

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 12686

(54) Composition de fluide diélectrique ayant une rigidité diélectrique élevée.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). H 01 B 3/16, 3/20.

(22) Date de dépôt..... 26 juin 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *EUA, 27 juin 1980, n° 163.901.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 53 du 31-12-1981.

(71) Déposant : Société dite : WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION, résidant aux EUA.

(72) Invention de : Ronald Thomas Harrold et Lawrence Eugene Ottenberg.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Bureau D. A. Casalonga, Office Josse et Petit,
8, av. Percier, 75008 Paris.

Composition de fluide diélectrique ayant une rigidité diélectrique élevée.

L'invention a pour objet une composition de fluide diélectrique et plus particulièrement des mélanges de fluides diélectriques atomisés et de gaz isolants fournissant une rigidité diélectrique élevée.

En règle générale, plus la densité d'un gaz isolant est élevée, plus élevée est sa rigidité diélectrique. Le gaz hexafluorure de soufre (SF_6), par exemple, est d'environ cinq fois plus dense que l'air et sa résistance au claquage est d'environ 2,5 fois plus élevée, tandis que SF_6 comprimé possède une rigidité diélectrique encore plus élevée.

Lorsqu'on comprime un gaz pour obtenir une rigidité diélectrique élevée, on a besoin d'un récipient plus résistant pour contenir ledit gaz. En outre, lorsqu'on a besoin de quantités importantes de SF_6 , comme dans le cas de câbles de transport d'énergie, les coûts sont élevés.

Comme indiqué dans le brevet US n° 4 162 227, on utilise pour cette raison des mélanges de gaz en mélangeant un gaz ayant une rigidité diélectrique élevée et qui est coûteux avec un gaz ayant une rigidité diélectrique plus faible ainsi qu'un coût plus faible pour obtenir un mélange ayant une rigidité diélectrique intermédiaire entre les valeurs de chacun des deux constituants du mélange. Le même brevet US indique que certains mélanges de gaz ont à une température et à une pression données, une rigidité diélectrique plus élevée que la rigidité diélectrique des deux constituants.

Le brevet US n° 2 990 443 décrit un transformateur isolé par un gaz, ce gaz isolant étant SF_6 . Pour éliminer la chaleur lorsque le transformateur est en activité, un fluide atomisé par un procédé mécanique est introduit dans le gaz SF_6 et on le fait circuler partout dans le noyau et dans les enroulements du transformateur. On peut en déduire que le fluide atomisé par procédé mécanique ne réduit pas la rigidité diélectrique de SF_6 et ce brevet US 2 990 443 insiste sur le fait que la fonction de SF_6 est de fournir l'isolation électrique.

Il résulte de l'art antérieur qu'il est bien connu que

certains mélanges de gaz peuvent avoir une rigidité diélectrique élevée et qu'un fluide atomisé peut être mélangé avec SF_6 sans réduire la rigidité diélectrique de ce dernier.

5 L'invention a pour objet de fournir une composition constituée d'un mélange gaz/fluide atomisé ayant une rigidité diélectrique beaucoup plus élevée que celle du gaz, à une température et à une pression donnée. Elle indique également la dimension des gouttelettes pour que la composition de mélange de gaz/fluide atomisé ait une rigidité diélectrique élevée.

10 En gros, l'invention consiste en un mélange de fluide diélectrique ayant une composition comprenant : (a) un premier gaz diélectrique choisi d'un groupe constitué de gaz électro-négatifs, de gaz électropositifs et leurs mélanges, et caractérisé par (b) un second fluide comprenant un liquide atomisé
15 sous forme de gouttelettes, ledit liquide étant choisi d'un groupe constitué par les liquides chlorés, les liquides fluorocarbonés et leurs mélanges, la dimension des gouttelettes étant inférieure approximativement à 30 microns (μ).

Selon un mode de réalisation préféré, une composition
20 de fluide diélectrique comprend un mélange de deux fluides dont l'un est choisi dans un groupe constitué par des gaz électro-négatifs, tels que SF_6 , CCl_2F_2 , C_2F_6 , CF_3Cl , et CF_4 et leurs mélanges; ou d'un autre groupe constitué de gaz électropositifs tels que N_2 et CO_2 et leurs mélanges; ou bien des mélanges
25 des deux groupes. L'autre constituant du mélange est un liquide atomisé qui peut être un liquide chloré tel que le tétrachloréthylène (C_2Cl_4) ou un liquide fluorocarboné tel que le perfluorodibutyléther ($\text{C}_8\text{F}_{16}\text{O}$) ou leurs mélanges.

