

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 050 654**

②① N° d'enregistrement national : **16 53724**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **B 01 D 53/18 (2016.01), B 63 H 21/32, F 01 N 3/04**

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ PROCÉDE ET INSTALLATION D'ÉPURATION PAR VOIE HUMIDE DES FUMÉES D'ÉCHAPPEMENT D'UN MOTEUR D'UN NAVIRE MARIN.

②② Date de dépôt : 27.04.16.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 03.11.17 Bulletin 17/44.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 12.02.21 Bulletin 21/06.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : LAB SA — FR.

⑦② Inventeur(s) : SIRET BERNARD et TABARIES  
FRANK.

⑦③ Titulaire(s) : LAB SA.

⑦④ Mandataire(s) : LAVOIX.

**FR 3 050 654 - B1**



## Procédé et installation d'épuration par voie humide des fumées d'échappement d'un moteur d'un navire marin

5 La présente invention concerne un procédé et une installation d'épuration par voie humide des fumées d'échappement d'un moteur d'un navire marin.

Les navires marins, qu'ils soient des paquebots ou d'autres navires, utilisent surtout du fioul comme carburant pour les moteurs diesels assurant leur propulsion. Ce fioul contient jusqu' à 5% en masse de soufre, le plus souvent entre 0,5 et 3,5% en masse. Lors du processus de combustion dans les moteurs, ce soufre est transformé en dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Par conséquent, les fumées d'échappement de ces moteurs sont acides.

15 Les réglementations maritimes en vigueur obligent, dans certaines zones, à limiter le rejet par la cheminée des navires à un équivalent de 0,1% en masse de soufre dans le fioul. En pratique, la valeur limite de rejet dépend de la zone de navigation : près des côtes ou bien dans un port, les émissions de dioxyde de soufre doivent être moindres qu'en pleine mer. Il faut noter que même au port, un paquebot de croisière doit continuer à faire fonctionner ses moteurs pour subvenir au besoin en électricité à bord et donc, potentiellement, émet du dioxyde de soufre. Pour se conformer aux réglementations, il est donc nécessaire que le navire intègre des moyens pour réduire les émissions de dioxyde de soufre de ses fumées avant de rejeter ces dernières à l'atmosphère. Plusieurs solutions sont envisageables.

On peut tout d'abord réduire la teneur en soufre du fioul utilisé, voire utiliser du gaz liquéfié, ce qui amène immédiatement une réduction des émissions de dioxyde de soufre. Toutefois, le fioul à très basse teneur en soufre ou le gaz liquéfié est onéreux, de sorte que cette approche n'est pas économique.

25 Une autre approche consiste à utiliser un laveur humide, dans lequel est dispersé un réactif de neutralisation comme la soude. Cependant, les quantités de soude à prévoir sont importantes, puisque le flux de dioxyde de soufre à traiter peut atteindre 500 kg par heure et par laveur pour les très gros paquebots. Outre le prix de la soude, il faut prévoir son stockage et prendre en considération son caractère très caustique et donc dangereux.

30 Aussi, laver les fumées d'échappement est plus souvent opéré avec de l'eau de mer. Cette technique, qui est mise en œuvre par des laveurs utilisant l'alcalinité naturelle de l'eau de mer pour neutraliser le dioxyde de soufre, est connue et maîtrisée, tout particulièrement pour les centrales de production d'énergie situées en bord de mer. En pratique, deux technologies existent.

Une première technologie repose sur la mise en œuvre de laveurs utilisant un garnissage. Ce garnissage est soit constitué d'anneaux ou d'internes, introduits en vrac dans la tour du laveur, soit prévu avec un caractère structuré, c'est-à-dire que le garnissage présente un motif se répétant structurellement dans l'espace. En termes d'efficacité de transfert, c'est-à-dire de capacité à capter le dioxyde de soufre ramené au volume utilisé dans le laveur, ces garnissages sont très bons. Cependant, deux limitations sont à considérer. D'une part, la perte de charge qu'induisent les garnissages peut être importante : pour le cas où les laveurs doivent être placés en aval d'un moteur diesel, cela oblige à utiliser un ventilateur pour vaincre cette perte de charge, ce qui coûte de l'énergie et un investissement supplémentaire. D'autre part, les fumées issues d'un moteur diesel sont très chaudes et, malgré la présence d'un dispositif de trempe, il faut prévoir le cas où, suite à un dysfonctionnement, des fumées très chaudes et non refroidies, par exemple à plus de 200°C, entrent dans le laveur. Un by-pass n'étant pas toujours envisageable, il faut, a minima, que le laveur et son garnissage puissent supporter une marche à sec, et donc que leurs constituants résistent à des températures au-delà de 200°C. Ceci oblige à sélectionner, pour le laveur et son garnissage, des matériaux tenant à la température. Ceci étant, dans le cas des laveurs embarqués à bord de navires, le milieu marin, qui est riche en chlorure, qui est acide et qui est réducteur, est fortement corrosif de sorte que le coût du garnissage en est substantiellement impacté.

La seconde technologie utilisant l'eau de mer pour réduire les oxydes de soufre contenus dans des fumées, est très utilisée dans les centrales qui produisent de l'énergie à terre : cette seconde technologie consiste à utiliser des laveurs vides, dans lesquels l'eau de mer est dispersée. Cette dispersion peut être opérée soit sous forme d'une pluie, comme représenté très schématiquement sur la figure 1, soit sous forme de voiles de liquide, comme enseigné dans FR 1 231 173 et comme représenté très schématiquement sur la figure 2.

Dans la situation connue de la figure 1, des fumées à épurer F sont introduites dans le bas d'un laveur V, par une cheminée C centrée sur le fond du laveur. En tête du laveur V, des buses D distribuent un liquide de lavage L sous forme d'une pluie tombant vers le bas, à contre-courant des fumées F circulant vers le haut à l'intérieur du laveur.

Dans la situation connue de la figure 2, des fumées à épurer F sont également introduites dans le bas d'un laveur V, par une cheminée C centrée sur le fond du laveur. Au centre du laveur V, un pulvérisateur P projette un liquide de lavage sous forme de voiles, depuis la région d'un axe géométrique central ZV du laveur V vers la paroi périphérique de ce laveur.

