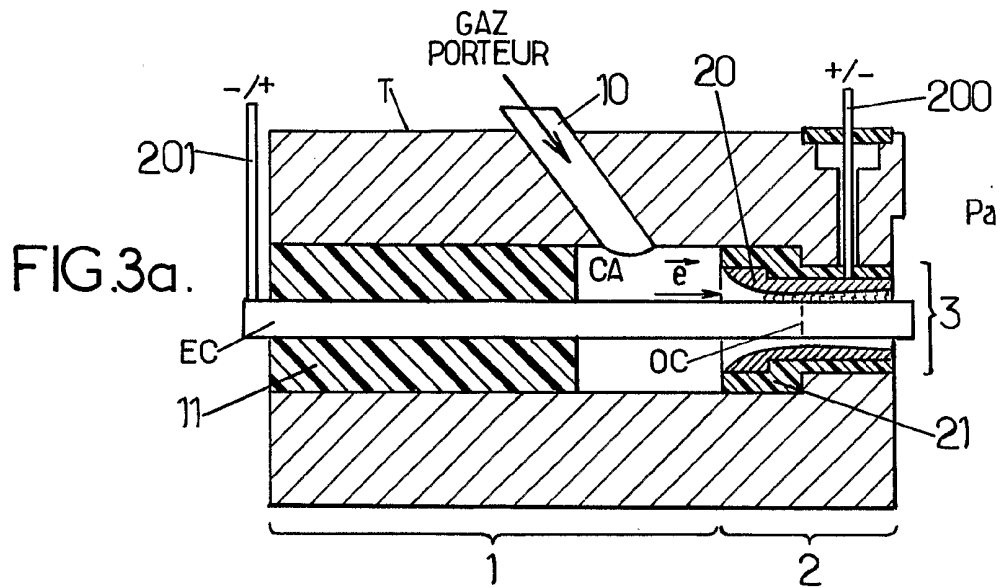


FIG. 3b1.

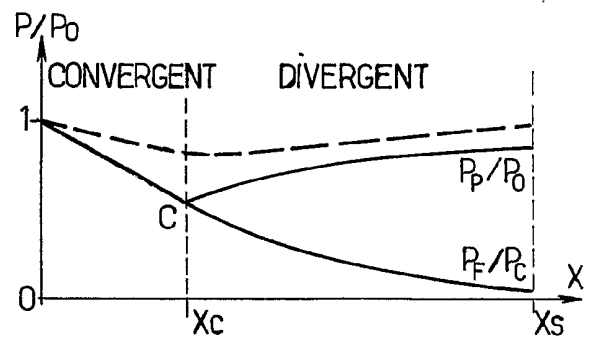


FIG. 3b2.

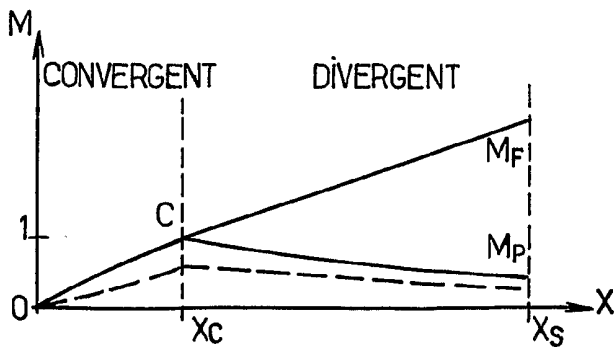


FIG. 3b3.