L'avantage d'une telle composition de mélanges diélectriques, selon l'invention, est que la rigidité diélectrique du mélange fluide diélectrique atomisé-gaz isolant est considérablement plus grand que la rigidité diélectrique du gaz seul. De façon caractéristique, et à une pression d'un atmosphère, le mélange de gaz isolant-fluide diélectrique atomisé sera deux
30 fois aussi puissant que l'un des constituants, tandis que à des pressions inférieures d'environ 53 mb (mbare) (40 torre) le mélange sera plus de deux fois plus puissant que chacun des constituants seuls à la même pression. Premièrement, par suite de la découverte que cette composition de fluide peut avoir

une rigidité diélectrique élevée et étant donné que des gouttelettes atomisées peuvent être produites rapidement, un système de ce type donne une rigidité diélectrique améliorée pendant les démarrages à froid d'un transformateur d'énergie refroidie par la vapeur. Deuxièmement, étant donné que le fluide diélectrique peut être atomisé par un moyen acoustique en choisissant une puissance et une fréquence appropriées pour un transducteur piezo-céramique, on peut produire un jet de pulvérisation liquide et rendre ainsi possible de remplacer le système de vaporisation et la pompe utilisés dans le cas des transformateurs d'énergie, refroidie par la vapeur, de type conventionnel. Troisièmement, un système de liquide atomisé possède de bonnes caractéristiques de refroidissement.

Comme indiqué plus en détail ci-après, il apparaît qu'afin que les mélanges de gaz isolant-fluide diélectrique atomisé aient une rigidité diélectrique élevée, les gouttelettes doivent de préférence avoir un diamètre compris entre environ $0,1 \mu$ et environ 25μ .

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description ci-après du mode de réalisation préféré, discuté conjointement avec les dessins.

Sur ces dessins, la figure 1 représente une coupe verticale d'un transformateur d'énergie refroidie par la vapeur et par une fontaine acoustique;

la figure 2 montre des courbes indiquant la résistance au claquage électrique moyenne en fonction de la pression des mélanges de gaz isolant(s) et de fluides diélectriques atomisés par un procédé acoustique.

Sur la figure 2, l'abscisse représente la pression estimée en mbar et en torr et l'ordonnée représente le pic (maximum) de tension de claquage moyen exprimé en KV, pour un courant de 60 périodes (H_z); les électrodes ont un diamètre de 2 cm et ils sont espacés de 1 mm.

La figure 3 représente les courbes indiquant la résistance au claquage (rigidité diélectrique) en fonction de la température, pour un mélange de brume acoustique (fluide atomisé) de C_2Cl_4 et de gaz SF_6 , à différentes pressions.

Sur la figure 3, l'abscisse indique la température en degré celsius et l'ordonnée indique, comme pour la figure 2,

le pic de tension de claquage moyen exprimé en KV pour un courant de 60 périodes (H_z); les électrodes ont un diamètre de 2 cm et sont espacées de 1 mm.

La figure 4 montre les courbes indiquant la température de vapeur C_2Cl_4 et les tensions de claquage de mélanges de gaz SF_6 et de vapeur C_2Cl_4 pour le mélange de brume acoustique C_2Cl_4 et de SF_6 .

Sur la figure 4, l'abscisse indique la pression exprimée en mbar et en torr, l'ordonnée de gauche présente le pic de tensions de claquages exprimé en KV, pour un intervalle de 1 mm. L'ordonnée de droite indique les températures en degrés celsius.

On peut utiliser les compositions de mélange diélectrique décrits ci-après pour refroidir dans une enceinte un dispositif produisant de la chaleur, tel que par exemple un appareil produisant des rayons X, un radar ou un transformateur. A titre d'exemple, la figure 1 représente un transformateur d'énergie marqué 11 et comprend une enveloppe scellée 13, des enroulements électriques développant de la chaleur tels qu'un assemblage d'enroulements 15 et un réfrigérant à condensation 17. Le transformateur d'énergie 11 comprend également des moyens 19 pour la production de vibrations ultrasoniques. L'enveloppe 13 comprend une enceinte scellée formant une chambre intérieure 21 dans laquelle sont disposés le transformateur 15, le réfrigérant 17 et les moyens 19. L'enveloppe 13 est constituée d'un matériau rigide approprié tel que métal ou fibres de verre.

Le transformateur 15 comprend un noyau magnétique et un bobinage comportant des enroulements électriques 23 qui sont disposés en relation inductive avec le noyau magnétique 25. Pour éviter la surcharge, le dessin ne montre pas la structure de support ou les circuits électriques conduisant aux enroulements 23. Cependant, à titre d'exemple, une paire de bornes électriques est représentée.

Le réfrigérant 17 comprend plusieurs tubes 29 séparés par les espaces 31 à travers lesquels circulent les gaz ambiants tels que l'air, le réfrigérant 17 agissant comme échangeur de chaleur. La partie supérieure des tubes communique avec la partie supérieure de la chambre 21 et les parties inférieures communiquent avec la partie inférieure de ladite chambre. De la vapeur

et de la brume entrent par les parties supérieures des tubes et, après condensation s'écoulent dans la partie inférieure de la chambre pour être recyclées sous forme de vapeur, comme indiqué ci-après.