Les solutions des figures 1 et 2 présentent toutes les deux des avantages. Elles sont simples et, dans le mesure où le laveur V est vide, la perte de charge y est faible, comparativement à une solution utilisant un garnissage interne au laveur. De plus, elles sont économiques, quoique, dans la mesure où la capacité de transfert est moindre que pour un laveur utilisant un garnissage, la hauteur du laveur V va être plus importante. Enfin, le laveur V étant essentiellement vide, on n'a pas à se soucier des constituants du garnissage, en particulier de leur tenue à la corrosion et à la température, ainsi que leur encrassement. Toutefois, la faiblesse de la perte de charge, qui est un avantage important du point de vue opératoire, rend problématique la distribution des fumées F à l'intérieur du laveur V. En effet, dans le cas de l'installation de la figure 1, toute instabilité, qu'elle soit due aux mouvements du navire, à une petite distorsion dans la distribution du liquide de lavage, par exemple en raison du bouchage de certaines des buses D, ou même à des instabilités au sens de la théorie du chaos, va conduire à ce que les fumées à traiter F se concentrent d'un côté du laveur V tandis que le liquide de lavage se déporte du côté opposé du laveur, comme montré schématiquement sur la figure 1 : les fumées F présentent alors, à l'intérieur du laveur V, un profil de vitesse asymétrique et déséquilibré, qui n'est d'ailleurs pas forcément stable dans le temps, un effet de balancier pouvant en effet apparaître par exemple au gré des mouvements externes du laveur. Quant au cas de l'installation de la figure 2, les fumées à épurer F vont, par transfert de quantité de mouvement du liquide de lavage vers ces fumées F, progressivement s'écarter de l'axe central ZV, en se concentrant contre la paroi périphérique du laveur V comme montré schématiquement sur la figure 2 : le profil de vitesse des fumées F subit alors une distorsion qui le rend inhomogène. Dans les deux cas, malgré l'introduction centrée des fumées F en bas du laveur V, l'hétérogénéité du profil de vitesse des fumées F, à l'intérieur du laveur V, est telle que le rapport liquide sur gaz, c'est-à-dire le rapport de la quantité du liquide de lavage sur la quantité des fumées, présents à un endroit donné à l'intérieur du laveur V, est inhomogène au sein du laveur, entraînant une perte d'efficacité importante pour l'épuration des fumées F.

Le but de la présente invention est de proposer un arrangement d'un laveur, qui vise à remédier à ses inconvénients, sur la base d'une mise en œuvre astucieuse et peu onéreuse.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'épuration par voie humide des fumées d'échappement d'un moteur d'un navire marin, dans lequel des fumées à épurer sont admises dans un laveur par une cheminée verticale qui débouche de manière sensiblement centrée dans le fond du laveur,

et dans lequel les fumées circulent vers le haut à l'intérieur du laveur et y rencontrent successivement :

- un dispositif de protection, qui protège le débouché aval de la cheminée contre l'introduction de liquide tout en maintenant la circulation des fumées,

5 - un dispositif de pulvérisation, qui projette un premier liquide de lavage, sous forme de voiles de liquide, depuis sensiblement un axe géométrique central du laveur vers la paroi périphérique du laveur, puis

10 - un dispositif de distribution, qui distribue un second liquide de lavage sous forme d'une pluie tombant vers le bas dans un volume libre du laveur, ménagé entre le dispositif de pulvérisation et le dispositif de distribution.

L'invention a également pour objet une installation d'épuration par voie humide des fumées d'échappement d'un moteur d'un navire marin, laquelle installation comprend :

15 - un laveur dans le fond duquel débouche de manière sensiblement centrée une cheminée verticale d'admission des fumées à épurer dans le laveur,

- un dispositif de protection, qui est adapté pour protéger le débouché aval de la cheminée contre l'introduction de liquide tout en laissant passer les fumées sortant de la cheminée,

20 - un dispositif de pulvérisation, qui est adapté pour projeter un premier liquide de lavage, sous forme de voiles de liquide, depuis sensiblement un axe géométrique centrale du laveur vers la paroi périphérique du laveur, et

- un dispositif de distribution, qui est adapté pour distribuer un second liquide de lavage sous forme d'une pluie tombant vers le bas dans un volume libre du laveur, ménagé entre le dispositif de pulvérisation et le dispositif de distribution,

25 le dispositif de protection, le dispositif de pulvérisation et le dispositif de distribution étant agencés à l'intérieur du laveur, de manière que les fumées, sortant de la cheminée et circulant vers le haut à l'intérieur du laveur, rencontrent successivement le dispositif de protection, le dispositif de pulvérisation puis le dispositif de distribution.

30 Grâce à l'invention, les fumées à traiter, qui traversent le laveur de bas en haut, présentent un profil de vitesse aussi plat que possible, assurant ainsi une épuration très efficace de ces fumées par les premier et second liquides de lavage dispersés dans le laveur. De plus, la mise en œuvre de l'invention reste économique, en s'appuyant sur des aménagements qui, individuellement, sont simples à installer et opérer.

35 Suivant des caractéristiques additionnelles avantageuses du procédé et de l'installation conformes à l'invention, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- avant de rencontrer le dispositif de protection, les fumées sont mises en rotation à l'intérieur du laveur en circulant au travers d'un dispositif de mise en rotation ;

5 - la section transversale du laveur au-dessous du dispositif de distribution étant constituée d'une partie centrale et d'une partie périphérique qui ont la même aire, la densité de distribution du second liquide de lavage sur ladite partie centrale, c'est-à-dire le flux du second liquide de lavage qui est distribué par le dispositif de distribution dans ladite partie centrale et qui est ramené à l'aire de ladite partie centrale, est au plus 0,9 fois la densité de distribution du second liquide de lavage sur ladite partie périphérique, c'est-à-dire le flux du second liquide de lavage qui est distribué par le dispositif de distribution dans ladite partie périphérique et qui est ramené à l'aire de ladite partie périphérique ;

10 - le dispositif de pulvérisation comprend un pulvérisateur ou plusieurs pulvérisateurs agencés de manière étagée suivant l'axe central du laveur, et le dispositif de distribution comprend des distributeurs répartis sur un ou plusieurs étages ;

15 - l'installation comprend en outre un dispositif de mise en rotation, qui est adapté pour être traversé par les fumées sortant de la cheminée de manière à mettre en rotation ces fumées à l'intérieur du laveur avant qu'elles ne rencontrent le dispositif de distribution ;

20 - le dispositif de mise en rotation comprend des aubes de déflexion des fumées, qui sont réparties autour de l'axe central du laveur et qui sont notamment prévues en six à dix exemplaires ;

- le dispositif de protection est constitué d'un chapeau chinois, c'est-à-dire d'un cône présentant un demi-angle au sommet d'au moins  $60^\circ$  ;

25 - le dispositif de protection comprend un cône sommital et un ou plusieurs troncs de cône coaxiaux et superposés, qui est ou sont surmonté(s) de manière coaxiale par le cône sommital, ce cône sommital et ce ou ces troncs de cône présentant tous un demi-angle au sommet d'au moins  $60^\circ$  ;

30 - l'installation comprend en outre un dévésiculeur qui est agencé à l'intérieur du laveur de manière à être traversé par les fumées après qu'elles aient rencontré le dispositif de distribution.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

35 - les figures 1 et 2 sont des vues schématiques d'installations d'épuration qui relèvent de l'art antérieur et qui ont été décrites plus haut ;

- la figure 3 est une vue schématique d'une installation d'épuration conforme à l'invention, mettant en œuvre un procédé d'épuration conforme à l'invention ;

- la figure 4 est une vue en élévation d'un mode de réalisation d'un dispositif appartenant à l'installation de la figure 3 ;

- la figure 5 est une vue en élévation selon la flèche V de la figure 4 ;

5 - la figure 6 est une vue analogue à la figure 4, illustrant un mode de réalisation alternatif du dispositif de la figure 4 ;

- la figure 7 est une vue en élévation selon la flèche VII de la figure 6 ;

- la figure 8 est une vue en perspective détaillée d'un autre dispositif appartenant à l'installation de la figure 3 ; et

- la figure 9 est une section schématique selon la ligne IX-IX de la figure 3.

