

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: **80401878.6**

51 Int. Cl.³: **H 05 H 1/26**
H 05 H 1/44, H 05 H 1/50

22 Date de dépôt: **29.12.80**

30 Priorité: **07.01.80 FR 8000231**

43 Date de publication de la demande:
15.07.81 Bulletin 81/28

84 Etats contractants désignés:
DE GB IT SE

71 Demandeur: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**
Etablissement de Caractère Scientifique Technique et
Industriel
B.P. 510
F-75752 Paris Cedex 15(FR)

72 Inventeur: **Denoyer, Serge**
Rue de la Halte
F-78570 Andresy(FR)

72 Inventeur: **Guerin, Jacques**
11, rue de l'Orégon
F-33600 Pessac(FR)

72 Inventeur: **Labrot, Maxime**
26, rue Wilson
F-33200 Bordeaux(FR)

72 Inventeur: **Serrano, Jean-Pierre**
19, Hameau de Villepreux
F-33160 Saint-Aubin-de-Medoc(FR)

74 Mandataire: **Mongredien, André et al,**
c/o Brevatome 25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris(FR)

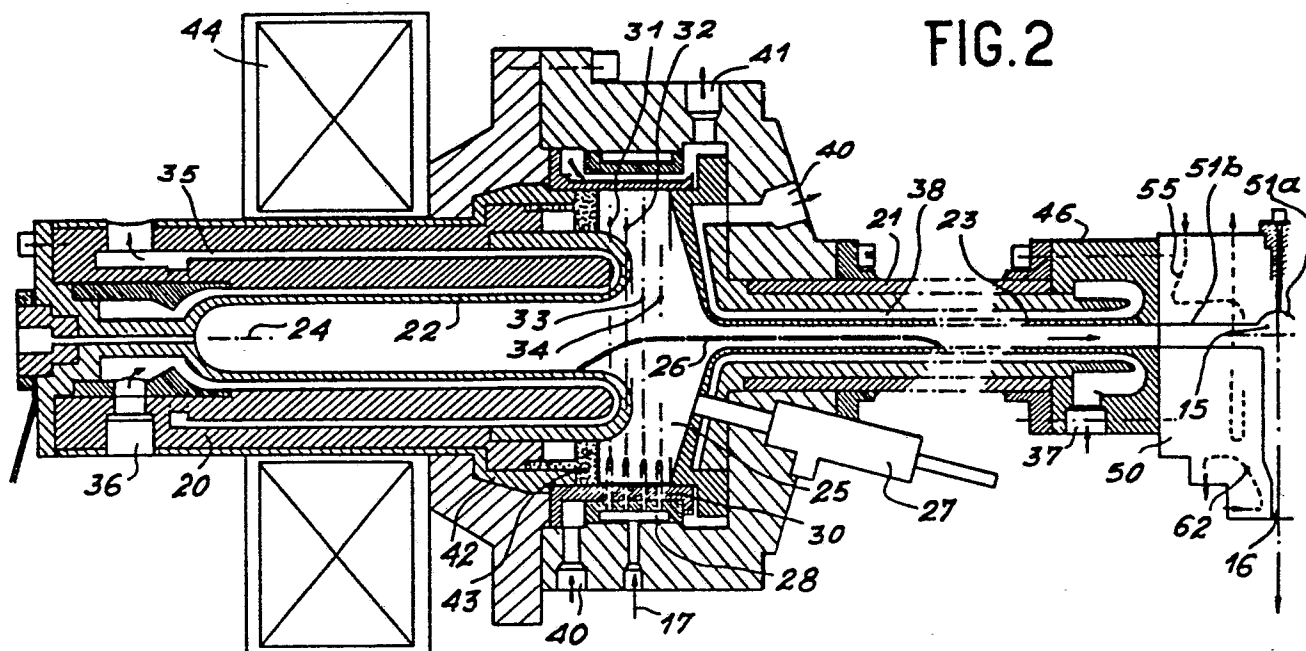
54 **Générateur de gaz ionisé à très haute pression et très haute température.**

57 **Générateur de gaz ionisé à écoulement homogène supersonique.**

Ce générateur comprend des modules unitaires (11, 12, 13, 14) comportant :

- deux électrodes coaxiales (22, 23) de forme cylindrique, l'électrode aval (23) étant ouverte et traversée par l'écoulement ;
- des moyens (30) pour injecter un gaz en tourbillons selon des plans perpendiculaires à l'axe commun auxdites électrodes, le gaz ainsi injecté traversant un arc électrique (26) qui prend de ce fait une forme allongée ;
- des moyens (27) d'amorçage de l'arc (26) entre les deux électrodes coaxiales (22, 23) ;
- des moyens (35) pour assurer le refroidissement des électrodes, des dispositifs d'injection de gaz (30), de la chambre de couplage (15) ;
- des bobines (44) créant, autour de la première électrode amont (22), un champ magnétique assurant le déplacement du pied de l'arc (26) autour de la surface interne de ladite électrode amont (22).