5 Le moyen 19 pour appliquer la vibration ultrasonique est disposé à l'extrémité inférieure de l'enveloppe 13 et comprend au moins un dispositif ou transducteur 33 produisant des ultrasons. A titre d'exemple, "PZT-4" produit par la division piezo-électrique de Vernitron Corporation, Bedford,
10 Ohio est un dispositif piezo-céramique approprié. La forme préférée pour le dispositif 33 est un moyen piezo-céramique ayant une configuration concave ou sous forme de bol afin de concentrer les vibrations d'ultrasons à la surface du liquide contenu dans ledit moyen piezo-céramique. Plusieurs, par exemple six, bols
15 ou organes en forme de bol, sont disposés dans la partie inférieure de l'enveloppe 13. Les organes 33 sont espacés l'un de l'autre et les espaces sont occupés par les récipients 35 qui, comme les organes 33, sont remplis avec le liquide isolant approprié 37. Les parties périphériques supérieures des bols 33
20 et des récipients 35 sont réunies, de manière étanche aux liquides, de façon que le niveau du liquide dans les organes et les récipients soit maintenu à une profondeur choisie à l'avance. Les récipients 35 sont remplis avec le liquide isolant 37 et servent de réservoir pour les organes 33. A mesure que le liquide se
25 condense dans le réfrigérant 17, il retourne dans les récipients 35 où il déborde dans les différents organes 33, maintenant ainsi un niveau de liquide approprié pour la production optimale de vapeur. Les organes 33 sont supportés au-dessus d'espaces remplis avec une matière ayant une faible impédance acoustique
30 par rapport aux fluides tels que l'air ou SF_6 . Plusieurs récipients 35 sont supportés sur une matière 41 telle que le tétrafluoroéthylène (connu sous la marque déposée Teflon).

 L'énergie est communiquée aux organes 33 par un dispositif d'alimentation de haute fréquence 42 à laquelle est
35 associé un dispositif d'impulsion 43. Un câble de transport 45 relie l'alimentation 42 et les organes 33 produisant les vibrations ultrasoniques. Les vibrations ultrasoniques produites par l'organe 33 sont dirigées et concentrées, par suite de leur

configuration sous forme de bol, sur la surface du liquide isolant 37. Il en résulte la cavitation du liquide 37 et sa vaporisation par les ondes de son de haute fréquence produites par la matière piezocéramique, ce qui a pour résultat d'agiter la surface du liquide et de le projeter vers le haut, formant une fontaine acoustique 47 de molécules de brume et de vapeur, dans la chambre 21 autour et au-dessus des enroulements 23 et du noyau 25 du transformateur, ainsi que sur les surfaces, interstices et ouvertures du transformateur.

10 Le diamètre préféré des organes 33 est d'environ 10 cm et leur épaisseur peut être choisie de façon qu'ils puissent opérer à une fréquence de l'ordre de 0,1 à environ 5 MHz. Ces organes sont pourvus avec un renforcement d'air ou de SF_6 de façon que l'énergie acoustique maximale est dirigée vers le point focal 49. Un arrangement des organes 33 peut comprendre six bols, également espacés, actionnés par une énergie à haute fréquence, d'environ 1 kilowatt. La puissance exacte introduite varie et l'arrangement des organes de focalisation ainsi que les fréquences opérationnelles dépendent d'autres facteurs tels que le liquide utilisé.

Un liquide approprié pouvant être utilisé est par exemple le tétrachloro-éthylène (C_2Cl_4).

Les fontaines acoustiques 47 peuvent fonctionner en continu avec le transformateur 15, alternativement suivant l'efficacité de pompage, une opération pulsée est possible avec un taux de répétition élevée, lorsque le transformateur est branché pour la première fois, des taux plus faibles étant utilisés plus tard lorsque le noyau et le bobinage sont aux températures de fonctionnement normal. Afin d'assurer la rigidité diélectrique appropriée de la microbrume au début de l'opération, les fontaines acoustiques de brume 47 peuvent être mises en route, par exemple environ 10 secondes avant la mise sous tension du transformateur, en utilisant un dispositif de réglage de temps. Les fontaines acoustiques 47 projettent à une hauteur d'environ 1 à 3 mètres et peuvent être utilisées conjointement avec des déflecteurs 51 placés de façon stratégique afin d'assurer une couverture appropriée des enroulements 23 et du bobinage 25.

A mesure que le transformateur continue de fonctionner, la microbrume et la vapeur remplissent l'intérieur de la chambre 21. La microbrume vaporise au contact des surfaces chaudes du noyau et des enroulements et la vapeur passe ensuite par le haut de la chambre dans le réfrigérant 17; lorsqu'il est en contact avec les tubes 29, la vapeur se condense, s'écoule en bas du réfrigérant et retourne sous forme liquide à la partie basse ou marais du transformateur pour être recyclé.