10 Sur la figure 3 est représentée une installation permettant d'épurer des fumées d'échappement 1 d'un moteur diesel assurant la propulsion d'un navire marin sur lequel est embarquée cette installation. Les fumées 1 contiennent des oxydes de soufre, en particulier du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>).

15 Au niveau de l'installation de la figure 3, les fumées 1, qui proviennent de la sortie d'échappement du moteur précité et qui peuvent avoir fait l'objet d'une dénitrification préalable, sont introduites dans un laveur de désulfuration 100 par une cheminée 200.

20 Comme représenté schématiquement sur la figure 3, le laveur 100 se présente globalement sous la forme d'une tour qui, en service, s'étend en longueur à la verticale. A sa base, le laveur 100 présente un fond 101 depuis lequel s'élève une paroi périphérique 102 du laveur, se terminant par un sommet 103. La paroi périphérique 102 du laveur 100 définit un axe géométrique central Z100 qui, lorsque le laveur 100 est en service, s'étend à la verticale.

25 On notera que le laveur 100 est vide, dans le sens où il est dépourvu d'un garnissage interne, tel que des anneaux ou des internes évoqués dans la partie introductive du présent document.

30 La cheminée 200, qui est réalisée par exemple sous la forme d'une gaine ou d'un conduit similaire, est agencée au-dessous du laveur 100 et s'étend de manière sensiblement verticale de manière à déboucher dans le fond 101 du laveur 100. L'extrémité aval de la cheminée 200 traverse la paroi constitutive du fond 101 de manière centrée sur l'axe central Z100 du laveur 100, de sorte que le débouché aval 201 de la cheminée 200, qui relie le reste de la cheminée au fond 101 du laveur 100, est sensiblement coaxial à la paroi périphérique 102 du laveur. En service, les fumées d'échappement sont admises par la cheminée 200 dans le fond 101 du laveur 100, puis, une fois à l'intérieur de ce laveur, elles circulent, depuis le fond 101 de ce dernier, vers le haut, jusqu'à son sommet 103 d'où elles en sont évacuées, sous forme de fumées épurées 2.

35

Cette admission des fumées 1 par la cheminée verticale 200 est avantageuse pour l'installation de la figure 3, embarquée sur un navire, car cette disposition occupe moins d'espace qu'une introduction latérale des fumées dans un laveur, une telle introduction latérale étant commune pour des colonnes de lavage de centrales de production d'énergie à terre.

Pour donner un ordre de grandeur, et sans que cela soit de nature à limiter l'invention, le débit des fumées 1 est par exemple compris entre 50 000 et 200 000 Nm<sup>3</sup>/h et le diamètre de l'intérieur de la paroi périphérique 102 du laveur 100 est par exemple compris entre 3 et 6 m.

Selon une des caractéristiques de l'invention, le laveur 100 est intérieurement équipé, au niveau d'une partie basse de sa paroi périphérique 102, d'un dispositif de protection 300 dont la fonction est de protéger le débouché 201 de la cheminée 200 contre l'introduction de liquide à l'intérieur de cette cheminée, tout en laissant passer les fumées 1 sortant de la cheminée. Autrement dit, le dispositif de protection 300 empêche tout liquide tombant ou ruisselant depuis la région à l'aplomb du débouché 201 de pénétrer par gravité dans la cheminée 200 tout en permettant aux fumées 1 sortant de cette cheminée de contourner le dispositif de protection pour se répandre à l'intérieur du laveur 100. Le dispositif de protection 300 a une importance capitale, dans le sens où, pour des raisons de sécurité, une introduction de liquide dans la cheminée 200, avec une remontée possible de liquide vers le moteur diesel d'où s'échappent les fumées 1, ne peut pas être tolérée.

En pratique, diverses formes de réalisation sont envisageables pour le dispositif de protection 300. Des formes de réalisation assez ouvertes sont préférées, de manière à limiter la perte de charge au niveau du dispositif de protection 300. A cet effet, une forme de réalisation du dispositif de protection 300, qui est illustré par les figures 4 et 5, consiste en un chapeau chinois 301, c'est-à-dire en un cône, qui présente un demi-angle au sommet d'au moins 60° et qui, au sein de l'installation de la figure 3, est sensiblement centré sur l'axe Z100 du laveur 100. Une forme de réalisation plus élaborée, qui, comparativement au chapeau chinois 301, limite le rabattage des fumées 1 vers la paroi périphérique 102 du laveur 100, est montrée sur les figures 6 et 7 : le dispositif de protection 300 consiste alors en un ensemble 302 comprenant un cône sommital 302.1 et deux troncs de cône 302.2 et 302.3 coaxiaux et superposés, qui sont surmontés de manière coaxiale par le cône sommital 302.1, les éléments de cône 302.1, 302.2 et 302.3 présentant tous un demi-angle au sommet d'au moins 60°, en étant tous sensiblement centrés sur l'axe Z100 du laveur 100 au sein de l'installation de la figure 3. Bien entendu,

en variante non représentée, le nombre des troncs de cône 302.2 et 302.3 peut être réduit à un ou, au contraire, être supérieur à deux.

Selon une caractéristique optionnelle et avantageuse de l'invention, le laveur 100 est intérieurement équipé, au niveau de la partie basse de sa paroi périphérique 102, d'un dispositif de mise en rotation 400 qui est conçu pour être traversé par les fumées 1 sortant de la cheminée 200, de manière à mettre en rotation ces fumées à l'intérieur du laveur 100 avant qu'elles ne rencontrent le dispositif de protection 300. Le dispositif de mise en rotation 400 est par exemple placé dans le débouché 201 de la cheminée 200, comme représenté schématiquement sur la figure 3. A titre de variante, le dispositif de mise en rotation 400 coiffe le débouché 201, voire est agencé un peu en aval de ce débouché 201.