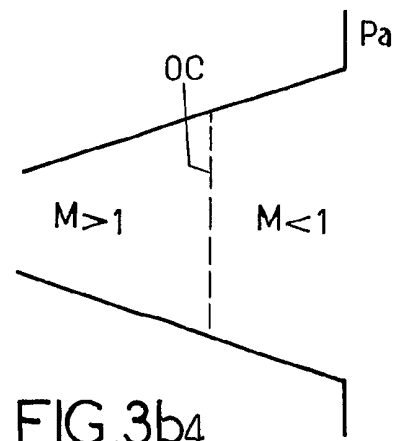
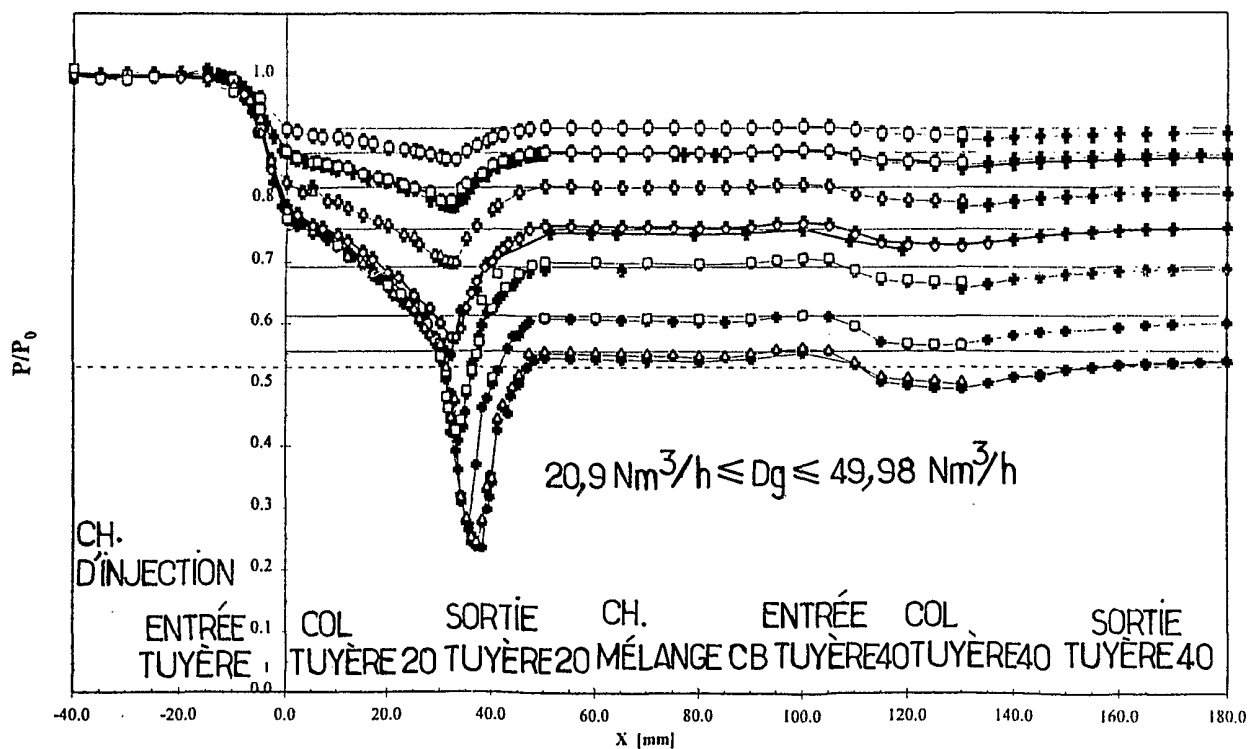
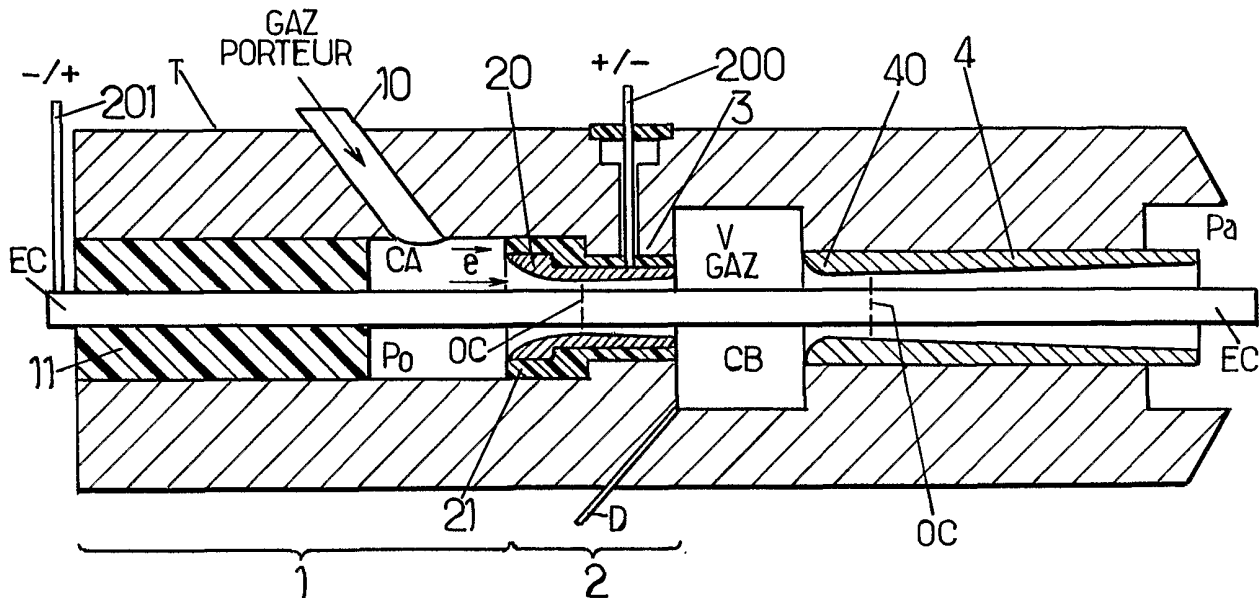