Selon l'invention, le liquide isolant 37 est une composition de fluide diélectrique comprenant un mélange de deux fluides dont l'un est choisi dans le groupe formé par les gaz électronégatifs tels que SF_6 , CCl_2F_2 , C_2F_6 , CF_3Cl et CF_4 et leurs mélanges; ou d'un autre groupe constitué de gaz électropositifs tels que N_2 et CO_2 et leurs mélanges; ou d'un mélange de ces deux groupes. L'autre fluide du mélange est choisi du groupe formé de liquides atomisés qui peuvent être des liquides chlorés tels que C_2Cl_4 (tétrachloréthylène), ou des liquides fluorocarbonés tels que $\text{C}_8\text{F}_{16}\text{O}$ (perfluorodibutyléther) ou leurs mélanges; Le mélange de SF_6 et de C_2Cl_4 constitue un exemple préféré de la composition fluide diélectrique. L'utilisation de fluide diélectrique atomisé-gaz isolant pour l'isolation est important car ce tels mélanges ont une rigidité diélectrique élevée et attendu que les gouttelettes atomisées sont formées rapidement, un tel mélange améliore la rigidité diélectrique, pendant le départ à froid d'un transformateur refroidi à la vapeur. En outre, étant donné que le fluide diélectrique peut être atomisé acoustiquement, un jet liquide ou une vaporisation est facilement produit avec un choix approprié de puissance et de fréquence. Il en résulte qu'il est possible d'éliminer le système de vaporisation conventionnelle et la pompe utilisée dans les transformateurs d'énergie classiques refroidis à la vapeur de construction antérieure. En outre, un système de liquide atomisé présente des caractéristiques de refroidissement supérieures.

En ce qui concerne la rigidité diélectrique des mélanges fluides diélectriques atomisés-gaz isolants, les données de tension de claquage sont illustrées sur les figures 2 et 3. Dans ces illustrations le fluide diélectrique atomisé est le tétra-

chloro-éthylène (C_2Cl_4) et les gaz isolants utilisés sont l'hexafluorure de soufre (SF_6) et l'air. Comme l'atomisation est mise en oeuvre par voie acoustique, les mélanges sont appelés brume acoustique C_2Cl_4 plus SF_6 . L'invention englobe également d'autres méthodes d'atomisation de fluide et la dimension des gouttelettes résultantes fournissent une résistance de claquage électrique élevée en combinaison avec le premier gaz (qui peut être SF_6). Les courbes de tension de claquage sur la figure 2 comprennent des mélanges de brume acoustique C_2Cl_4 plus SF_6 (courbe supérieure), la brume acoustique C_2Cl_4 plus air (deuxième courbe en commençant par le haut), le gaz SF_6 (troisième courbe en commençant par le haut) et l'air (courbe inférieure) pour un intervalle de pression d'environ 53 mbars (40 torr) à environ 973 mbars (730 torr).

La figure 3 représente des courbes concernant la brume acoustique C_2Cl_4 dans SF_6 à une atmosphère (courbe supérieure à traits pleins), SF_6 à une atmosphère au-dessus de C_2Cl_4 liquide (courbe supérieure à traits interrompus), brume acoustique C_2Cl_4 dans SF_6 à 1/4 atmosphère (courbe inférieure à traits pleins) et SF_6 à 1/4 atmosphère au-dessus de C_2Cl_4 liquide (courbe inférieure à traits interrompus), dans un intervalle de température de -20 à $+25^\circ C$.

A une pression d'une atmosphère (figure 2), le mélange de brume acoustique C_2Cl_4 et de SF_6 possède une résistance de claquage qui est le double de celle de SF_6 à une pression similaire, alors qu'à la pression d'environ 53 mbars (40 torr), le mélange a une rigidité diélectrique 10 fois de celle de SF_6 à la même pression. La figure 3 montre que la rigidité diélectrique élevée du mélange brume acoustique C_2Cl_4 plus SF_6 est maintenue dans l'intervalle de température de -20 à $+25^\circ C$. Aussi, la résistance au claquage à un intervalle de 1 mm, dans une atmosphère de SF_6 au-dessus de C_2Cl_4 liquide, dans un récipient fermé, est d'environ 15 kVpk à $-20^\circ C$, comparativement à la résistance au claquage de SF_6 seul à une atmosphère (figure 2) qui est d'environ 9 kVpk. En effet, les essais montrent qu'en saturant SF_6 avec de la vapeur C_2Cl_4 , à une atmosphère, la résistance au claquage de SF_6 est améliorée de plus de 60%.

Les données de tension de claquage sont présentées sur la figure 4 pour un espacement de 1 mm, dans un intervalle de pression allant d'environ 133 mbars (100 torr) à une atmosphère soit environ 973 mbars (environ 730 torr), pour le gaz SF₆, la vapeur C₂Cl₄ et la brume acoustique C₂Cl₄ plus SF₆.