En pratique, la forme de réalisation du dispositif de mise en rotation 400 n'est pas limitative de l'invention. A titre d'exemple, et comme indiqué schématiquement sur la figure 3, le dispositif de mise en rotation 400 comprend des aubes 401 de déflexion des fumées 1, qui sont agencées fixement au sein du dispositif de mise en rotation 400, en étant, le cas échéant, portées par un noyau central 402, et qui, au sein de l'installation de la figure 3, sont réparties de manière sensiblement régulière autour de l'axe central Z100 du laveur 100. Ces aubes de déflexion 401 sont avantageusement prévues en six à dix exemplaires. La figure 8 montre plus en détail un exemple de réalisation correspondant de ce dispositif de mise en rotation 400. A titre de variante non représentée, le dispositif de mise en rotation 400 peut être similaire à ceux employés en entrée de séparateurs cycloniques. Quelle que soit sa forme de réalisation, le dispositif de mise en rotation 400 a pour effet de conférer un mouvement tourbillonnant aux fumées 1 circulant au travers de ce dispositif, en empêchant que les fumées 1 se concentrent, à l'intérieur du laveur 100, d'un côté de ce laveur au détriment du côté diamétralement opposé comme à la figure 1.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le laveur 100 est intérieurement équipé, au niveau d'une partie courante de sa paroi périphérique 102, d'un dispositif de pulvérisation 500 qui permet de projeter un liquide de lavage 3, sous forme de voiles de liquide, depuis sensiblement l'axe central Z100 vers la paroi périphérique 102 du laveur 100. Du fait que le dispositif de pulvérisation 500 n'est pas ponctuel, les voiles du liquide 3 sont projetées par ce dispositif de pulvérisation 500 depuis une zone qui n'est pas rigoureusement limitée à l'axe central Z100 du laveur 100, mais depuis une zone qui est située à proximité immédiate de cet axe Z100, le cas échéant en englobant ce dernier. Comme indiqué sur la figure 3, chaque voile du liquide 3, projeté par le dispositif de pulvérisation 500, forme avec l'axe Z100 un angle  $\alpha$  dont la valeur est avantageusement comprise entre  $50^\circ$  et  $70^\circ$ . Dans tous les cas, lorsque l'installation de la figure 3 est en

service, les fumées 1, qui, après avoir rencontré le dispositif de protection 300, circulent vers le haut à l'intérieur du laveur 100, traversent les voiles du liquide 3, projetés par le dispositif de pulvérisation 500, permettant ainsi de capter les oxydes de soufre contenus dans ces fumées, par transfert de ces oxydes de soufre dans le liquide de lavage 3.

5 Le dispositif de pulvérisation 500 est ainsi utilisé pour apporter une grande quantité du liquide de lavage 3, sans pour autant générer beaucoup de perte de charge. Le dispositif de pulvérisation 500 opère ainsi la trempe des fumées 1, c'est-à-dire la diminution de leur température entre la température d'entrée des fumées 1 dans le laveur 100, typiquement comprise entre 150°C et 450°C, et une température finale d'équilibre thermodynamique, typiquement comprise entre 20°C et 70°C, la valeur de cette  
10 température finale dépendant de la température initiale et de la teneur en eau des fumées 1. De plus, dans la partie courante du laveur 100 où est situé le dispositif de pulvérisation 500, le rapport liquide sur gaz présente une valeur élevée qui permet de capter rapidement les oxydes de soufre, en particulier le dioxyde de soufre, là où leur  
15 concentration est la plus élevée.

En pratique, la forme de réalisation du dispositif de pulvérisation 500 n'est pas limitative de l'invention, ce dispositif de pulvérisation 500 étant, dans tous les cas, agencé au-dessus du dispositif de protection 300. A titre d'exemple, comme indiqué schématiquement sur la figure 3, le dispositif de pulvérisation 500 comprend des  
20 pulvérisateurs 501 qui relèvent d'une technologie connue en elle-même : chaque pulvérisateur 501 est situé sensiblement sur l'axe central Z100 du laveur 100 et ces pulvérisateurs 501 sont disposés de manière étagée suivant cet axe Z100. Le nombre de pulvérisateur 501, autrement dit le nombre d'étage de pulvérisation du dispositif de pulvérisation 500, dépend du taux d'épuration à assurer, ainsi que de la concentration en  
25 oxyde de soufre des fumées 1, ce nombre étant par exemple compris entre 1 et 12.

En lien avec l'ordre de grandeur évoqué plus haut, le flux du liquide de lavage 3 projeté par chaque pulvérisateur 501 est par exemple compris entre 30 et 200 m<sup>3</sup>/h.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le laveur 100 est intérieurement équipé, au niveau d'une partie haute de sa paroi périphérique 102, d'un dispositif de  
30 distribution 600, qui est placé au-dessus du dispositif de pulvérisation 500 et qui permet de distribuer un liquide de lavage 4 sous forme d'une pluie tombant vers le bas dans un volume libre V100 ménagé, à l'intérieur de la paroi périphérique 102 du laveur 100, entre le dispositif de pulvérisation 500 et le dispositif de distribution 600. Dans ce volume libre V100, les fumées 1, qui, après avoir traversé les voiles du liquide 3, circulent vers le haut  
35 à l'intérieur du laveur 100, rencontrent à contre-courant la pluie formée par le liquide de

lavage 4, ce qui réalise une épuration complémentaire de ces fumées par captation dans le liquide 4 des oxydes de soufre encore présents dans les fumées.

La forme de réalisation du dispositif de distribution 600 n'est pas limitative de l'invention. A titre d'exemple, comme indiqué schématiquement sur la figure 3, ce dispositif de distribution 600 comprend des distributeurs 601 qui sont connus en soi et qui sont par exemple des buses de pulvérisation, des rampes de distribution, des têtes de projection, etc. Le cas échéant, également comme montré sur la figure 3, ces distributeurs 601 sont répartis sur un ou plusieurs, par exemple quatre, de préférence deux, étages se succédant verticalement.

En lien avec l'ordre de grandeur évoqué précédemment, le flux du liquide de lavage 4 distribué par chaque étage du dispositif de distribution 600 est d'environ 200 m<sup>3</sup>/h.

Les compositions respectives des liquides de lavage 3 et 4 ne sont pas limitatives de l'invention. Chacun de ces liquides 3 et 4 comprend préférentiellement de l'eau de mer, le cas échéant additionnée d'un réactif alcalin. Ceci étant, l'un et/ou l'autre des liquides de lavage 3 et 4 peuvent être constitués par une suspension de calcaire, de chaux ou une solution sodique. Par ailleurs, selon une première possibilité opératoire, les compositions respectives des liquides de lavage 3 et 4 sont les mêmes. Selon une possibilité opératoire alternative, la composition du liquide de lavage 4 n'est pas la même que celle du liquide de lavage 3 : en particulier, le liquide de lavage 4 est par exemple constitué d'eau mer fraîche, additionnée ou non d'un réactif alcalin, tandis que le liquide de lavage 3 peut être un liquide recirculé, en particulier de l'eau de mer partiellement épuisé. Dans tous les cas, on comprend que la quantité totale des liquides de lavage 3 et 4, qui sont respectivement projeté par le dispositif de pulvérisation 500 et dispersé par le dispositif de distribution 600, dépend du flux, par exemple en kg/h, d'oxydes de soufre dans les fumées 1.