FIG. 3b4.

FIG.4a.



(SYMBOLES PLEINS: SANS DÉCHARGE; SYMBOLES VIDES EN PRÉSENCE DE LA DÉCHARGE)

FIG.4b.

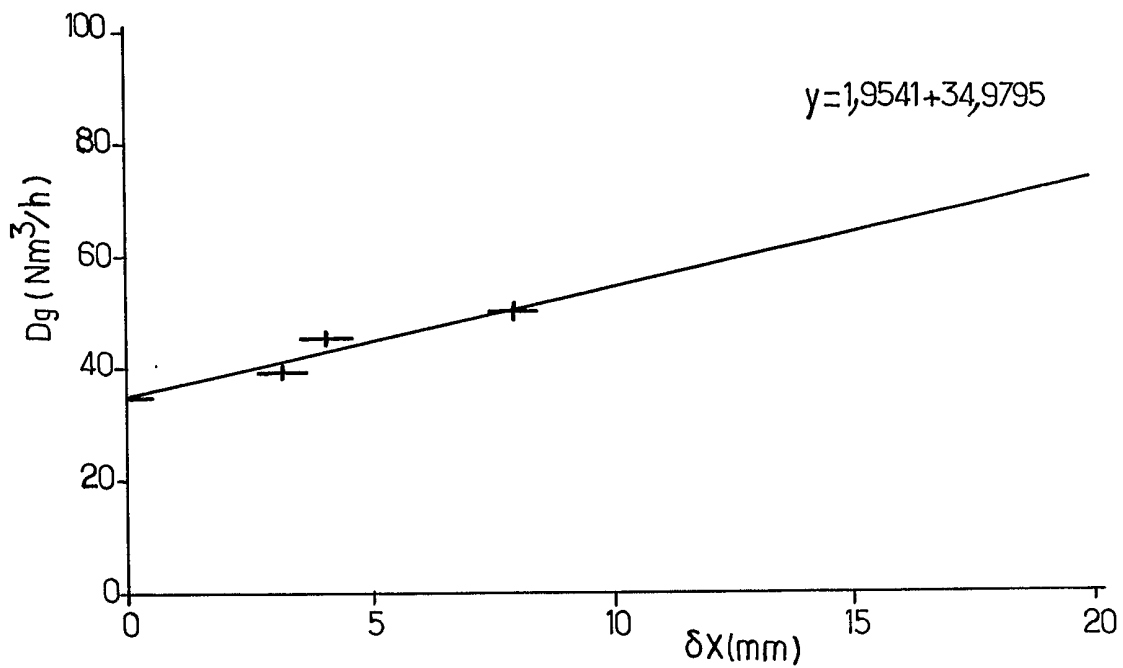


FIG.4c. POSITION  $\delta X$  DE L'ONDE DE CHOC EN FONCTION DU DÉBIT  $D_g$

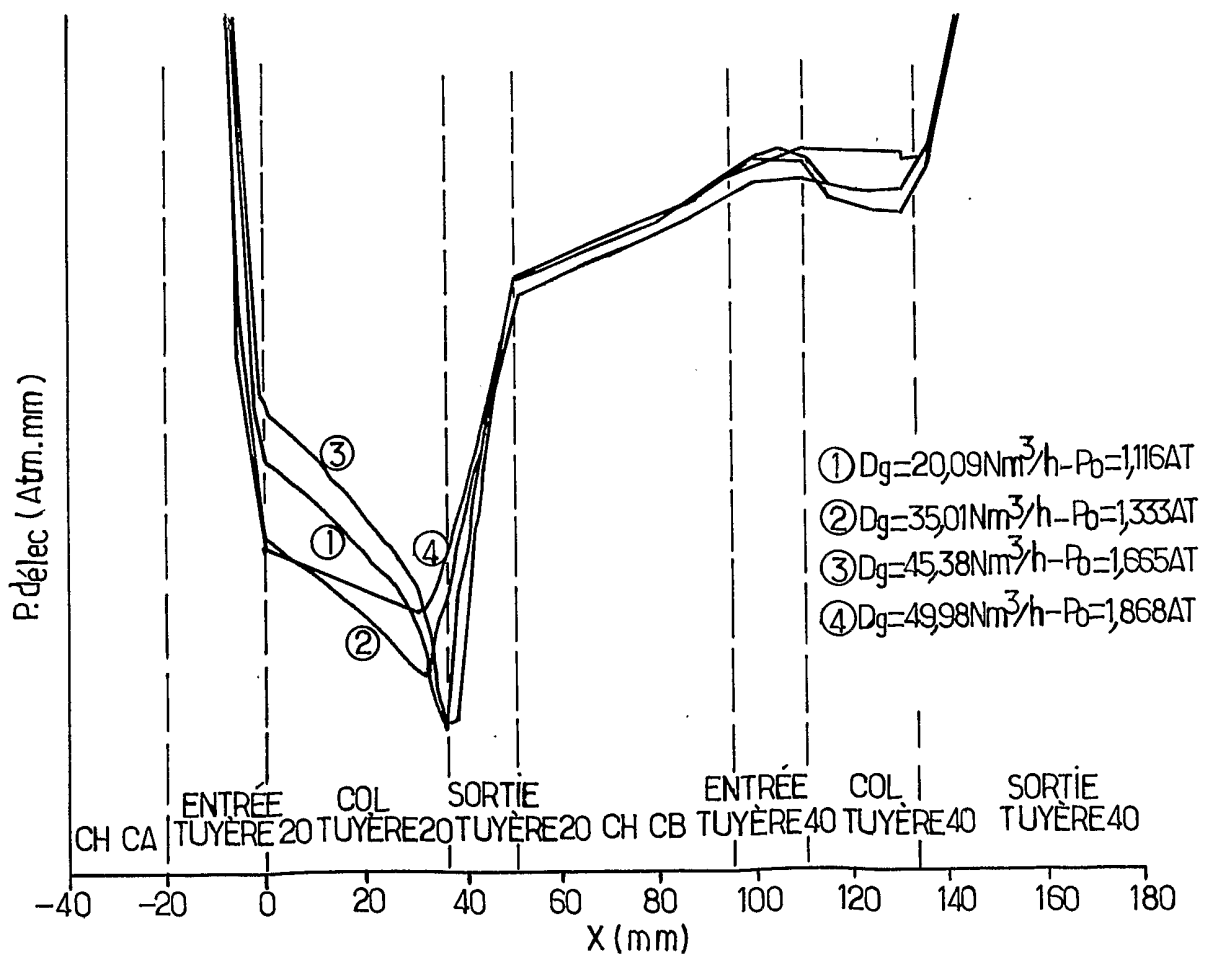


FIG.4d . MESURES DES VALEURS INSTANTANÉES

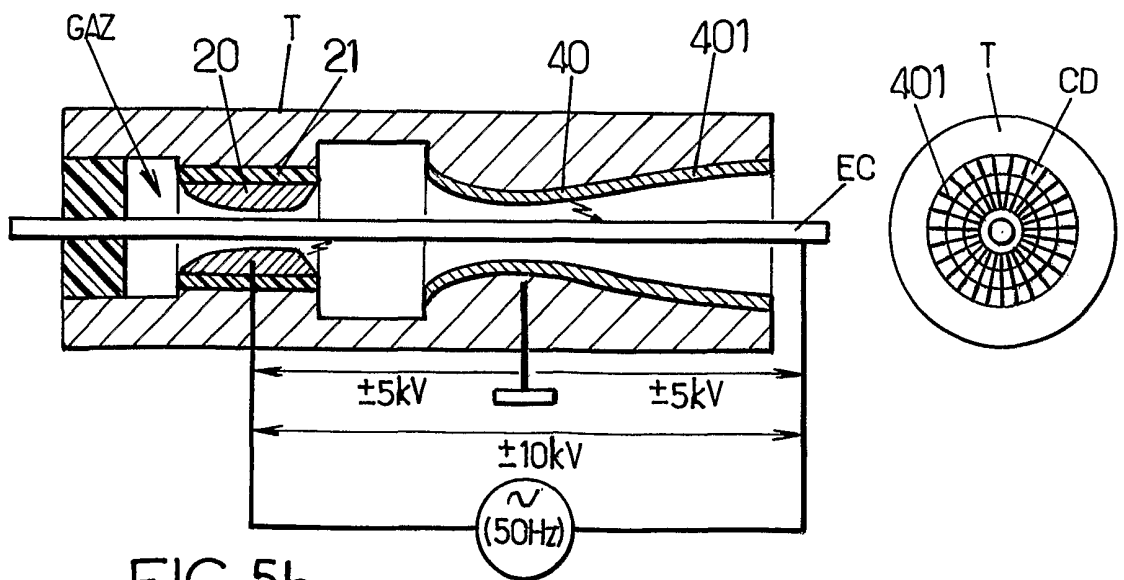
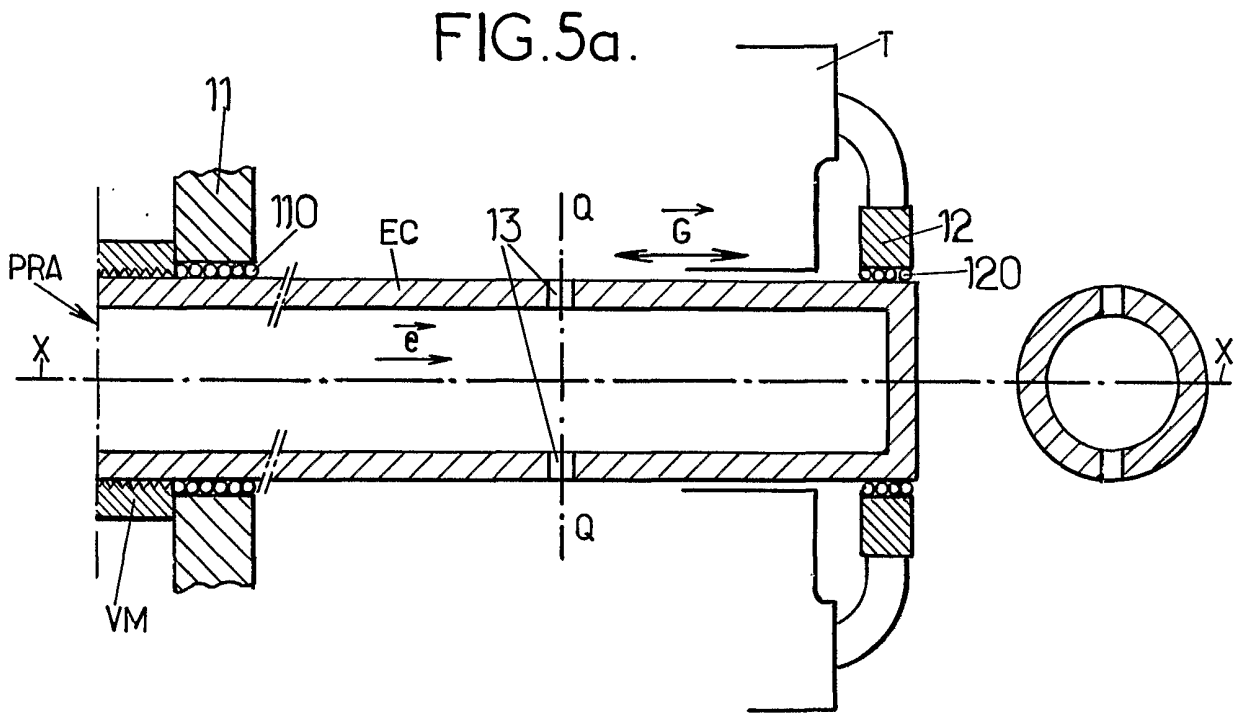


FIG.5b.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/02002

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 B01D53/32 B01D53/72

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

**B. FIELDS SEARCHED**  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 B01D

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
 EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 666 518 A (MECANIQUE METALLURG STE GIENNO ;ORLEANS UNIVERSITE (FR)) 13 March 1992 (1992-03-13) page 1, line 5 - line 10 page 2, line 17 - line 30 page 6, line 3 -page 8, line 23 page 12, line 5 - line 13; figure 1	4-6,9-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30 June 1999 (1999-06-30) & JP 11 076740 A (MITSUI CHEM INC), 23 March 1999 (1999-03-23) abstract	1-3
A	FR 2 785 082 A (STMI SOC TECH MILIEU IONISANT) 28 April 2000 (2000-04-28) the whole document	1-15
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

- ° Special categories of cited documents :
- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
  - \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
  - \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
  - \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
  - \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
  - \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
  - \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
  - \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
  - \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  15 October 2001	Date of mailing of the international search report  23/10/2001
--	--

Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Cubas Alcaraz, J
--	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/02002

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 95 06225 A (BRITISH TECH GROUP ; HARRY JOHN ERNEST (GB)) 2 March 1995 (1995-03-02) the whole document -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/02002

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2666518	A	13-03-1992	FR 2666518 A1	13-03-1992
JP 11076740	A	23-03-1999	NONE	
FR 2785082	A	28-04-2000	FR 2785082 A1	28-04-2000
WO 9506225	A	02-03-1995	WO 9506225 A1	02-03-1995

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Demande Internationale No

PCT/FR 01/02002

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
 CIB 7 B01D53/32 B01D53/72

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

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

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

CIB 7 B01D

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

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 666 518 A (MECANIQUE METALLURG STE GIENNO ;ORLEANS UNIVERSITE (FR)) 13 mars 1992 (1992-03-13) page 1, ligne 5 - ligne 10 page 2, ligne 17 - ligne 30 page 6, ligne 3 -page 8, ligne 23 page 12, ligne 5 - ligne 13; figure 1	4-6,9-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30 juin 1999 (1999-06-30) & JP 11 076740 A (MITSUI CHEM INC), 23 mars 1999 (1999-03-23) abrégé	1-3
A	FR 2 785 082 A (STMI SOC TECH MILIEU IONISANT) 28 avril 2000 (2000-04-28) le document en entier	1-15
	-/--	

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

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

15 octobre 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/10/2001

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

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Cubas Alcaraz, J

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/FR 01/02002

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 95 06225 A (BRITISH TECH GROUP ; HARRY JOHN ERNEST (GB)) 2 mars 1995 (1995-03-02) le document en entier -----	1

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 01/02002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2666518	A	13-03-1992	FR 2666518 A1	13-03-1992
JP 11076740	A	23-03-1999	AUCUN	
FR 2785082	A	28-04-2000	FR 2785082 A1	28-04-2000
WO 9506225	A	02-03-1995	WO 9506225 A1	02-03-1995