Sur la figure 4, la courbe supérieure représente la pression de vapeur de C₂Cl₄ (prise des tables) alors que les signes x représentent la température mesurée du liquide. En-dessous de cette courbe, les signes marqués ooo représentent la température de vapeur mesurée. La flèche horizontale coupant la courbe supérieure correspond à 5 heures, N 80 Watts, ~ 700 cm³ liquide. La zone hachurée au milieu de la figure, correspond à une brume acoustique C₂Cl₄ 1 MHz dans SF₆ à 25°C. La courbe inférieure correspond à SF₆ à 25°C. La courbe immédiatement au-dessus correspond à la vapeur C₂Cl₄ calculée d'après la formule :

$$V_2 = V_1 \cdot e^{\frac{P_2 - P_1}{P}} \quad \text{où } P = 973 \text{ mbar (730 torr)}$$

Les signes ooo sur cette courbe correspondent à des valeurs mesurées.

La vapeur C₂Cl₄ a une rigidité diélectrique supérieure à celle de SF₆ et la brume acoustique C₂Cl₄ plus SF₆ a une rigidité diélectrique supérieure à celle de la vapeur C₂Cl₄. De façon spécifique, à une atmosphère, la vapeur C₂Cl₄ a une rigidité d'environ 60% supérieure à celle de SF₆ et la brume acoustique C₂Cl₄ plus SF₆ a une rigidité diélectrique environ du double de celle de SF₆. Les essais de résistance au claquage électrique réalisés par rapport à l'invention englobent des essais de claquage à 60 Hz où les valeurs du pic de claquage en kv ont été enregistrés ainsi que des essais d'impulsion, utilisant des ondes d'impulsion standard 1,5 x 40 pour enregistrer les valeurs kv pour résistance complète.

Les mesures de pression de vapeur/température pour C₂Cl₄ sont également illustrées (figure 4) et montrent qu'une puissance d'environ 80 watts est nécessaire pour chauffer 700 cm³ de C₂Cl₄ fluide, afin d'obtenir une pression de vapeur d'environ 533,33 mbars (400 torr) en 4 heures (10⁵ joules d'énergie). La courbe tension de claquage en fonction de la pression pour C₂Cl₄ peut être calculée d'après la formule

suivante :

$$V_2 = V_1 \cdot e^{\frac{P_2 - P_1}{P}} \quad \text{où } P = 973 \text{ mbar (730 torr)}$$

- On sait depuis 1889 (K. Natterer, Anal. Phys. Chem. 88 663, 1889) que les vapeurs de tétrachlorure de carbone (CCl_4) peuvent augmenter la rigidité diélectrique de l'air à la pression atmosphérique. De plus, on sait que les vapeurs de tétrachloréthylène (C_2Cl_4) augmentent la résistance diélectrique de SF_6 , à une atmosphère, d'environ 50%. Ces résultats sont probablement dus à la densité augmentée du "gaz" à mesure que les vapeurs s'y mélangent. En outre, le brevet US n° 4 162 227 indique que la résistance diélectrique d'un mélange de deux ou de plusieurs gaz peut être supérieure à la résistance diélectrique de chacun des gaz, à la même température et pression, pourvu que la résistance diélectrique de l'un ou de plusieurs de ces gaz augmente moins que linéairement lorsqu'on augmente la pression.

- On a découvert de façon expérimentale que de petites quantités de vapeur C_2Cl_4 augmentent la rigidité diélectrique du gaz SF_6 et la technique de vaporisation décrite ci-dessus représente un procédé rapide pour introduire la vapeur dans un gaz, comme indiqué ci-après.

- La pression de vapeur associée à des gouttelettes liquides est supérieure à la pression de vapeur saturée (PVS) au-dessus du liquide et sa valeur peut être calculée d'après l'équation ci-après de Lord Kelvin:

$$\ln \frac{P}{P_0} = \frac{2M\sigma}{RT\rho r}$$

- où P_0 représente la pression de vapeur saturée au-dessus d'une surface plane; P représente la pression de vapeur saturée à la surface des gouttelettes; M est le poids moléculaire des gouttelettes, σ est la tension de surface des gouttelettes, exprimée en dyne-cm; ρ est la densité des gouttelettes en g/cm^3 ; R est le constant des gaz et T est la température absolue exprimée en $^\circ\text{K}$; et r est le rayon des gouttelettes en cm.