Selon une caractéristique optionnelle et avantageuse de l'invention, le laveur 100 est intérieurement équipé, au niveau de l'extrémité haute de sa paroi périphérique 102, d'un dévésiculateur 700 qui, de manière connue en soi, permet de retenir les gouttelettes de liquide qui, en l'absence de ce dévésiculateur, seraient entraînées à l'extérieur du laveur 100, dans les fumées épurées 2. Le dévésiculateur 700 est situé au-dessus du dispositif de distribution 600, de manière à, en service, être traversé par les fumées 1 qui, après avoir rencontré le dispositif de distribution 600, circulent vers le haut à l'intérieur du laveur 100.

La forme de réalisation du dévésiculateur 700 n'est pas limitative de l'invention. A titre d'exemple, le dévésiculateur 700 est constitué d'un panier à chevrons.

L'installation d'épuration de la figure 3 est particulièrement efficace pour épurer les fumées 1 grâce à la stabilisation de l'écoulement de ces fumées à l'intérieur du laveur 100, sous l'effet combiné des voiles du liquide de lavage 3, projetés par le dispositif de pulvérisation 500, et de la pluie du liquide de lavage 4, distribuée par le dispositif de distribution 600, en conjonction avec l'introduction verticale centrée des fumées 1 dans le fond 101 du laveur par la cheminée 200. En effet, le profil de la vitesse des fumées 1, qui est nécessairement très inhomogène juste en aval du dispositif de protection 300, est progressivement et rapidement ré-homogénéisé sous l'action combinée du dispositif de pulvérisation 500 et du dispositif de distribution 600. Avantagement, la mise en rotation des fumées 1, par le dispositif de mise en rotation 400, stabilise encore davantage l'écoulement des fumées 1 à l'intérieur du laveur 100, en interdisant notamment toute instabilité d'oscillation des fumées 1 entre deux zones diamétralement opposées du laveur 100.

A titre d'aménagement optionnel et avantageux, le dispositif de distribution 600 est conçu de manière que la densité de distribution du liquide de lavage 4 soit moins importante au centre du laveur qu'en périphérie de ce laveur. En pratique, cet aménagement repose sur un choix et un agencement dédiés des distributeurs 601 du dispositif de distribution 601 : on entend par choix dédié le fait que les distributeurs 601 ne sont pas forcément tous identiques, et on entend par agencement dédié le fait que la localisation des distributeurs 601 n'est pas nécessairement homogène. Autrement dit, le type et le nombre de distributeurs 601 par mètre carré peuvent être variables sur la section transversale du laveur 100.

Pour mieux comprendre cet aspect, la figure 9 montre la répartition fictive d'une section transversale du laveur 100, au niveau de son volume libre V100, en deux parties, à savoir une partie centrale S100.1, traversée par l'axe central Z100 du laveur, et une partie périphérique S100.2 courant tout autour de la partie centrale S100.1, les aires respectives de la partie centrale S100.1 et de la partie périphérique S100.2 étant égales l'une à l'autre : la densité de distribution du liquide de lavage 4 sur la partie centrale S100.1, c'est-à-dire le flux du liquide de lavage 4 qui est distribué par le dispositif de distribution 600 dans cette partie centrale S100.1 et qui est ramené à l'aire de cette partie centrale S100.1, par exemple exprimée en  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ , est au plus 0,9 fois la densité de distribution du liquide de lavage 4 sur la partie périphérique S100.2, c'est-à-dire le flux du liquide de lavage 4 qui est distribué par le dispositif de distribution 600 dans cette partie périphérique S100.2 et qui est ramené à l'aire de cette partie périphérique S100.2, exprimée dans la même unité.

Davantage de gouttes de pluie du liquide de lavage 4 tombent donc dans la portion du volume V100, dont la section correspond à la partie périphérique S100.2, que dans le reste du volume V100, c'est-à-dire que dans la portion de ce volume dont la section correspond à la partie centrale S100.1. Le liquide 4 distribué dans la portion du volume V100 associée à la partie périphérique S100.2 crée ainsi une friction plus importante vis-à-vis des fumées 1 circulant vers le haut dans cette portion du volume V100, en forçant un rééquilibrage vis-à-vis du reste du volume V100 et en compensant ainsi, au moins partiellement, l'effet sur les fumées 1 du dispositif de pulvérisation 500 et du dispositif de protection 300.

En pratique, en fonction du régime de marche de l'installation, autrement dit en fonction du flux des fumées 1, de leur composition et de leur température, il est possible d'ajuster, manuellement ou automatiquement, les quantités du liquide de lavage 4 distribuées respectivement sur la partie centrale S100.1 et sur la partie périphérique S100.2.

On rétablit ainsi un profil global pour le rapport liquide sur gaz à l'intérieur du laveur 100 qui est plus favorable à l'épuration des fumées 1.

Exemple :

L'invention a été testée avec les spécificités suivantes.

L'installation de la figure 3 traite 105 000 Nm<sup>3</sup>/h de fumées d'échappement 1, admises par la cheminée 2 dans le fond 101 du laveur 100 à une température de 390°C. Le laveur 100 présente, au niveau de sa paroi périphérique 102, un diamètre intérieur de 3200 mm et une hauteur totale d'environ 10 m. La cheminée 200 présente un diamètre intérieur de 1800 mm. Le dispositif de mise en rotation 400 comprend huit aubes de déflexion 401. Le dispositif de protection 300 est sous la forme du chapeau chinois 301 des figures 4 et 5. Quatre pulvérisateurs étagés 501 projettent chacun 80 m<sup>3</sup>/h du liquide de lavage 3. Un étage de distributeurs 601 distribue 200 m<sup>3</sup>/h du liquide de lavage 4. Le dévésiculeur 700 est à chevrons.

La mise en œuvre de cet exemple permet de constater l'homogénéisation rapide du profil de vitesse des fumées 1 à l'intérieur du laveur 100, ce profil étant très inhomogène juste en aval du dispositif de protection 300 tandis qu'il est sensiblement plat au niveau du volume libre V100.

REVENDEICATIONS

1.- Procédé de désulfuration par voie humide des fumées d'échappement d'un moteur d'un navire marin,

5 dans lequel des fumées à désulfurer (1) sont admises dans un laveur (100) par une cheminée verticale (200) qui débouche de manière sensiblement centrée dans le fond (101) du laveur,

et dans lequel les fumées (1) circulent vers le haut à l'intérieur du laveur (100) pour y être mises en contact avec des premier (3) et second (4) liquides de lavage prévus pour  
10 capturer le dioxyde de soufre contenu dans les fumées, lesquelles fumées rencontrent dans le laveur successivement :

- un dispositif de mise en rotation (400), qui est traversé par les fumées (1) en les mettant en rotation à l'intérieur du laveur (100),

15 - un dispositif de protection (300), qui protège le débouché aval (201) de la cheminée (200) contre l'introduction de liquide tout en maintenant la circulation des fumées (1),

- un dispositif de pulvérisation (500), qui projette le premier liquide de lavage (3), sous forme de voiles de liquide, depuis sensiblement un axe géométrique central (Z100) du laveur (100) vers la paroi périphérique (102) du laveur, puis

20 - un dispositif de distribution (600), qui distribue le second liquide de lavage (4) sous forme d'une pluie tombant vers le bas dans un volume libre (V100) du laveur (100), ménagé entre le dispositif de pulvérisation (500) et le dispositif de distribution (600).