Application aux tests de matériaux de protection thermique.



La présente invention se rapporte à la production de gaz ionisé à très haute température et très haute pression, par chauffage au moyen d'arcs électriques de grande puissance en courant continu. Il est connu, notamment dans
5 les techniques spatiales, d'utiliser effectivement de tels générateurs de gaz ionisé pour tester et choisir des matériaux de protection thermique de véhicules spatiaux dont les trajectoires comprennent notamment une phase de rentrée rapide dans l'atmosphère, au cours de laquelle les parties
10 constitutives externes du véhicule sont portées très rapidement à des températures de plusieurs milliers de degrés.

On connaît déjà des générateurs permettant de chauffer de l'air ou d'autres gaz avec un ou plusieurs arcs électriques de grande puissance en courant continu. Ces gé-
15 nérateurs appartiennent à deux familles principales que l'on rappellera ici dans leurs grandes lignes :

- La première famille de générateurs de gaz ionisé comporte, entre deux électrodes tubulaires coaxiales généralement en cuivre ou en alliage de cuivre, réunies par une chambre
20 d'injection d'air, un arc électrique en courant continu qui s'allonge sous l'effet d'une injection d'air tourbillonnaire. L'air chaud à très haute température et très haute pression est détendu à travers une tuyère coaxiale aux électrodes de manière à produire un écoulement à très
25 haute température et à grande vitesse. Des dispositifs auxiliaires permettent l'amorçage de l'arc, en général par une électrode de démarrage, et la rotation des pieds d'arc évitant la fusion des électrodes, par des bobines de champ magnétique.
- 30 - La deuxième famille de générateurs concerne des générateurs constitués de plusieurs modules unitaires connectés

par une chambre de couplage équipée d'une tuyère d'émission du gaz ionisé. Chaque module est par lui-même un générateur constitué d'une électrode sphéro-cylindrique en graphite et d'une électrode tubulaire coaxiale en cuivre ou alliage de cuivre, réunies par une chambre d'injection d'air en tourbillon. Un arc électrique éclate entre les électrodes de chaque module. L'air chauffé au niveau de chaque module passe dans la chambre de couplage puis est détendu à travers la tuyère dont l'axe est perpendiculaire au plan constitué par les modules, de manière à produire un écoulement à très haute température et à grande vitesse. Des dispositifs auxiliaires permettent l'amorçage des arcs, en général par des fils fusibles, et la rotation des pieds d'arc sur les électrodes en cuivre ou alliage de cuivre par des bobines de champ magnétique.

Les deux familles de générateurs sont utilisées pour tester les éprouvettes comme suit.

Les éprouvettes de matériau, introduites ou préalablement positionnées dans l'écoulement, sont soumises à des conditions aérothermiques semblables à celles qui seront subies par le même matériau équipant le véhicule spatial au cours de la phase de rentrée atmosphérique. Les éprouvettes de matériau introduites dans l'axe du jet sont en général de forme sphéro-conique ou sphéro-cylindrique (essais dits "en point d'arrêt"). Les éprouvettes de matériau préalablement positionnées parallèlement à l'axe du jet sont de forme parallélépipédique (essais dits "en tube carré").

Les performances obtenues sur une éprouvette de matériau sont fonction de sa forme et de sa position dans le jet. D'une manière générale, à isoperformances du générateur, les éprouvettes dans l'axe du jet sont soumises à des conditions aérothermiques plus sévères que celles parallèles à l'axe du jet, mais avec des résultats de mesure plus difficiles à exploiter.

Les performances de la première famille de générateurs, développés essentiellement par la Société américaine

"Union Carbide Corporation" et existant à de multiples exemplaires dans une gamme de puissances électriques allant de quelques centaines de kilowatts à quelques dizaines de mégawatts, sont plutôt orientées vers l'obtention de jets de gaz ionisé de pressions très élevées et d'enthalpies relativement modérées, ces conditions étant mesurées en amont du col de la tuyère.

Les performances de la deuxième famille de générateurs, développés essentiellement par la Société américaine "AVCO Corporation" et existant à quelques exemplaires d'une puissance de l'ordre d'une dizaine de mégawatts, sont plutôt orientées vers l'obtention de jets de pression modérées et d'enthalpies très élevées, ces conditions étant également mesurées en amont du col de la tuyère. On se reportera utilement à ce sujet à la communication faite par Dicristina, Hoercher et Siegelman à la "Intersociety Conference on Environmental Systems" à San Diego (Californie) du 12 au 15 juillet 1976.

Les générateurs précédents présentent toutefois certains inconvénients liés à leurs performances et à leurs possibilités d'utilisation pour tester des éprouvettes de matériau.

Bien que les générateurs de la première famille aient des performances bien adaptées à la réalisation d'essais dits "en point d'arrêt" en raison de leur fonctionnement à pression élevée, un inconvénient pour exploiter ces essais résulte de la distribution de température très inhomogène dans le jet de sortie de tuyère, résultant de l'injection d'air tourbillonnaire ; les éprouvettes sont soumises à des conditions aérothermiques fortement évolutives, rendant donc plus difficile l'exploitation de ces essais. Un autre inconvénient est la méconnaissance du rayonnement thermique direct en provenance de l'arc qui chauffe l'éprouvette de matériau et qui vient par conséquent s'ajouter au chauffage convectif de ce même matériau par l'écoulement de gaz ionisé proprement dit.

En ce qui concerne les essais dits "en tube carré", l'inconvénient majeur pour leur exploitation résulte de la distribution très inhomogène de la température dans le jet, avec de plus des effets mécaniques tourbillonnaires engendrés par l'injection d'air.

Les générateurs de la deuxième famille ont comme inconvénient majeur des performances faibles en pression génératrice, interdisant toute une gamme d'essais avec des éprouvettes placées en configuration du type "point d'arrêt".

La présente invention a précisément pour objet un générateur de gaz ionisé pour l'étude d'éprouvettes à très haute température et très haute pression qui permet de combiner les avantages propres à chacune des deux familles de générateurs précédentes, en permettant la production de gaz ionisé à des pressions génératrices très élevées et des enthalpies modérées avec un écoulement de gaz ionisé homogène et sans rayonnement direct de l'arc sur l'éprouvette de matériau à tester.

Ce générateur de gaz ionisé, du type de ceux qui comportent un certain nombre de générateurs ou modules unitaires associés à une chambre de couplage équipée d'une tuyère se caractérise principalement en ce que chacun des modules unitaires comporte :

- deux électrodes coaxiales alimentées en haute tension sous au moins plusieurs milliers de volts, en cuivre ou alliage de cuivre, de forme sensiblement cylindrique creuse, situées l'une derrière l'autre, l'une en amont et l'autre en aval par rapport au sens de l'écoulement du gaz ionisé, l'électrode aval étant ouverte et traversée par cet écoulement ;
- des moyens pour injecter un gaz, par exemple de l'air, en tourbillons selon des plans perpendiculaires à l'axe commun auxdites électrodes, dans la zone intermédiaire entre la première électrode amont et la deuxième électrode aval,

- le gaz ainsi injecté traversant un arc électrique qui prend de ce fait une forme allongée pouvant s'étendre depuis l'extrémité de l'électrode amont jusqu'à l'extrémité de l'électrode aval, laquelle est ouverte à son extrémité et débouche dans l'un des orifices d'entrée de la chambre de couplage ;
- des moyens d'amorçage de l'arc entre les deux électrodes coaxiales ;
 - des moyens pour assurer le refroidissement des électrodes, des dispositifs d'injection de gaz, de la chambre de couplage ;
 - des bobines créant, autour de la première électrode amont, un champ magnétique assurant le déplacement du pied de l'arc autour de la surface interne de ladite électrode amont.

Selon une caractéristique originale du générateur de gaz ionisé selon l'invention, les moyens pour injecter le gaz en tourbillons dans chaque module consistent en une chambre d'alimentation en gaz sous pression associée à une couronne d'injection de gaz constituée d'une pièce cylindrique métallique percée d'orifices débouchant tangentielle-ment à la paroi interne de la couronne et répartis uniformément sur cette paroi dans l'espace d'injection compris entre l'électrode amont et l'électrode aval.

Cette injection de gaz en tourbillon, combinée avec l'emploi pour chacun des modules unitaires d'une haute tension interélectrodes de plusieurs milliers de volts, conduit à l'obtention d'arcs allongés pouvant s'étendre depuis l'extrémité de l'électrode amont jusqu'à l'extrémité de l'électrode aval, ce qui confère, par rapport à l'art antérieur connu, un caractère original à cette association de plusieurs modules. Ces caractéristiques nouvelles permettent notamment de supprimer les inhomogénéités de température et d'écoulement du jet de gaz ionisé tout en travaillant à des températures de l'ordre de 5000°C et avec des pressions voisines de 100 bars, ce qui correspond à des enthal-

pies massiques réduites de l'ordre de 100. Ces ordres de grandeur, jamais obtenus jusqu'à présent en écoulement homogène, permettent une grande facilité d'interprétation et de reproductibilité des tests sur échantillons. Ces résultats intéressants se combinent tout naturellement avec l'un des avantages importants de la structure plurimodulaire du générateur, à savoir le fait de mettre l'échantillon testé à l'abri du rayonnement direct de l'arc.

Dans un mode de mise en oeuvre préféré du générateur de gaz ionisé objet de l'invention, les modules unitaires sont au nombre de quatre, et la chambre de couplage se compose d'une partie centrale creuse de forme sphérique à laquelle se raccordent de façon centrée cinq passages cylindriques, à savoir quatre premiers situés dans un même plan à 90° les uns des autres, et dans chacun desquels débouche le jet de gaz ionisé de l'un des modules, et un cinquième, perpendiculaire au plan des quatre premiers, et qui porte la tuyère d'émission du jet de gaz ionisé du générateur.

De toute façon, l'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un mode de mise en oeuvre du générateur de gaz ionisé, description qui sera faite, à titre non limitatif, en référence aux figures 1 à 3 ci-jointes, sur lesquelles :

- la figure 1 montre une vue d'ensemble en élévation du générateur de gaz ionisé objet de l'invention ;

- la figure 2 montre en coupe selon l'axe XY l'un des modules constitutifs du générateur de la figure 1 ;

- la figure 3 représente dans le plan horizontal XY de la figure 1, la chambre de couplage et les liaisons de celle-ci avec deux des modules diamétralement opposés.

On voit sur la figure 1 de façon schématique, le générateur 1 constitué d'un support 10 en quatre parties de disposition cruciforme. Le générateur proprement dit est constitué par quatre modules 11, 12, 13 et 14 situés tous les quatre dans le plan vertical contenant les axes XY et X'Y' ; les modules sont alignés deux par deux, à savoir d'une part

les modules 11 et 13 qui sont verticaux, et d'autre part, les modules 12 et 14 qui sont horizontaux. Les quatre modules précédents 11, 12, 13 et 14 sont associés à une chambre de couplage 15 également située dans le plan de la figure 1, et de laquelle émerge, perpendiculairement à ce même plan, une tuyère 16 rassemblant l'écoulement global de gaz ionisé engendré par les quatre modules du générateur. A cet effet, le gaz chauffé et ionisé par un arc électrique produit dans chaque module est collecté au niveau de la chambre de couplage 15, puis détendu à travers la tuyère 16 de manière à produire un écoulement homogène et supersonique à très haute température et à grande vitesse, écoulement perpendiculaire au plan vertical de la figure 1 qui comprend les axes des quatre modules.

En se référant maintenant à la figure 2, on va décrire plus en détail la constitution d'un module unitaire. On voit sur la figure 2 l'enveloppe 20 de l'électrode amont 22 et l'enveloppe 21 de l'électrode aval 23. Selon l'invention, ces deux électrodes sont sensiblement cylindriques et disposées dans un même alignement suivant leur axe commun 24. De plus, l'électrode 23 est percée de part en part, ce qui permet, comme on le verra plus loin, au gaz injecté de s'écouler d'un bout à l'autre de celle-ci. Une chambre 25 sépare les deux électrodes amont 22 et aval 23, chambre dans laquelle est injecté le gaz d'alimentation du générateur, ainsi qu'on le verra plus loin. Un arc électrique en courant continu 26 est amorcé dans l'espace 25 entre l'extrémité de l'électrode 22 et l'électrode 23 à l'aide d'une électrode auxiliaire de démarrage 27 pouvant être notamment de tout type connu. Sous l'action de l'air injecté dans la chambre 25, et qui s'écoule vers la sortie de l'électrode cylindrique creuse 23, l'arc électrique s'étend également et prend une forme très allongée caractéristique du générateur objet de la présente invention.

L'injection de gaz dans la chambre 25 est réalisée de la façon suivante. Le gaz est injecté, par tout système connu, en 17 dans une chambre d'alimentation 28, laquelle communique avec une couronne d'injection de gaz 30 constituée d'une pièce cylindrique métallique percée d'orifices débouchant tangentielllement à la paroi interne de la couronne et répartis uniformément sur cette paroi dans l'espace d'injection 25 compris entre l'électrode amont 22 et l'électrode aval 23. Dans l'exemple décrit sur la figure, les orifices d'injection de la couronne sont répartis dans quatre plans 31, 32, 33 et 34 équidistants les uns des autres et perpendiculaires à l'axe commun de l'appareil 24.

Selon l'invention, un circuit de refroidissement 35 alimenté par l'entrée 36 est situé autour de l'électrode amont 22 entre cette électrode proprement dite et son enveloppe 20. Le liquide de refroidissement circulant dans ces enveloppes permet un refroidissement énergique des électrodes au cours du fonctionnement de l'appareil. Une structure identique équipe également l'électrode aval 23 qui est entourée d'un circuit de refroidissement 38 alimenté par l'entrée 37 située dans l'enveloppe d'électrode 21. De la même façon, la couronne d'injection de gaz 30 est munie de son propre circuit de refroidissement par eau d'entrée 40 et de sortie 41 sur la figure 2 et constitué d'un certain nombre d'alésages parallèles à l'axe commun 24 du générateur et répartis sur la circonférence de la couronne d'injection de gaz 30.

Dans le mode de réalisation décrit sur la figure 2, la couronne d'injection de gaz est, par construction, au même potentiel que l'électrode aval 23. Il a donc fallu prévoir un dispositif d'isolement électrique et thermique de cette couronne d'injection 30 par rapport à l'électrode amont 22. Cette double isolation thermique et électrique est constituée par un fourreau en nylon 42 qui assure l'isolement électrique et un anneau en nitrure de silicium 43 qui assure l'isolement thermique.

De plus, pour éviter l'usure rapide de la surface interne de l'électrode amont 22, on a prévu de déplacer le pied de l'arc 26 autour de la surface intérieure de cette électrode 22 au moyen d'un champ magnétique produit à l'aide
5 d'un jeu de galettes bobinées ou solénoïdes 44 coaxiales à l'axe 24, mobiles parallèlement à cet axe et parcourues par un courant électrique continu.

Le module de la figure 2 est relié à la chambre de couplage 15 par une pièce de liaison 46. La chambre de cou-
10 plage 15 elle-même est constituée par une enveloppe externe 50 en cuivre ou alliage de cuivre, de forme cubique, dans laquelle est située une pièce interne 51 monobloc et également en cuivre ou alliage de cuivre comportant une partie sphérique 51a et cinq parties cylindriques 51b se raccordant
15 sur la partie sphérique 51a. Les quatre premières de ces parties cylindriques 51b sont en communication directe avec les électrodes aval 23 de chaque module et la cinquième débouche directement sur la tuyère 16, comme on peut le voir sur la figure 3. On a également représenté en pointillé sur
20 la figure 2, le trajet du circuit de refroidissement 55 de la pièce interne 51 et du circuit de refroidissement 62 de la tuyère 16.

On décrira maintenant plus en détail, en se référant à la figure 3, la chambre de couplage et ses raccorde-
25 ments avec les quatre modules unitaires. On reconnaît sur cette figure 3, les pièces de liaison 46 reliant les deux modules 12 et 14 à la chambre de couplage 15. Sur la figure 3, les deux autres modules ne sont pas visibles, le module 11 étant en avant de la figure et le module 13 ne montrant,
30 au fond de la chambre 15, que l'extrémité de sa structure représentée sous forme de cercles en pointillé concentrique. La chambre de couplage proprement dite est constituée par un bloc externe 50 de forme cubique et dans lequel se trouve creusée une cavité revêtue d'une pièce interne 51 en cuivre
35 rouge ou alliage de cuivre, monobloc, constituée d'une partie sphérique 51a raccordée à cinq parties cylindriques 51b

dont trois seulement sont bien entendu visibles sur la figure 3, centrées sur les axes respectifs 24 et 24b des modules 12 et 14 et sur l'axe 24a de la tuyère 16. La disposition interne du bloc 50 est telle que des séparateurs 53 et 54
5 délimitent des trajets de circulation d'eau par films minces tels que 55 et 56 pour refroidir la pièce interne 51. Des entrées d'eau sous pression telles que 57, 58, 59 et 60 sont prévues pour alimenter ce circuit de refroidissement. Une entrée d'eau sous pression 61 est prévue pour alimenter le
10 circuit de refroidissement 62 de la tuyère 16, la sortie correspondante étant référencée 63. On voit également sur la figure 3 l'électrode 22 du module 12 ainsi que l'électrode 22b du module 14 munies également de leurs circuits de refroidissement respectifs 38 et 39.

15 Le générateur qui vient d'être décrit fonctionne de la façon suivante : les différents circuits de refroidissement tels que 38, 39, 41, 57, 58, 59 et 60 sont initialement alimentés à partir d'un réseau de pompes et de vannes permettant le contrôle individuel de ces circuits en pres-
20 sions et débits, à des valeurs telles que les différences entre ces pressions et la pression atmosphérique régnant initialement dans le générateur soient faibles. Au cours de la phase suivante, les bobines 44 produisant le champ magnétique sont mises sous tension. On réalise ensuite un
25 court-circuit entre l'électrode amont 22 et l'embout de la tige centrale de l'électrode de démarrage 27. On injecte alors le gaz dans le générateur par les orifices situés dans les plans 31, 32, 33 et 34 en ce qui concerne le module représenté sur la figure 2 ; puis on établit le courant de
30 l'arc électrique tout en supprimant le court-circuit entre l'électrode amont 22 et l'embout de la tige centrale de l'électrode de démarrage. Quand la tige centrale de l'électrode de démarrage a terminé son déplacement correspondant à la suppression du court-circuit, l'arc 26 de chaque modu-
35 le se transfère entre les deux électrodes 22 et 23 et s'al-

longe sous l'effet de l'injection de gaz tourbillonnaire. Un fonctionnement stable et fiable est alors obtenu, résultant de la constance des paramètres courant d'arc, débit de gaz et de l'asservissement des pressions dans les circuits de refroidissement à la pression régnant dans le générateur, minimisant ainsi les contraintes mécaniques et thermiques sur les électrodes 22 et 23, la chambre d'injection de gaz 30, la pièce interne 51 de la chambre de couplage 15 et la partie interne de la tuyère.

10 A titre d'exemple, et pour un mode de mise en oeuvre, les dimensionnements et performances des servitudes électriques produisant les arcs électriques, des servitudes d'alimentation en eau des circuits de refroidissement, des servitudes d'alimentation en gaz du générateur, du générateur proprement dit sont les suivantes :

15 Servitudes électriques : quatre alimentations pouvant délivrer chacune 1.500 A sous 7.000 V, ou 3.000 A sous 3.500 V.

20 Servitudes d'alimentation en eau : trois pompes d'alimentation pouvant délivrer chacune 40 l/s sous 100 bars associées à des circuits de distribution par vannes pilotées.

Servitudes d'alimentation en gaz : réservoirs à 420 bars de pression de stockage pouvant débiter 0,5 kg/s de gaz à ioniser par module à une pression maximale de 250 bars.

25 Générateur : Obtention de conditions génératrices du jet de gaz ionisé, c'est-à-dire de pressions de l'ordre de 100 bars et des enthalpies massiques réduites de l'ordre de 100.

REVENDEICATIONS

1. Générateur de gaz ionisé à écoulement homogène supersonique, du genre de ceux qui comportent un certain nombre de générateurs ou modules unitaires (11, 12, 13, 14) associés à une chambre de couplage (15) équipée d'une tuyère (16) perpendiculaire à ce plan, caractérisé en ce que
5 chacun des modules unitaires comporte :

- deux électrodes (22, 23) alimentées en haute tension sous au moins plusieurs milliers de volts, coaxiales en cuivre ou alliage de cuivre, de forme sensiblement cylindrique creuse, situées l'une derrière l'autre, l'une en amont et
10 l'autre en aval par rapport au sens de l'écoulement du gaz ionisé, l'électrode aval (23) étant ouverte et traversée par cet écoulement ;

- des moyens (30) pour injecter un gaz en tourbillons selon des plans perpendiculaires à l'axe commun auxdites élec-
15 trodes, dans la zone intermédiaire entre la première électrode amont (22) et la deuxième électrode aval (23), le gaz ainsi injecté traversant un arc électrique (26) qui prend de ce fait une forme allongée pouvant s'étendre
20 depuis l'extrémité de l'électrode amont (22) jusqu'à l'extrémité de l'électrode aval (23), laquelle est ouverte à son extrémité et débouche dans l'un des orifices d'entrée de la chambre de couplage (15) ;

- des moyens (27) d'amorçage de l'arc (26) entre les deux
25 électrodes coaxiales (22, 23) ;

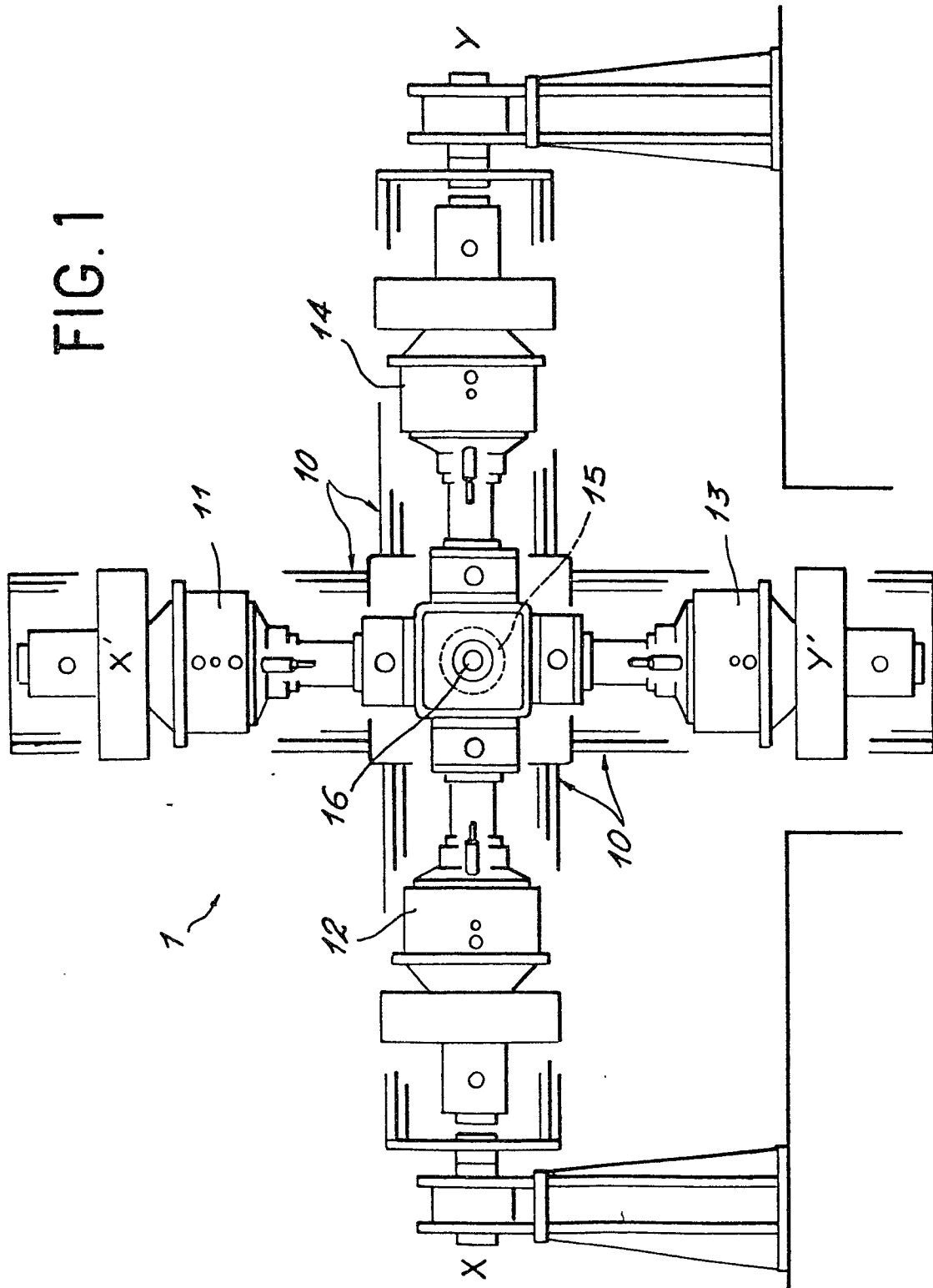
- des moyens (35) pour assurer le refroidissement des électrodes, des dispositifs d'injection de gaz (30), de la chambre de couplage (15) ;

- des bobines (44) créant, autour de la première électrode amont (22), un champ magnétique assurant le déplacement
30 du pied de l'arc (26) autour de la surface interne de ladite électrode amont (22).

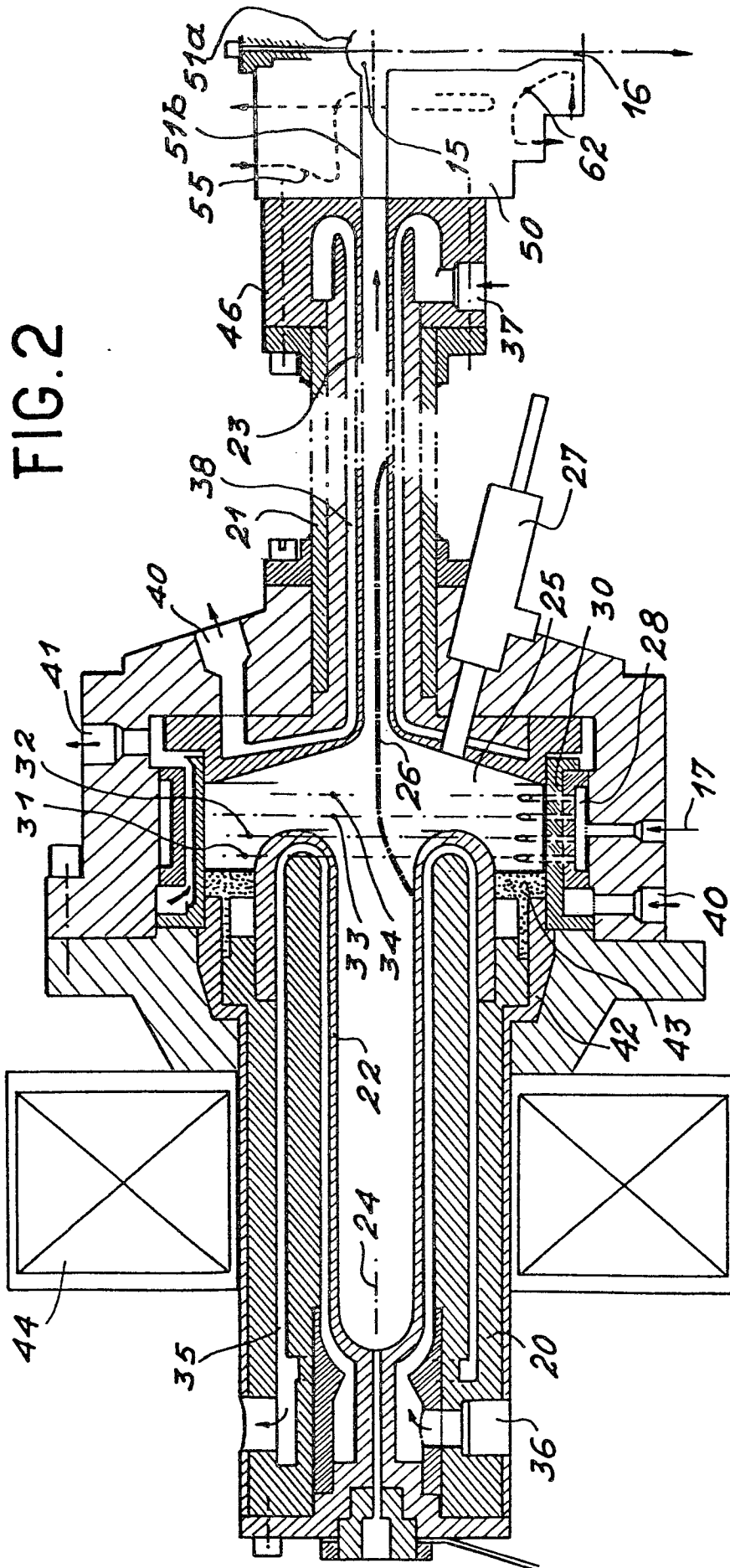
2. Générateur de gaz ionisé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens pour injecter le gaz en tourbillons dans chaque module (11, 12, 13, 14) consistent en une chambre (28) d'alimentation en air sous pression associée à une couronne d'injection d'air (30) constituée d'une pièce cylindrique métallique percée d'orifices débouchant tangentiellement à la paroi interne de la couronne (30) et répartis uniformément sur cette paroi dans l'espace d'injection (25) compris entre l'électrode amont (22) et l'électrode aval (23).

3. Générateur de gaz ionisé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les modules unitaires (11, 12, 13, 14) étant au nombre de quatre, la chambre de couplage (15) se compose d'une partie centrale (51) creuse de forme sphérique à laquelle se raccordent de façon centrée cinq passages cylindriques (51b), à savoir quatre premiers situés dans un même plan à 90° les uns des autres et dans chacun desquels débouche le jet de gaz ionisé de l'un des modules, et un cinquième, perpendiculaire au plan des quatre premiers, et qui porte la tuyère (16) d'émission du jet de gaz ionisé du générateur.

FIG. 1



2/3



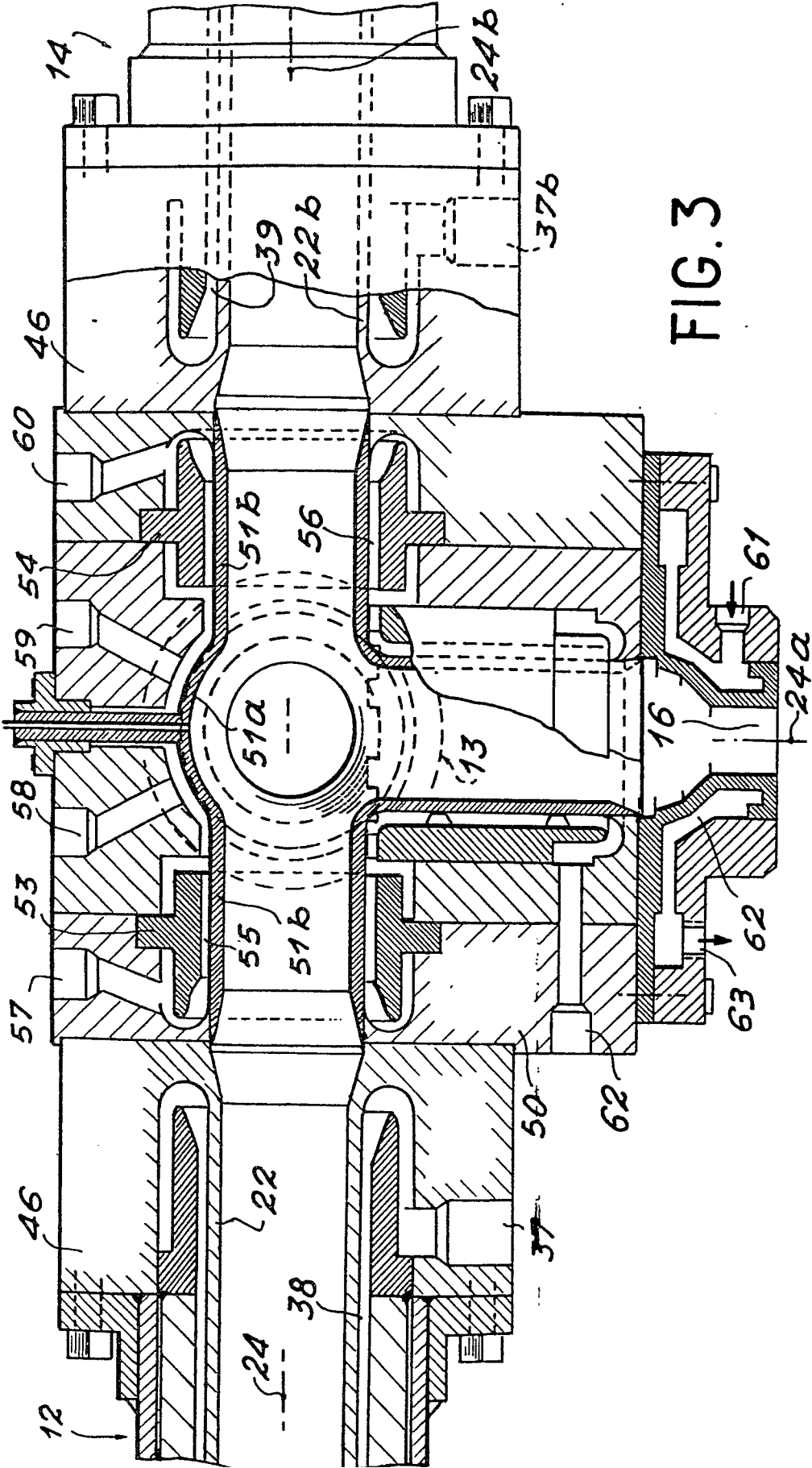


FIG.3