La pression de vapeur saturée pour les gouttelettes d'eau et C_2Cl_4 à 20°C , ayant un diamètre de $0,002 \mu$ à 100μ , dans l'air, figure sur le tableau 1 ci-après :

TABLEAU 1

PRESSION DE VAPEUR DE GOUTTELETTES D'EAU ET DE C_2Cl_4 DANS
L'AIR (25°C)

5	Diamètre des gouttelettes (μ)	0,002	0,02	0,2	2,0	30	100
	Rayon des gouttelettes (cm)	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	15×10^{-4}	5×10^{-3}
10	P/P ₀ des gouttelettes dans l'air	3,16	1,13	1,012	1,001	1.00008	1.000024
15	P/P ₀ gouttelet- tes C_2Cl_4 dans l'air	13,74	1,30	1,027	1,0026	1.00026	1.000026

La pression de vapeur saturée dans un gaz au-dessus d'un liquide, et la pression de vapeur saturée de gouttelettes de liquide dans le gaz sont des facteurs qui déterminent le taux d'évaporation de la gouttelette et sa stabilité. Pour que, par exemple, une gouttelette de C_2Cl_4 ayant un diamètre de 0,2 μ soit stabilisée dans l'air, la vapeur associée à la gouttelette doit être sursaturée à 1,027 (tableau 1). Autrement dit, à 25°C, le PVS pour C_2Cl_4 est d'environ 24 mbars (18 torr) ou d'environ 24,66 mbars (18,5 torr). Si ces conditions ne sont pas réalisées, la gouttelette va s'évaporer. Comme des gouttelettes de 0,2 μ de diamètre n'augmentent le PVS que d'environ 3% et que l'influence d'une gouttelette de 30 μ de diamètre sera seulement d'environ 0,01%, il y aura une influence minimale sur la résistance au claquage de la vapeur par sursaturation. Cependant, ces considérations de pression de vapeur expliquent une fonction de la brume acoustique C_2Cl_4 dans SF_6 . Probablement, les gouttelettes de C_2Cl_4 ayant de 1 à 10 μ , dans le gaz SF_6 , vont s'évaporer jusqu'à ce que le gaz soit sursaturé et que le diamètre de gouttelette soit stable. Ceci est probable pour des gouttelettes ayant un diamètre moyen d'environ 5 μ tombant lentement (0,25 cm/seconde) mais non pour des gouttelettes d'approximativement 30 μ qui tombent à une vitesse de près de 2,5 cm/seconde. On peut s'attendre à ce que l'action d'une brume acoustique de

C_2Cl_4 saturant SF_6 entraîne une augmentation de la résistance au claquage d'environ 50% à 25°C (figure 4). On a trouvé au cours des essais qu'après un "tir" de brume acoustique de C_2Cl_4 dans le gaz SF_6 et après que les gouttelettes
 5 déposées soient retournées dans la masse de liquide principal, la résistance au claquage de SF_6 s'est améliorée d'environ 50%.

La saturation de SF_6 avec du C_2Cl_4 plus vapeur par la brume acoustique explique partiellement la rigidité diélectrique élevée du mélange brume acoustique C_2Cl_4 plus SF_6 , mais le cla-
 10 quage dans la brume plus vapeur plus SF_6 est supérieure au claquage de vapeur plus SF_6 (figure 4). Une autre augmentation de la résistance est probablement due à la capture d'électrons par les gouttelettes.

Les mesures approximatives du diamètre des gouttelettes
 15 de brume acoustique de C_2Cl_4 ont été faites à la fois au microscope et par calcul en utilisant la loi de Stoke et des mesures de vitesse de descente des gouttelettes. Les gouttelettes de brume C_2Cl_4 qui augmentaient la résistance au claquage élec-
 20 trique de SF_6 se trouvaient dans l'intervalle de 1 à 10 μ de diamètre avec un moyen approximatif de 7 μ . Les gouttelettes de brume qui n'ont pas produit une augmentation de la résis-
 25 tance au claquage électrique de SF_6 ou même qui l'ont réduit semblent avoir un diamètre égal ou supérieur à 30 μ . Les dimensions de gouttelettes qui conviennent correspondent à un
 diamètre d'environ 0,1 μ à environ 25 μ et la gamme préférée est d'environ 1 μ à environ 10 μ . Les brumes les meilleures sont très denses et la densité de brume en gouttelettes/cm³ n'a pas été mesurée mais une estimation raisonnable est faite d'après la littérature et les exemples figurent sur le tableau 2 ci-après:

TABLEAU II

		Diamètre moyen des gouttelettes (μ)	Gouttelettes par cm ³	Distance exprimée entre les gouttelettes (μ)
Masse/cm ³				
2,3 μ gm.	Nuage de pluie :	33	120	2000
0,63 μ gm	Brume marine dense:	10	1200	1000
10,0 μ gm	Brume acoustique NaCl 1,2 mHz.	5	2 x 10 ⁵	180

Il résulte du tableau II que les brumes acoustiques sont extrêmement denses, mais avec une distance entre les gouttelettes d'environ $180\text{ }\mu$, les dimensions n'approchent pas le libre parcours moyen d'électrons qui serait au maximum d'environ $1\text{ }\mu$.