25 2.- Procédé suivant la revendication 1, dans lequel, la section transversale du laveur (100) au-dessous du dispositif de distribution (600) étant constituée d'une partie centrale (S100.1) et d'une partie périphérique (S100.2) qui ont la même aire, la densité de distribution du second liquide de lavage (4) sur ladite partie centrale, c'est-à-dire le flux du second liquide de lavage qui est distribué par le dispositif de distribution (600) dans ladite partie centrale et qui est ramené à l'aire de ladite partie centrale, est au plus 0,9 fois la  
30 densité de distribution du second liquide de lavage sur ladite partie périphérique, c'est-à-dire le flux du second liquide de lavage qui est distribué par le dispositif de distribution dans ladite partie périphérique et qui est ramené à l'aire de ladite partie périphérique.

35 3.- Installation de désulfuration par voie humide des fumées d'échappement d'un moteur d'un navire marin,  
laquelle installation comprend :

- un laveur (100) dans le fond (101) duquel débouche de manière sensiblement centrée une cheminée verticale (200) d'admission de fumées (1) dans le laveur,

- un dispositif de mise en rotation (400), qui est adapté pour être traversé par des fumées (1) sortant de la cheminée (200) de manière à mettre en rotation ces fumées à l'intérieur du laveur (100),

- un dispositif de protection (300), qui est adapté pour protéger le débouché aval (201) de la cheminée (200) contre l'introduction de liquide tout en laissant passer des fumées (1) sortant de la cheminée,

- un dispositif de pulvérisation (500), qui est adapté pour projeter un premier liquide de lavage (3), sous forme de voiles de liquide, depuis sensiblement un axe géométrique centrale (Z100) du laveur (100) vers la paroi périphérique (102) du laveur, et

- un dispositif de distribution (600), qui est adapté pour distribuer un second liquide de lavage (4) sous forme d'une pluie tombant vers le bas dans un volume libre (V100) du laveur (100), ménagé entre le dispositif de pulvérisation (500) et le dispositif de distribution (600),

le dispositif de mise en rotation (400), le dispositif de protection (300), le dispositif de pulvérisation (500) et le dispositif de distribution (600) étant agencés à l'intérieur du laveur (100), de manière que des fumées à désulfurer (1), sortant de la cheminée (200) et circulant vers le haut à l'intérieur du laveur pour y être mises en contact avec les premier et second liquides de lavage (3, 4) qui sont prévus pour capter le dioxyde de soufre contenu dans ces fumées, rencontrent successivement le dispositif de mise en rotation, le dispositif de protection, le dispositif de pulvérisation puis le dispositif de distribution.

4.- Installation suivant la revendication 3, dans laquelle le dispositif de pulvérisation (500) comprend un pulvérisateur (501) ou plusieurs pulvérisateurs (501) agencés de manière étagée suivant l'axe central (Z100) du laveur (100), et dans laquelle le dispositif de distribution (600) comprend des distributeurs (601) répartis sur un ou plusieurs étages.

5.- Installation suivant l'une des revendications 3 ou 4, dans laquelle le dispositif de mise en rotation (400) comprend des aubes (401) de déflexion des fumées (1), qui sont réparties autour de l'axe central (Z100) du laveur (100) et qui sont notamment prévues en six à dix exemplaires.

6.- Installation suivant l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans laquelle le dispositif de protection (300) est constitué d'un chapeau chinois (301), c'est-à-dire d'un cône présentant un demi-angle au sommet d'au moins 60°.

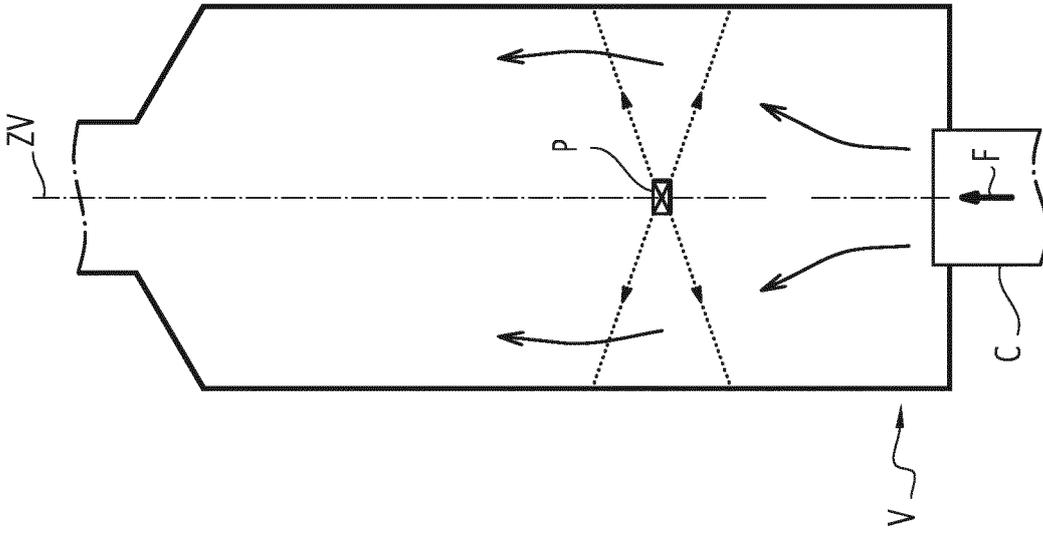
5

7.- Installation suivant l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans laquelle le dispositif de protection (300) comprend un cône sommital (302.1) et un ou plusieurs troncs de cône (302.2, 302.3) coaxiaux et superposés, qui est ou sont surmonté(s) de manière coaxiale par le cône sommital (302.1), ce cône sommital et ce ou ces troncs de cône présentant tous un demi-angle au sommet d'au moins 60°.

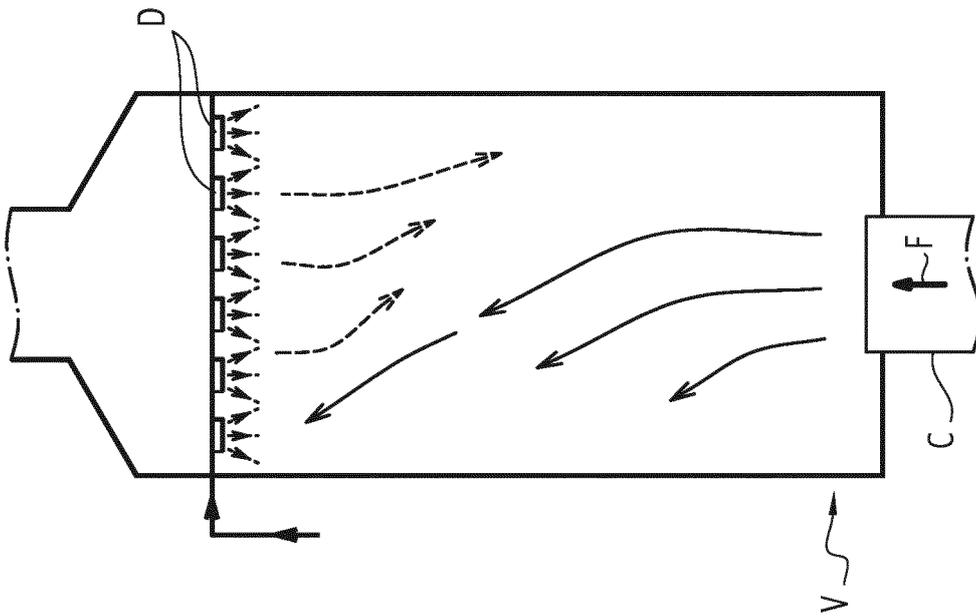
10

8.- Installation suivant l'une quelconque des revendications 3 à 7, dans laquelle l'installation comprend en outre un dévésiculeur (700) qui est agencé à l'intérieur du laveur (100) de manière à être traversé par les fumées (1) après qu'elles aient rencontré le dispositif de distribution (600).