- 5 Bien que la densité de brume n'approche pas la densité des molécules de gaz, on pense qu'avec 2 fois 10^5 gouttelettes/cm³, il y a une forte probabilité de capturer des électrons avant qu'une avalanche d'électrons puisse se former et conduire à un claquage électrique.
- 10 L'hypothèse faite pour l'observation dans les essais conduits, est que la rigidité diélectrique élevée de la brume acoustique $\text{C}_2\text{Cl}_4 + \text{SF}_6$ est due à la combinaison de la rigidité du mélange gaz-vapeur et à la capture d'électrons par les gouttelettes de brume C_2Cl_4 .

REVENDICATIONS

1. Composition de fluide diélectrique comprenant le mélange :

5 (a) d'un premier gaz diélectrique choisi dans le groupe formé par les gaz électronégatifs, les gaz électropositifs et leurs mélanges, et caractérisée par :

10 (b) la présence d'un second fluide comprenant un liquide atomisé sous forme de gouttelettes, ledit liquide étant choisi dans un groupe formé par les liquides chlorés, les liquides fluorocarbonés et leurs mélanges, la dimension des gouttelettes étant inférieure à environ 30 microns (μ).

2. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le premier gaz est SF_6 .

15 3. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le premier gaz est CCl_2F_2 .

4. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le premier gaz est C_2F_6 .

5. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le premier gaz est CF_3Cl .

20 6. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le premier gaz est CF_4 .

7. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le premier gaz est N_2 .

25 8. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le premier gaz est CO_2 .

9. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le second fluide est un fluide fluorocarboné.

10. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le second fluide est un liquide chloré.

30 11. Composition selon la revendication 10, caractérisée par le fait que le second fluide est C_2Cl_4 .

12. Composition selon la revendication 9, caractérisée par le fait que le second fluide est $\text{C}_8\text{F}_{16}\text{O}$.

35 13. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le second fluide est une microbrume contenant des gouttelettes ayant un diamètre d'environ 0,1 micron à environ 25 microns.

14. Composition selon la revendication 13, caractérisée par le fait que la dimension des gouttelettes est d'environ 0,1 micron à environ 10 microns.

5 15. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le second fluide a un facteur de densité d'environ 2×10^3 à environ 2×10^5 gouttelettes par cm^3 .

16. Composition selon la revendication 1, caractérisée par le fait que ledit mélange de fluide a une pression allant d'environ 53 mbars (40 torr) à environ 973 mbars (730 torr).

1/3

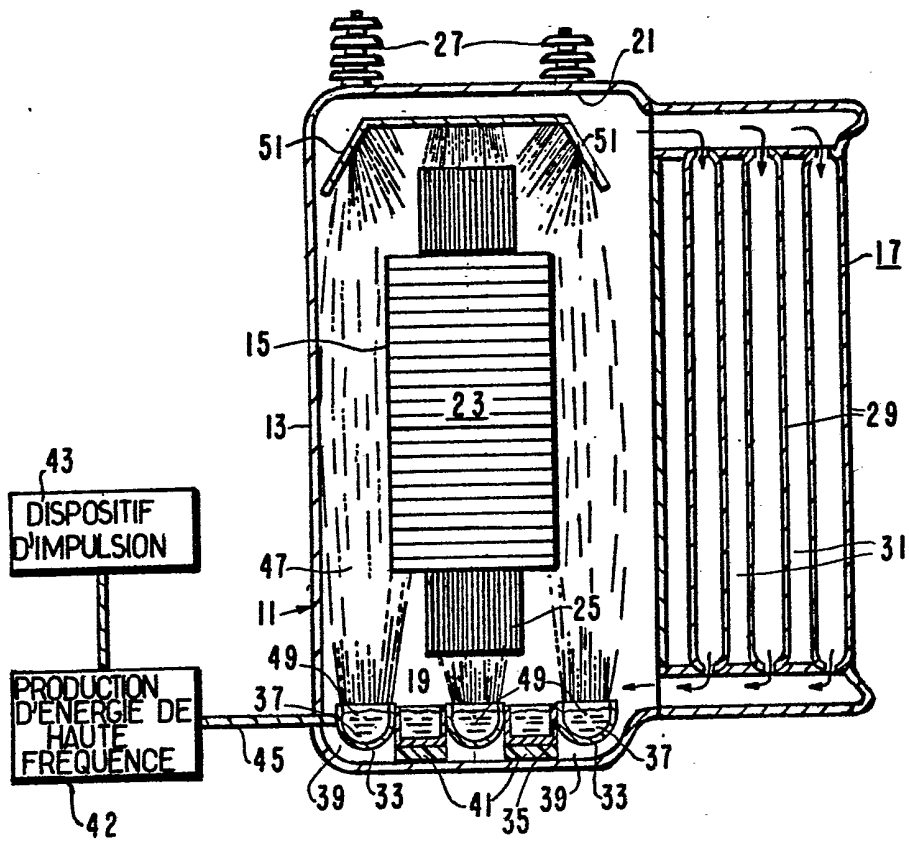


FIG. 1.

2/3

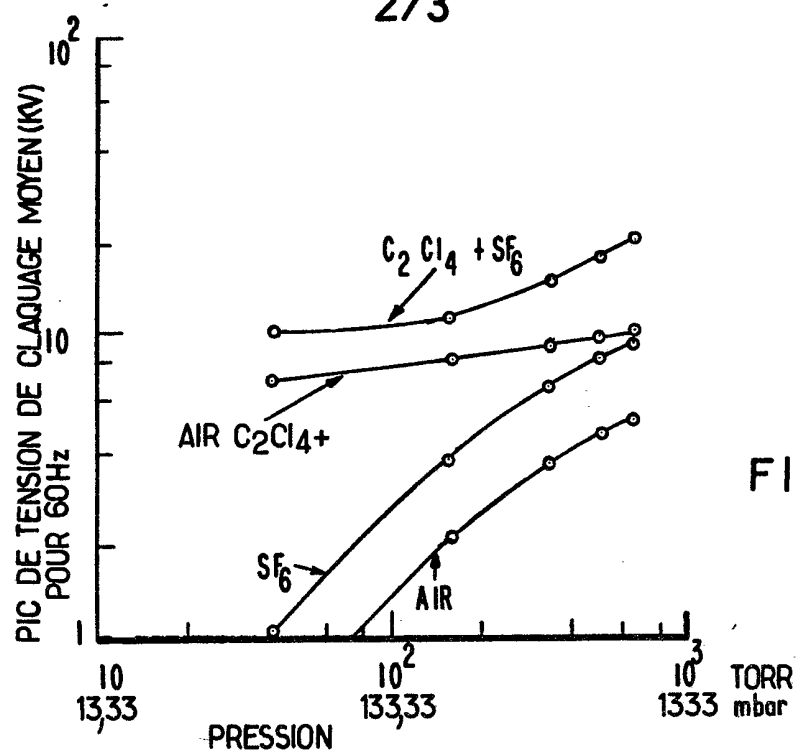


FIG. 2.

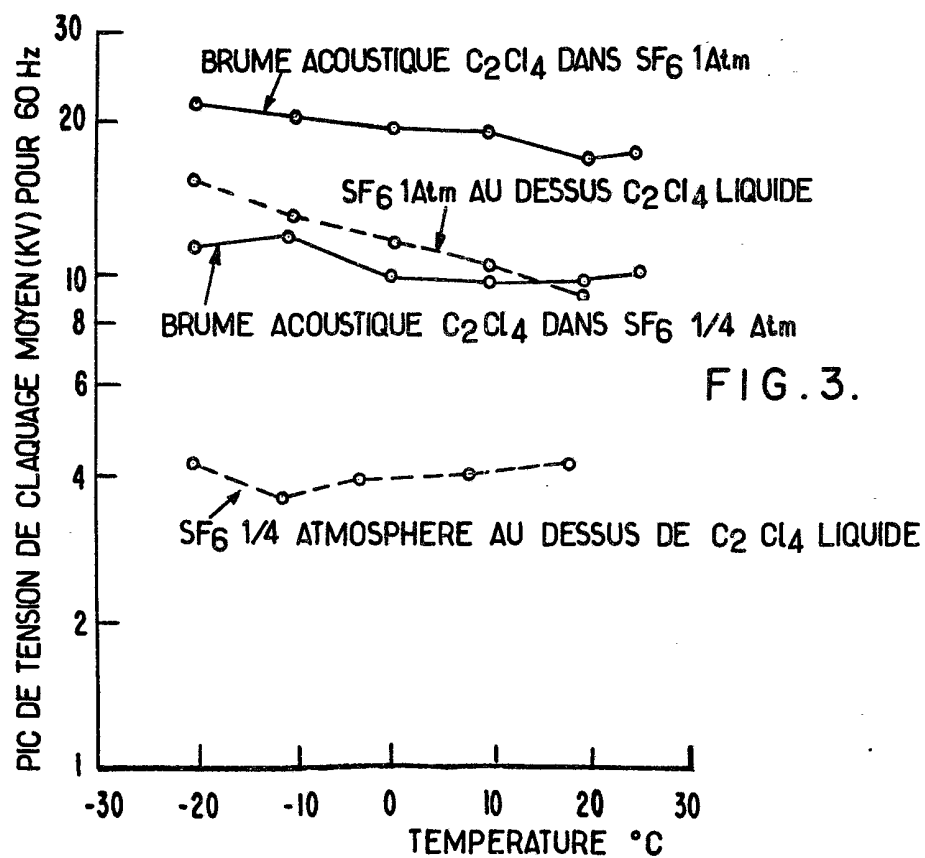


FIG. 3.

3/3