15



**FIG. 2**  
Art antérieur



**FIG. 1**  
Art antérieur

2/4

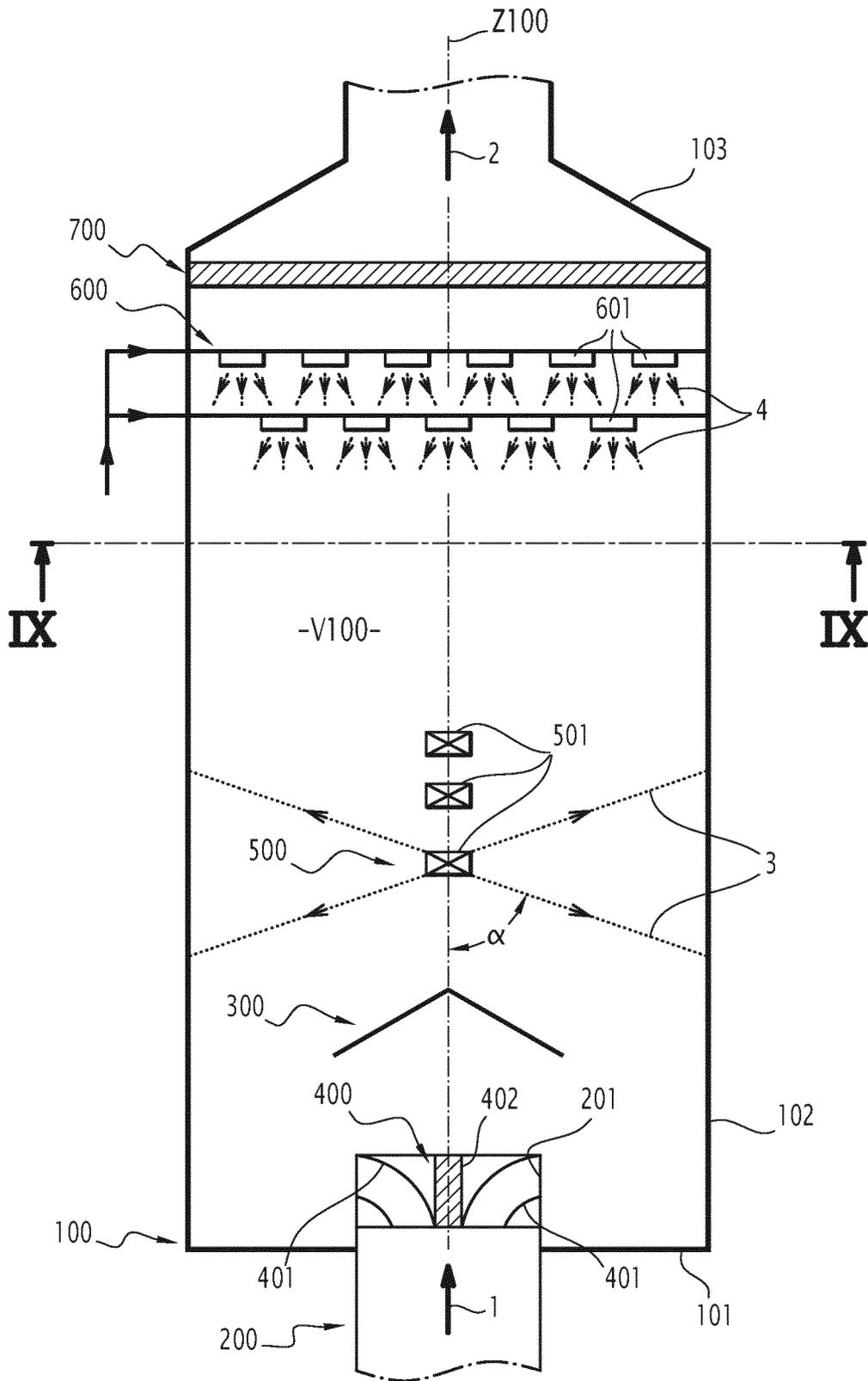


FIG.3

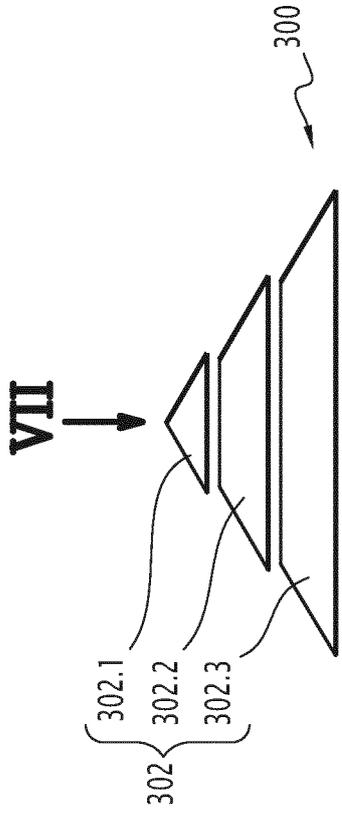


FIG. 6

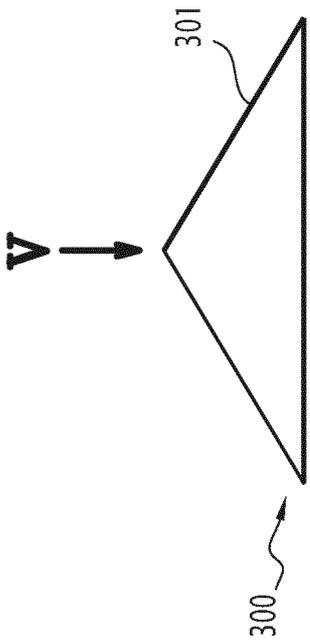


FIG. 4

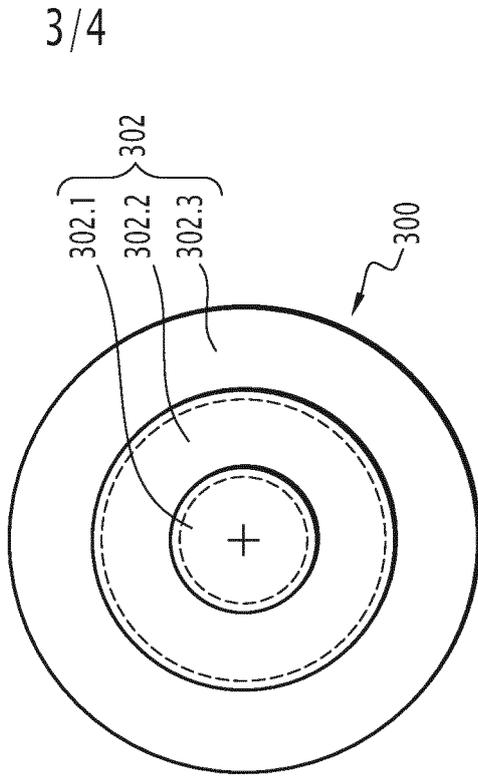


FIG. 7

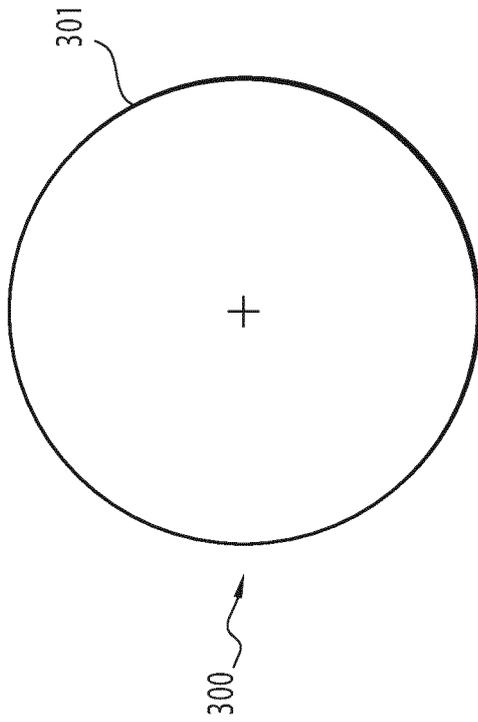


FIG. 5

4/4

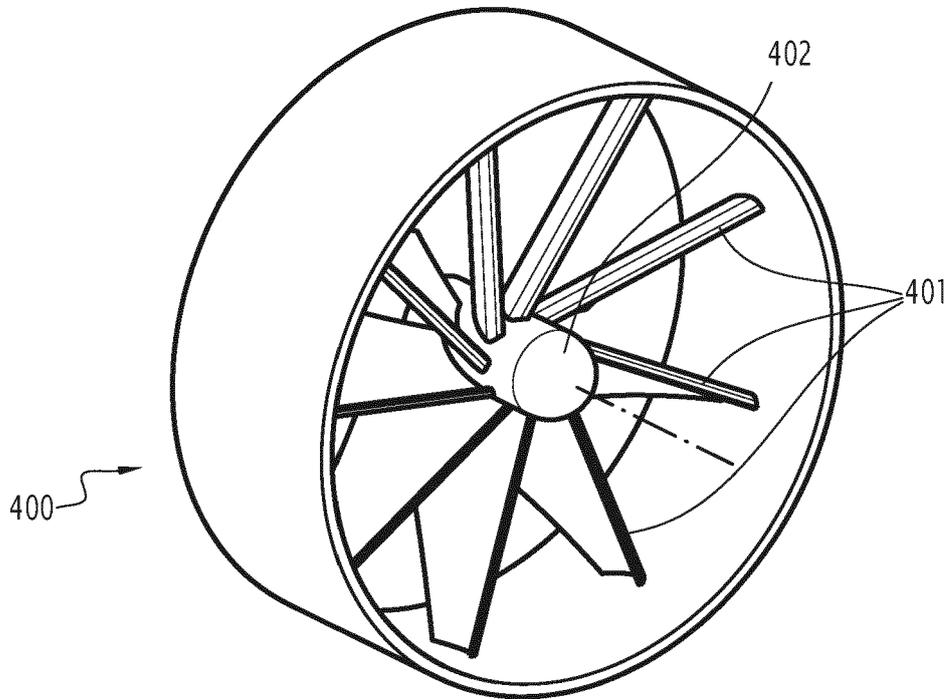


FIG. 8

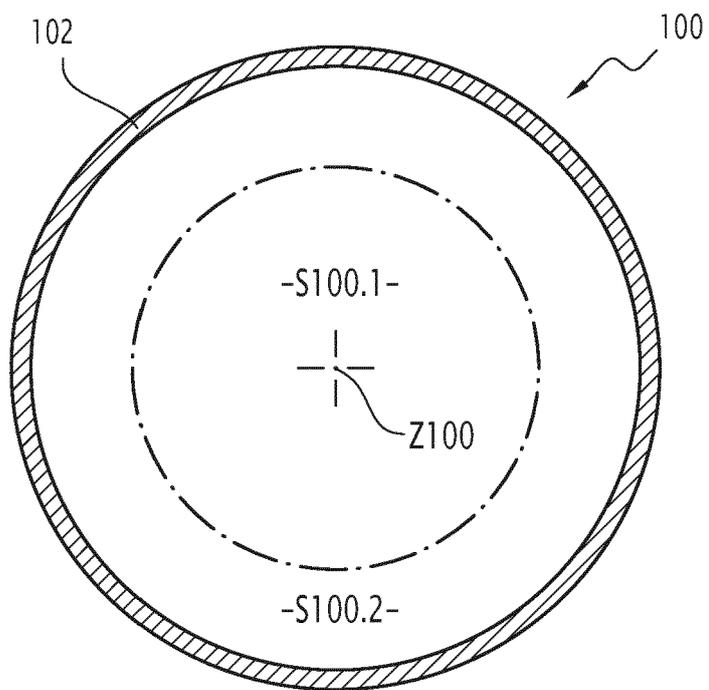


FIG. 9

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2016/016109 A1 (STRANDBERG PETER [NO]) 21 janvier 2016 (2016-01-21)

US 4 375 976 A (POTTER GEORGE R [US]) 8 mars 1983 (1983-03-08)

US 3 930 816 A (MICZEK GERHARD) 6 janvier 1976 (1976-01-06)

US 2 596 106 A (SCHNEIBLE CLAUDE B) 13 mai 1952 (1952-05-13)

US 1 783 813 A (SCHNEIBLE CLAUDE B) 2 décembre 1930 (1930-12-02)

DE 20 2009 005612 U1 (HAEUFELE JUN [DE]; ULIG KARIN [DE]) 2 septembre 2010 (2010-09-02)

GB 1 290 363 A (LODGE COTTRELL) 27 septembre 1972 (1972-09-27)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT