



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**29.07.2020 Bulletin 2020/31**

(51) Int Cl.:  
**H01J 61/80** (2006.01) **H01J 61/52** (2006.01)  
**A23L 3/28** (2006.01) **A61L 2/00** (2006.01)  
**A61L 2/10** (2006.01) **H01J 61/76** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **20152319.8**

(22) Date de dépôt: **16.01.2020**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Etats d'extension désignés:  
**BA ME**  
 Etats de validation désignés:  
**KH MA MD TN**

(72) Inventeurs:  
 • **FRANC, Janyce**  
**84000 AVIGNON (FR)**  
 • **PUISNEL, Christophe**  
**84000 AVIGNON (FR)**

(30) Priorité: **16.01.2019 FR 1900396**

(74) Mandataire: **Rhein, Alain**  
**Cabinet BREV&SUD**  
**55 Avenue Clément Ader**  
**34170 Castelnau le Lez (FR)**

(71) Demandeur: **Sterixene**  
**30133 Les Angles (FR)**

(54) **LAMPE FLASH À LUMIÈRE PULSÉE ET MODULE OPTIQUE DE LUMIÈRE PULSÉE INTÉGRANT CETTE LAMPE**

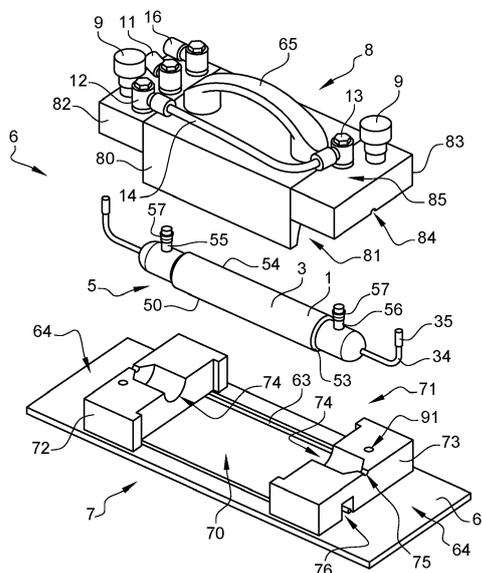
(57) Un premier aspect de l'invention se rapporte à une lampe flash (1) à lumière pulsée comprenant un tube à plasma (3) hermétique qui contient un gaz sous pression, à chaque extrémité (30, 31) du tube à plasma (3) est disposé un bouchon (32) équipé d'une électrode (33) qui est au moins partiellement en contact avec le gaz contenu dans le tube à plasma (3) de manière à générer un rayonnement électromagnétique.

Selon l'invention, le tube à plasma (3) est solidaire d'un échangeur thermique (5) à fluide calorifique, les

électrodes (33) étant totalement isolées de l'échangeur thermique (5) alors que le tube à plasma (3) est au moins partiellement intégré dans l'échangeur thermique (5) de manière à refroidir en permanence le gaz contenu dans le tube à plasma (3).

Un second aspect de l'invention concerne un module optique (6) adapté à embarquer la lampe flash (1), le module optique (6) comprenant un système de refroidissement qui se connecte de manière amovible sur l'échangeur thermique (5) de la lampe flash (1).

**Fig. 2**



**Description**

[0001] La présente invention se rapporte au domaine de l'irradiation par lumière pulsée haute fréquence.

5 [0002] A titre indicatif, la lumière pulsée peut être utilisée pour la décontamination dans les domaines de l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique, cosmétique, médicale, aéronautique etc.

[0003] Il convient de rappeler que la technologie de décontamination par lumière pulsée consiste à irradier des produits, des liquides, des environnements ou des objets à décontaminer par émission de lumière pulsée enrichie en rayonnement UV.

10 [0004] Le document US 4,464,336 décrit les principes généraux de la technologie d'irradiation à lumière pulsée haute fréquence. Cette technologie utilise une lampe comprenant un gaz rare, de préférence le xénon, auquel on applique une tension élevée pendant une fenêtre temporelle courte qui s'exprime en microsecondes ou en millisecondes. La tension élevée qui est appliquée aux bornes de la lampe entraîne l'ionisation du gaz contenu dans la lampe, il résulte de cette ionisation, l'émission d'un flash d'intensité lumineuse élevée. Le flash lumineux correspond à un rayonnement ou une impulsion électromagnétique de lumière blanche qui présente un spectre électromagnétique allant de 180 nm à 1100 nm.

15 [0005] Classiquement, comme le décrit le document US 6,566,659, un système d'irradiation pour une application de décontamination. Le système d'irradiation comprend une chambre de décontamination qui est exposée aux rayonnements électromagnétiques d'une lampe flash à lumière pulsée. La lampe flash est montée dans un module optique qui communique de manière optique avec la chambre de décontamination au travers d'une fenêtre transparente à un rayonnement électromagnétique compris entre 150 nm et 1200 nm. Le module optique comprend également un réflecteur afin de concentrer le rayonnement électromagnétique de la lampe flash vers une zone cible. Le module optique possède également des capteurs UV et de débris qui ont pour fonction de s'assurer du bon état de fonctionnement du système d'irradiation. Les capteurs UV et de débris sont alimentés par un circuit électrique basse tension intégré au module optique.

20 [0006] Ce document décrit une lampe flash qui comprend un tube à plasma hermétique contenant du xénon. Le tube à plasma s'étend entre deux extrémités, à chaque extrémité du tube à plasma est disposée une électrode. Chaque électrode est au moins partiellement en contact avec le xénon contenu dans le tube à plasma. Les électrodes sont configurées pour transmettre un courant électrique de haute tension au travers du gaz contenu dans le tube à plasma. L'ionisation du gaz contenu dans le tube à plasma permet de rendre la lampe conductrice. Le courant haute tension qui alimente la lampe flash peut alors passer au travers de la lampe et générer un flash lumineux de lumière blanche à haute intensité. Les électrodes de la lampe sont reliées à un boîtier haute tension qui est configuré pour fournir à une fréquence déterminée un courant électrique haute tension.

25 [0007] Selon le document US 6,566,659, de bons résultats de décontamination sont obtenus lorsque les flashes sont opérés à une fréquence élevée. Toutefois, il est bien connu qu'une augmentation de la fréquence de flash, entraîne une importante montée en température de la lampe flash et plus largement du système d'irradiation.

30 [0008] En particulier, le plasma a une température d'environ 500 à 1000°C en fonction de la tension appliquée aux électrodes. Néanmoins, il est important que la paroi extérieure de la lampe reste aux alentours de 100°C.

35 [0009] En théorie, avec une fréquence de flash de 1Hz, l'air ambiant de 20°C suffit à refroidir la lampe. Cependant l'augmentation de la fréquence de flash conduit à une augmentation rapide de la température pouvant engendrer des problèmes de solarisation de la paroi de la lampe et donc un vieillissement prématuré de la lampe. Une casse de la lampe est également envisageable.

40 [0010] Dans ce contexte, il est possible d'exprimer l'élévation de la température de la paroi extérieure de lampe selon la formule qui suit :

45 
$$\Delta T = \frac{R_{th}\Phi}{S}$$

Avec,

50  $\Delta T$  qui correspond à la différence de température qui existe entre la température de la paroi extérieure et de l'intérieure du tube plasma ;

$R_{th}$  est un coefficient de résistance thermique de la paroi de la lampe,  $R_{th}$  est fonction des caractéristiques de la paroi (matériaux, dimensions) ;

55  $\Phi$  est un coefficient correspondant au flux de chaleur traversant la paroi de la lampe,  $\Phi$  est fonction de la chaleur émise par la lampe et du coefficient d'absorption thermique du fluide calorifique ;

$S$  correspond à la surface d'échange calorifique, c'est-à-dire, à la surface de contact de la paroi extérieure de la lampe avec liquide de refroidissement.

**[0011]** Cette élévation de la température des éléments mécaniques et électroniques qui constituent le système d'irradiation peut entraîner une usure prématurée de ces éléments. L'usure prématurée est une conséquence des conditions extrêmes auxquelles ils sont soumis lors d'un processus d'irradiation à haute fréquence. Dans ce contexte, il est évident que des opérations d'entretien régulières sont nécessaires pour maintenir en fonctionnement un système d'irradiation haute fréquence à la lumière pulsée. Cependant, les opérations de maintenance peuvent s'avérer délicates de par la complexité du module optique qui possède notamment une alimentation en courant basse tension et une alimentation haute tension.

**[0012]** Afin de maintenir, la paroi extérieure de la lampe aux alentours de 100°C, la paroi extérieure est placée au contact d'un fluide de refroidissement lorsque la fréquence de flash est supérieure à 1 Hz.

**[0013]** Dans le cadre d'une application de la lumière pulsée au traitement de la peau, le document WO 2008/012519 décrit un module optique qui est équipé d'un circuit de refroidissement hydraulique de la lampe flash. Le circuit de refroidissement a pour fonction de refroidir la lampe flash et plus largement les éléments du bloc optique. Ceci dans l'objectif d'augmenter la fréquence d'émission de la lampe flash et ainsi de garantir un traitement optimal.

**[0014]** En pratique, le document WO 2008/012519 divulgue un module optique qui comprend un circuit de refroidissement hydraulique ouvert. C'est-à-dire, que l'eau est projetée directement au contact de la lampe flash qui se situe dans un compartiment relié au circuit hydraulique. Or, un circuit de refroidissement hydraulique ouvert peut générer des problèmes d'étanchéité et des risques d'arc électrique. Cette conception du module optique rend encore plus délicate les opérations d'entretien. En effet, lors du démontage du module optique de l'eau peut encore être au contact de la lampe flash. Ce qui constitue un problème majeur compte tenu de son alimentation électrique qui est susceptible d'être à haute tension.

**[0015]** Par ailleurs, dans le cadre d'une application industrielle comme la décontamination, un système d'irradiation à la lumière pulsée peut être équipé d'un système de refroidissement différencié de la lampe flash.

**[0016]** On entend par système de refroidissement différencié, un tube de refroidissement indépendant de la lampe flash. Un système de refroidissement différencié présente l'inconvénient de nécessiter un centrage parfait de la lampe flash au sein du système de refroidissement. Un mauvais centrage de la lampe flash est susceptible d'entraîner une fuite d'eau voire la casse de la lampe flash. Ainsi, l'utilisation d'un système de refroidissement différencié requiert une maintenance délicate, précise et qui peut prendre plus d'une heure. Ces opérations de maintenance s'avèrent d'autant plus compliquées et dangereuses pour un personnel non aguerri. Par ailleurs, dans le cadre d'un processus industriel un temps d'entretien important est lié à un arrêt de la production et donc un ralentissement de la production.

**[0017]** De surcroît, ce type de systèmes peuvent être implantés sur des chaînes de production agroalimentaire, où l'utilisation du verre est généralement proscrite pour des éléments de la chaîne de production. Ceci afin d'éviter que des bris de verre ne tombent dans les denrées alimentaires.

**[0018]** Le document WO 2016/012488 propose une solution afin d'améliorer la conception d'un module optique et notamment du système de refroidissement de la lampe flash et du réflecteur. A cet effet, ce document décrit une lampe flash double enveloppe dans laquelle est intégrée un échangeur thermique qui ceinture entièrement le tube à plasma de la lampe. Cet échangeur thermique s'étend longitudinalement entre chaque extrémité de la lampe flash. De plus, à chaque extrémité de la lampe sont ménagés, de façon co-axiale à l'axe de la lampe un orifice d'admission et un orifice d'échappement de liquide de refroidissement. Une telle configuration ne permet pas de créer un flux turbulent autour du tube à plasma. Ainsi, pour optimiser le refroidissement du tube à plasma, il est nécessaire d'augmenter la pression du fluide calorifique et par conséquent d'employer une pompe de plus grande capacité.

**[0019]** Par ailleurs, le document WO 2016/012488 décrit un module optique qui comprend un bâti de section transversale en U. Sur les parois internes qui forment un tunnel sont disposées des feuilles d'aluminium polies afin de constituer un réflecteur. Le bâti comporte un réceptacle disposé selon un axe longitudinal au sommet du tunnel. La lampe flash est positionnée dans un réceptacle et subit des contraintes mécaniques dues à son maintien en position dans le réceptacle. Cette problématique peut engendrer des casses de lampe flash lors de leur installation ou du changement de lampe flash dans le réceptacle.

**[0020]** Par ailleurs, il est à noter que les parois du réflecteur en aluminium absorbent 20% du dégagement thermique du rayonnement de la lampe flash. De fait, les parois du réflecteur montent rapidement en température. En parallèle, pour assurer un bon fonctionnement de la lampe flash il est nécessaire de maintenir les parois du réflecteur à une température inférieure à 100°C. A cet effet, le document WO 2016/012488 décrit une paroi extérieure du bâti comportant des gorges dans lesquelles courent des tubes d'un échangeur thermique refroidissant les parois du bâti et notamment les parois du réflecteur. Cependant, le transfert d'énergie calorifique depuis le réflecteur vers le liquide de refroidissement circulant dans l'échangeur thermique doit s'opérer au travers de la feuille d'aluminium, de la paroi du bâti et de la paroi du tube qui constitue l'échangeur thermique. Afin d'améliorer la conductivité thermique au travers des parois du réflecteur, du bâti et de l'échangeur thermique, une pâte thermiquement conductrice est disposée entre chaque échangeur thermique et le bâti. Cependant, une telle configuration ne permet pas d'abaisser la température du réflecteur à des températures inférieures à 150°C. Les opérations de maintenance sont ainsi ralenties, puisque l'opérateur doit attendre que la température baisse pour intervenir sur le module optique.

**[0021]** Par ailleurs, l'échangeur thermique de la lampe flash et l'échangeur thermique du réflecteur sont indépendants et fonctionnent en parallèle. Cette configuration mécanique complexifie la structure mécanique du module optique et augmente son coût de fabrication.

**[0022]** Cette revue de l'état de l'art nous a permis de mettre en lumière un problème d'accessibilité de la technologie d'irradiation à la lumière pulsée. Bien que cette technologie soit reconnue efficace notamment pour des applications de décontamination, la complexité de sa mise en œuvre et de son entretien ne permettent pas son développement à plus grande échelle en milieu industriel.

**[0023]** Dans ce contexte, la présente invention apporte une solution technique qui vise à simplifier et sécuriser sa conception de manière, d'une part, à optimiser le fonctionnement d'un système d'irradiation à haute fréquence, et d'autre part, à faciliter les opérations d'entretien du module optique.

**[0024]** Dans cet objectif, un premier aspect de l'invention se rapporte à une lampe flash à lumière pulsée comprenant un tube à plasma hermétique qui contient un gaz sous pression, le tube à plasma s'étendant selon un axe longitudinal entre une première extrémité et une seconde extrémité, à chaque extrémité du tube à plasma est disposé un bouchon équipé d'une électrode qui est au moins partiellement en contact avec le gaz contenu dans le tube à plasma de manière à transmettre un courant électrique haute tension d'une extrémité à l'autre de la lampe flash générant ainsi un rayonnement électromagnétique, le tube à plasma est entièrement intégré dans un échangeur thermique à fluide calorifique, l'échangeur thermique étant formé par une enveloppe s'étendant entre deux extrémités et comprenant un orifice d'entrée et un orifice de sortie de fluide calorifique, l'orifice d'entrée et l'orifice de sortie sont respectivement disposés au niveau d'une extrémité de l'enveloppe.

**[0025]** La lampe flash se caractérise en ce que l'orifice d'entrée et l'orifice de sortie sont saillants de l'enveloppe, dégagés latéralement par rapport à l'axe longitudinal du tube à plasma et s'étendent selon un angle supérieur à 45° par rapport à l'axe longitudinal du tube à plasma, les électrodes se dégagent, vers l'extérieur au travers de l'échangeur thermique, au travers d'une gaine qui prolonge, selon l'axe longitudinal du tube à plasma, chaque bouchon isolant totalement les électrodes de l'échangeur thermique.

**[0026]** Avantagusement, la configuration des orifices d'entrée et de sortie de fluide calorifique permet de générer un flux de fluide calorifique turbulent en contraignant l'entrée et la sortie de fluide. Un flux turbulent de fluide calorifique améliore le refroidissement de la lampe flash au cours de son fonctionnement. Il est ainsi possible d'augmenter la fréquence des irradiations et/ou de maintenir une fréquence pendant une période de fonctionnement plus importante et d'optimiser la durée de vie de la lampe flash. Par ailleurs, le dégagement latéral des orifices d'arrivée et de sortie de fluide calorifique contribue également à faciliter l'isolation des parties électriques de la lampe flash et à diminuer le risque d'arc électrique.

**[0027]** De préférence, l'orifice d'entrée et l'orifice de sortie sont prolongés par un conduit qui s'étend depuis l'échangeur thermique dans une direction opposée au tube à plasma. Chaque conduit permet de contrôler le flux de fluide calorifique et d'éviter tout débordement par reflux.

**[0028]** Ces améliorations contribuent à réduire pour les industriels la dangerosité d'un système d'irradiation à la lumière pulsée et de faciliter l'entretien de ces systèmes.

**[0029]** Selon une première caractéristique du premier aspect de l'invention, l'orifice d'entrée et l'orifice de sortie s'étendent selon un angle de 90° par rapport à l'axe longitudinal du tube à plasma. Cette caractéristique optimise le refroidissement du tube à plasma en générant un flux de fluide turbulent au cours de son utilisation. Selon cette configuration les orifices d'entrée et de sortie constituent respectivement un connecteur mécanique rapide à brancher et débrancher, assimilable à une connexion dite « plug and play ». Ceci permet de faciliter la maintenance : l'installation ou le changement de la lampe flash.

**[0030]** Ici, les orifices d'entrée et de sortie sont configurés pour se connecter avec un système de refroidissement mettant en circulation du fluide calorifique.

**[0031]** Selon une deuxième caractéristique du premier aspect de l'invention, l'orifice d'entrée et l'orifice de sortie sont respectivement équipés d'un joint ressort, les deux joints ressorts ceinturant respectivement un orifice. Chaque joint ressort rempli avantagusement deux fonctions. La première fonction du joint ressort relève du maintien de l'étanchéité de l'échangeur thermique de la lampe flash au niveau de la connexion avec un système de refroidissement. La seconde fonction du joint ressort est de ménager une liaison mécanique élastique avec un système de refroidissement. Avantagusement, cette liaison mécanique élastique réduit les contraintes mécaniques qui s'appliquent sur la lampe flash. Il résulte de cet effet, une diminution de la casse de lampe flash que ce soit au cours de leur installation, de leur fonctionnement ou de leur remplacement.

**[0032]** Selon une troisième caractéristique du premier aspect de l'invention, chaque bouchon est prolongé par une gaine qui s'étend vers l'extérieur au travers de l'échangeur thermique de manière à être reliée à un boîtier haute tension. La gaine permet d'isoler l'alimentation haute tension de la lampe flash. Une nouvelle fois cette caractéristique contribue à réduire le risque d'arc électrique.

**[0033]** De plus, chaque gaine possède au moins une portion rigide assurant le maintien du tube à plasma en position au sein de l'échangeur thermique. Il est ainsi possible de maintenir le tube à plasma dans une position déterminée au

cours de son fonctionnement. Cette caractéristique permet de reproduire un rayonnement électromagnétique constant en direction d'une zone cible.

**[0034]** Selon une quatrième caractéristique du premier aspect de l'invention, le fluide calorifique étant formé par un gaz et/ou de l'eau, et de préférence de l'eau déionisée.

**[0035]** Un second aspect de l'invention se rapporte à un module optique de lumière pulsée intégrant une lampe flash selon le premier aspect de l'invention. Dans ce cadre, la lampe flash est alimentée en courant haute tension via deux connecteurs électriques.

**[0036]** Selon l'invention, le module optique possède :

- un bloc support équipé d'un réceptacle de la lampe flash et d'une fenêtre transparente aux moins aux rayons UV de manière à diffuser le rayonnement électromagnétique de la lampe flash en direction d'une zone cible,
- un bloc réflecteur comportant, d'une part, un réflecteur qui s'étend selon un axe longitudinal, le réflecteur comportant un sillon qui s'étend selon l'axe longitudinal du réflecteur et assure la réflexion et la concentration du rayonnement électromagnétique de la lampe flash en direction d'une zone cible, et d'autre part, un système de refroidissement du module optique.

**[0037]** En particulier, le module optique se caractérise en ce que, le réflecteur et le sillon sont façonnés dans la masse, le système de refroidissement du module optique s'étendant au moins partiellement dans la masse du réflecteur, ledit système de refroidissement est également configuré de façon à se connecter de manière amovible avec l'échangeur thermique de la lampe flash alors que les deux connecteurs électriques sont isolés du bloc réflecteur et du bloc support par dégagement latéral au niveau du réceptacle de la lampe flash.

**[0038]** D'une part, le fait que le réflecteur soit façonné dans la masse simplifie la conception mécanique du module optique. Par voie de faits, les coûts de fabrication du module optique sont réduits. D'autre part, l'intégration du système de refroidissement dans la masse du réflecteur permet d'améliorer le refroidissement de ce dernier. En particulier, il est possible de maintenir le réflecteur à une température inférieure à 100°C en cours de fonctionnement. En particulier, le réflecteur peut être maintenu à une température inférieure à 45°C. Ceci contribue à optimiser la fréquence de fonctionnement de la lampe flash mais aussi de faciliter la maintenance du module optique en conservant des températures acceptables pour qu'un opérateur intervienne sans délai sur un dysfonctionnement ou une casse de lampe flash.

**[0039]** De surcroît, la connexion amovible du système de refroidissement du module optique avec l'échangeur thermique de la lampe flash, et l'isolation des connecteurs électriques de la lampe flash, facilitent les opérations d'entretien et diminuent le risque de génération de phénomène d'arc électrique au niveau du module optique et d'un boîtier d'alimentation haute tension qui est une partie du système onéreuse.

**[0040]** Selon une première caractéristique du second aspect de l'invention, le bloc réflecteur est équipé de moyens de préhension et est relié de manière amovible au bloc support par des moyens mécaniques démontables manuellement. Les moyens de préhension participent à faciliter les opérations de montage et de démontage du bloc réflecteur. Seul le bloc réflecteur est démontable, ce qui permet de réduire la charge à manipuler, environ un kilogramme, alors que l'ensemble du module présente une masse qui peut s'élever à cinq kilogrammes. De surcroît, aucun outil n'est nécessaire pour réaliser la maintenance. Ce qui permet de faciliter la maintenance qui peut alors être effectuée dans une zone prévue à cet effet en quelques minutes au lieu d'une heure pour un système d'irradiation classique.

**[0041]** Selon une deuxième caractéristique du second aspect de l'invention, le bloc réflecteur comprend également un premier élément latéral et un second élément latéral, les deux éléments latéraux sont disposés de part et d'autre du réflecteur, chaque élément latéral est équipé de moyens de connexion configuré pour former une connexion hydraulique avec l'orifice d'entrée et/ou à l'orifice de sortie de l'enveloppe de l'échangeur thermique.

**[0042]** Selon une troisième caractéristique du second aspect de l'invention, le bloc support embarque des capteurs électroniques qui sont disposés au niveau du réceptacle de la lampe flash afin d'être isolés du système de refroidissement, leur alimentation basse tension étant dégagé latéralement par rapport au système de refroidissement. Cette caractéristique participe à réduire le risque de phénomène d'arc électrique entre le système de refroidissement et l'alimentation électrique des capteurs électroniques.

**[0043]** Selon une quatrième caractéristique du second aspect de l'invention, le système de refroidissement possède une première connexion hydraulique alimentant en liquide calorifique au moins un circuit de refroidissement qui est au moins partiellement intégré au réflecteur, le système de refroidissement étant connecté à un système d'alimentation en fluide calorifique au travers de sa première connexion hydraulique et d'une seconde connexion hydraulique. De préférence, la première connexion hydraulique et la seconde connexion hydraulique sont disposées à l'opposé de l'alimentation basse tension des capteurs électroniques, de l'autre côté du bloc réflecteur. Ceci afin de diminuer le risque de phénomène d'arc électrique.

**[0044]** Selon une cinquième caractéristique du second aspect de l'invention, le module optique comprend des moyens de mise en circulation constitués d'une pompe et d'un réservoir, la pompe puisant dans un réservoir de liquide calorifique,

les moyens de mise en circulation sont déportés du module optique. De plus, de l'eau déionisée est utilisée comme liquide calorifique et un filtre déioniseur est disposé entre le réservoir et la pompe.

**[0045]** D'autres particularités et avantages apparaîtront dans la description détaillée qui suit, d'un exemple de réalisation, non limitatif, de l'invention qui est illustré par les figures 1 à 8 placées en annexe et dans lesquelles :

- 5 - La figure 1 est une représentation en perspective d'un bloc optique d'un système de décontamination à la lumière pulsée haute fréquence qui est conforme à un aspect de l'invention ;
- La figure 2 est une représentation d'une vue éclatée du bloc optique de la figure 1, qui permet de distinguer une lampe flash conforme à un aspect de l'invention ;
- 10 - La figure 3 est une représentation en perspective de la lampe flash visible à la figure 2;
- Les figures 4 et 5 sont des représentations du sens de circulation d'un fluide calorifique au sein du circuit de refroidissement du bloc optique et de la lampe flash ;
- La figure 6 est une représentation d'une vue éclatée d'un module optique complet conforme à l'invention ;
- 15 - La figure 7 est une représentation schématique de la diffusion et réfraction du rayonnement électromagnétique de la lampe flash en direction d'une zone cible ; et
- La figure 8 est une représentation schématique d'une coupe transversale d'un réflecteur du bloc optique.

**[0046]** Comme illustré aux figures 1 à 8, un aspect de l'invention a trait à une lampe flash 1 à lumière pulsée configurée pour fournir, à haute fréquence, un rayonnement électromagnétique de lumière blanche qui présente un spectre électromagnétique allant de 180 nm à 1100 nm.

**[0047]** La présente rédaction s'attache à décrire l'invention dans le cadre d'un système de décontamination d'une zone cible 2. Toutefois, l'invention décrite dans ce document peut également être appliquée à tous domaines techniques ou industriels qui emploient d'ores et déjà la technologie d'irradiation à la lumière pulsée ou seraient susceptibles d'employer cette technologie.

**[0048]** Dans ce contexte, la lampe flash 1 comprend un tube à plasma 3 qui est hermétique et contient un gaz sous pression. Dans cet exemple, le gaz contenu dans le tube à plasma 3 est maintenu à une pression comprise entre 300 Torr et 900 Torr et de préférence la pression est comprise entre 450 Torr et 750 Torr.

**[0049]** Dans le présent exemple, le gaz rare xénon est utilisé de par sa faculté à produire un rayonnement électromagnétique de lumière blanche enrichie en rayonnement UV. Il est toutefois aussi possible d'utiliser le gaz rare krypton. Un mélange xénon/krypton pourrait également être utilisé dans diverses proportions.

**[0050]** Comme illustré aux figures 2, 3, 5 et 6, le tube à plasma 3 s'étend selon une direction longitudinale entre une première extrémité 30 et une seconde extrémité 31. Dans cet exemple, le tube à plasma 3 s'apparente à un cylindre rectiligne. Toutefois, le tube à plasma 3 pourrait prendre une multitude de formes géométriques régulières ou non régulières. A titre indicatif, le tube à plasma 3 peut présenter une longueur comprise entre 100 mm et 500 mm pour un diamètre intérieur compris entre 0,1 mm et 1 mm. Le diamètre intérieur correspond au diamètre de l'enceinte contenant le gaz qui est délimité par les parois du tube à plasma 3.

**[0051]** A chaque extrémité 30, 31 du tube à plasma 3 est disposé un bouchon 32. Le bouchon 32 assure hermétiquement le maintien sous pression déterminée du gaz contenu dans le tube à plasma 3. En outre, chaque bouchon 32 est équipé d'une électrode 33 qui est au moins partiellement en contact avec le gaz contenu dans le tube à plasma 3. Au contact du gaz, les électrodes 33 permettent de transmettre un courant électrique haute tension entre chaque extrémité 30, 31 de la lampe flash 1. Au sens de l'invention, un courant électrique de haute tension signifie que ce courant présente une tension comprise entre 1500 Volt et 5000 Volt.

**[0052]** Ainsi, lorsqu'un courant de haute tension traverse la lampe flash 1, le gaz qu'elle contient est ionisé. En réponse à cette ionisation, le gaz génère un rayonnement électromagnétique dit de haute intensité. Un rayonnement électromagnétique de haute intensité signifie selon l'invention un rayonnement électromagnétique qui génère une puissance électrique élevée comprise entre 0,8 MW et 3 MW.

**[0053]** Dans l'exemple illustré aux figures 1 à 6, chaque bouchon 32 est prolongé par une gaine 34 qui s'étend vers l'extérieur de la lampe flash 1 de manière à être reliée à un boîtier haute tension en capacité d'alimenter la lampe flash 1. Afin d'être reliée à un câble du boîtier haute tension la gaine 34 est prolongée à l'extérieur de la lampe flash 1 par un connecteur électrique 35.

**[0054]** Bien entendu, chaque connecteur électrique 35 est connecté à une électrode 33 afin de transmettre le courant haute tension au travers du tube à plasma 3 de la lampe flash 1. Ainsi, les connecteurs électriques 35 définissent les bornes de la lampe flash 1.

**[0055]** De manière remarquable, la lampe flash 1 comporte un échangeur thermique 5 à fluide calorifique intégré à sa structure. En particulier, le tube à plasma 3 est solidaire de l'échangeur thermique 5 à fluide calorifique. Plus spécifiquement, le tube à plasma 3 est au moins partiellement intégré dans l'échangeur thermique 5. Ainsi, le gaz contenu dans le tube à plasma 3 peut être refroidi en permanence lors de l'utilisation de lampe flash 1. De préférence, le tube à plasma 3 est entièrement intégré dans l'échangeur thermique 5. En effet dans cet exemple, l'échangeur thermique 5

s'étend selon une direction longitudinale autour du tube à plasma 3 de la lampe flash 1.

**[0056]** Ici, le fluide calorifique peut être formé par un gaz et/ou de l'eau. L'air sera préféré comme fluide calorifique lorsque l'on choisit un fluide calorifique de type gaz. Tandis que l'on préférera utiliser de l'eau déionisée. En effet, l'eau déionisée présente l'avantage de réduire le risque d'apparition d'un arc électrique entre le circuit haute tension et le liquide calorifique circulant dans l'échangeur thermique 5. Cette caractéristique contribue à augmenter la sécurisation de la lampe flash 1 lors de son fonctionnement et de son entretien.

**[0057]** Toujours dans cette optique de sécurisation de la lampe flash 1, les électrodes 33 sont totalement isolées de l'échangeur thermique 5. En pratique, chaque gaine 34 protège une électrode 33 en s'étendant, au travers de l'échangeur thermique 5, vers l'extérieur de la lampe flash 1. Dans les faits, chaque gaine 34 relie hermétiquement une électrode 33 à un connecteur électrique 35 via un câble électrique (non visible). L'isolation de l'alimentation haute tension de la lampe flash 1 vis-à-vis de l'échangeur thermique permet également de réduire le risque d'arc électrique.

**[0058]** Dans cet exemple, chaque gaine 34 possède au moins une portion rigide afin de maintenir en position le tube à plasma 3 en position au sein de l'échangeur thermique 5. Ici, le tube à plasma 3 est maintenu en position selon un axe médian longitudinal de l'échangeur thermique 5. La portion rigide de la gaine 34 s'étend au moins depuis le bouchon 32 jusqu'à l'extérieur de l'échangeur thermique 5. La portion rigide de la gaine 34 correspond à la portion de la gaine 34 qui est interne de la lampe flash 1. Il est à noter que des moyens d'étanchéité sont disposés à la jonction entre la paroi de l'échangeur thermique 5 et la gaine 34. A titre indicatif, les moyens d'étanchéité peuvent être formés par un joint d'étanchéité classique.

**[0059]** Comme illustré aux figures 2, 3 et 6, l'échangeur thermique 5 est formé par une enveloppe 50 qui s'étend longitudinalement entre ses deux extrémités 51, 52. A chaque extrémité 51, 52, l'enveloppe 50 présente un épaulement 53 qui délimite chaque extrémité 51, 52. Entre chaque épaulement 53 est définie une partie centrale 54 de l'enveloppe 50 qui contient le tube à plasma 3. Ainsi, chaque extrémité 51, 52 de l'enveloppe 50 contient une partie d'une électrode 33 et la portion rigide de la gaine 34. Dans cet exemple, l'épaulement 53 marque également une réduction du diamètre de l'enveloppe 50 par rapport au diamètre de l'enveloppe 50 dans sa partie centrale 54.

**[0060]** Dans cet exemple, l'enveloppe 50 contient entièrement le tube à plasma 3 et forme une double peau. Le tube à plasma 3 et l'échangeur thermique 5 forment ainsi un ensemble indissociable. En ce sens, il est possible de qualifier la lampe flash 1, comme une lampe double peau.

**[0061]** En outre, l'enveloppe 50 comporte un orifice d'entrée 55 et un orifice de sortie 56 de fluide calorifique. L'orifice d'entrée 55 et l'orifice de sortie 56 contribuent à générer une circulation de fluide calorifique autour du tube à plasma 3. A cet effet, l'orifice d'entrée 55 et l'orifice de sortie 56 sont respectivement disposés à proximité d'une extrémité 51, 52 de l'enveloppe 50. Le positionnement de l'orifice d'entrée 55 et de l'orifice de sortie 56 à chaque extrémité 51, 52 de l'enveloppe 50 contribue à optimiser la circulation de fluide calorifique.

**[0062]** En vue de générer un flux de fluide calorifique suffisamment important, le choix du diamètre intérieur de l'enveloppe 50 dépend de la longueur du tube à plasma 3. Par exemple, selon l'invention un débit suffisant correspond à un débit compris entre 4 et 12 litres par minute.

**[0063]** A titre indicatif, un débit suffisant de fluide calorifique peut être obtenu lorsque la lampe flash 1 est conçue selon un rapport longueur du tube à plasma 3 sur le diamètre intérieur de l'enveloppe 50 qui est compris entre 10 et 20 et de préférence ce rapport est compris entre 13 et 17.

**[0064]** Dans l'exemple illustré notamment à la figure 3, l'orifice d'entrée 55 et l'orifice de sortie 56 sont prolongés extérieurement par un conduit qui s'étend depuis l'échangeur thermique 5 dans une direction opposée au tube à plasma 3. Ledit conduit s'étend sur une distance comprise entre 15 mm et 20 mm.

**[0065]** En particulier, l'orifice d'entrée 55 et l'orifice de sortie 56 s'étendent selon un axe perpendiculaire à l'axe médian longitudinal de l'enveloppe 50. Dans le cas d'espèce, les conduits de l'orifice d'entrée 55 et de l'orifice de sortie 56 sont parallèles l'un à l'autre et s'étendent dans la même direction.

**[0066]** Dans l'exemple de la figure 3, l'orifice d'entrée 55 et l'orifice de sortie 56 sont saillants de l'enveloppe 50 et dégagés latéralement par rapport à l'axe longitudinal du tube à plasma 3. Chaque orifice 55, 56 s'étend selon un angle de 90° par rapport à l'axe longitudinal du tube à plasma 3. Cette configuration permet de contraindre l'entrée et la sortie de fluide calorifique au sein de l'échangeur thermique 5. Cette contrainte génère un flux turbulent au sein de l'échangeur thermique 5. A pression égale, un flux turbulent permet d'améliorer les échanges calorifiques entre le fluide calorifique et le tube à plasma 3. Le refroidissement de la lampe flash 1 s'en trouve amélioré.

**[0067]** En pratique, afin de créer un flux turbulent, chaque orifice 55, 56 peut s'étendre selon un angle supérieur à 45° par rapport à l'axe longitudinal du tube à plasma 3. Les orifices 55, 56 et leur prolongement constituent des connecteurs mécaniques configurés pour être connectés respectivement à un conduit d'un système de refroidissement de la lampe flash 1.

**[0068]** Chaque orifice 55, 56 peut posséder un diamètre intérieur qui est inférieur au diamètre de l'enveloppe 50. Le diamètre intérieur de chaque orifice 55, 56 peut être compris entre 5 mm et 10 mm.

**[0069]** La réduction du diamètre de chaque orifice 55, 56 participe également à générer à un flux de fluide calorifique turbulent.

## EP 3 686 919 A1

[0070] Comme illustrés aux figures 2, 3 et 6, l'orifice d'entrée 55 et l'orifice de sortie 56 sont respectivement équipés d'un joint ressort 57. Dans cet exemple, les deux joints ressorts 57 ceinturent respectivement le prolongement de chaque orifice 55, 56. Chaque joint ressort 57 est un joint d'étanchéité. A cet effet, chaque joint ressort 57 comprend une structure en matériau élastique. Le matériau élastique peut être constitué par du caoutchouc naturel ou synthétique, ou tout autre matériau polymère possédant des propriétés d'élasticité.

[0071] La structure de chaque joint ressort 57 est équipé de ressort. Le ressort peut-être disposé sur le pourtour de la structure élastique ou être intégré à cette structure élastique par surmoulage.

[0072] Il est à noter que le tube à plasma 3 et l'enveloppe 50 de l'échangeur thermique 5 sont réalisés dans un matériau qui présente des propriétés optiques de transparence sur l'intégralité du spectre électromagnétique émis par la lampe flash 1. A titre d'exemple, il est possible d'utiliser de matériau de silice fondue.

### Exemples de réalisation d'une Lampe Flash selon l'invention

[0073] Comme nous l'avons évoqué précédemment, la puissance d'émission d'une lampe flash 1 selon l'invention dépend de plusieurs paramètres.

[0074] De manière connue, la puissance instantanée d'un dipôle peut se calculer selon la formule suivante :

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

Avec,

P = Puissance en Watt,

E= Energie en Joule

$\Delta t$ = durée du Flash en seconde

[0075] De manière classique, l'énergie peut s'exprimer selon la formule suivante :

$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

Avec,

E = énergie en joule

C = la capacité en Farad de lampe

V = La tension appliquée aux bornes de la lampe

[0076] Les paramètres C et V sont identifiés dans le module d'électronique de puissance. Ces paramètres sont déterminés en fonction des caractéristiques de la lampe flash 1.

[0077] Deux exemples de réalisation de l'invention sont détaillés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1

Paramètres	Exemple 1	Exemple 2
Longueur tube à plasma (en mm)	100-200	200-400
Diamètre <u>intérieur</u> tube à plasma (en mm)	1-10	1-10
Diamètre intérieur Enveloppe (en mm)	10-20	10-20
Capacité (en $\mu F$ )	40-60	40-60
Tension appliquée (en Volt)	1800-3200	3200-4200
Durée du Flash (en $\mu s$ )	80-220	200-220
Puissance du Flash (en Mégawatt)	0,9-1,5	1,3-2,5

**[0078]** Comme illustré aux figures 1, 2 et 4 à 6, la lampe flash 1 est configurée de manière à fonctionner au sein d'un module optique 6. Le module optique 6 constitue un second aspect de la présente invention.

**[0079]** Le module optique 6 possède au moins deux blocs : un bloc support 7 et un bloc réflecteur 8 qui peuvent être séparés l'un de l'autre.

**[0080]** Comme illustré à la figure 6, le bloc support 7 est formé par l'habillage 60 du module optique 6. L'habillage 60 comprend une plaque support 61 qui s'étend de préférence selon un plan. Comme illustré à la figure 6, la plaque support 61 est délimitée par des bords périphériques. Ici, les bords périphériques sont formés par quatre côtés qui définissent une plaque support 61 de forme rectangulaire. Toutefois, la plaque support 61 pourrait prendre une multitude de formes. L'habillage 60 possède également des parois latérales 62 qui s'étendent depuis les bords périphériques de manière perpendiculaire au plan de la plaque support 61. Dans l'exemple illustré à la figure 6, le bloc support 7 est équipé d'une fenêtre 70. La fenêtre 70 est ménagée dans la plaque support 61. La fenêtre 70 est délimitée latéralement par une bordure interne 63 de la plaque support 61. De part et d'autre de la fenêtre 70 deux espaces latéraux 64 du module optique 6 sont définis entre la bordure interne 63 et les bords périphériques de la plaque support 61.

**[0081]** De préférence, la fenêtre 70 est transparente aux moins aux rayons UV de manière à diffuser le rayonnement électromagnétique de la lampe flash 1 en direction d'une zone cible 2. De préférence, la fenêtre 70 est transparente pour l'intégralité du spectre électromagnétique émis par la lampe flash 1. A cet effet, la fenêtre 70 transparente peut être réalisée dans un matériau qui comporte des propriétés optiques similaires au matériau employé pour la confection du tube plasma 3 et de l'enveloppe 50.

**[0082]** Le bloc support 7 comprend également un réceptacle 71 de la lampe flash 1. Le réceptacle 71 et la lampe flash 1 sont configurés pour que la lampe flash 1 soit positionnée de manière amovible dans le réceptacle 71 par emboîtement. Ce caractère amovible facilite le montage/démontage de la lampe flash 1 et plus généralement l'entretien de la lampe flash 1 et du module optique 6.

**[0083]** En outre, le réceptacle 71 permet de maintenir la lampe flash 1 en position dans l'axe de la fenêtre 70. A ces fins, le réceptacle 71 possède un premier support 72 et un second support 73 qui sont disposés de part et d'autre de la fenêtre 70. Chaque support 71, 72 est solidarisé à la plaque support 61 dans un espace latéral 64 du module optique 6. Chaque support 72, 73 est positionné selon un axe longitudinal médian de la fenêtre 70.

**[0084]** Les deux supports 72, 73 se présentent sous la forme d'un élément quadrangulaire configuré pour recevoir une extrémité 51, 52 de l'enveloppe 50 de la lampe flash 1. Chaque support 72, 73 comporte un détrompeur 74, de préférence, le détrompeur 74 consiste en un logement ménagé sur sa face supérieure. Plus précisément, le logement s'étend longitudinalement depuis un côté du support proximal de la fenêtre 70 vers le côté opposé du support, sans toutefois le rejoindre. Le côté opposé du support est distal de la fenêtre 70.

**[0085]** Le détrompeur 74 est avantageusement configuré de façon à recevoir une extrémité 51, 52 de l'enveloppe 50. En particulier, la forme et les dimensions du logement sont configurées de façon spécifique pour accueillir une extrémité 51, 52 de l'enveloppe 50. Dans cet exemple, lorsqu'une extrémité de l'enveloppe 51, 52 est emboîtée dans un logement d'un détrompeur 74, l'épaulement 53 de cette extrémité 51, 52 est disposé en butée du côté de chaque support 72, 73 qui est proximal de la fenêtre 70.

**[0086]** Chaque détrompeur 74 assure un positionnement de la lampe flash 1 selon l'axe longitudinal médian de la fenêtre 70. A ces fins, le logement s'étend selon l'axe longitudinal médian de la fenêtre 70 de manière à ce que la lampe flash 1 s'étende selon ce même axe. Cette caractéristique permet d'optimiser la diffusion des irradiations vers la zone cible 2 au travers de la fenêtre 70.

**[0087]** Comme illustré aux figures 1, 2 et 4, chaque détrompeur 74 comporte une rainure 75 qui s'étend depuis le logement du détrompeur 74 jusqu'au côté de chaque support 72, 73 qui est distal de la fenêtre 70. La rainure 75 est configurée pour coopérer avec la portion de la gaine 34 qui s'étend à l'extérieur de lampe flash 1. La rainure 75 contribue au dégagement de la gaine 34 du bloc support 7.

**[0088]** En outre, le bloc support 7 possède des capteurs électroniques contrôlant le bon fonctionnement du module optique 6. A titre indicatif, il est possible d'embarquer sur le bloc support 7 un détecteur UV (photodiode UV) afin s'assurer de la quantité de rayonnement UV reçu par la zone cible 2. Le bloc support 7 peut également être équipé d'un détecteur bris de verre qui permet de contrôler l'intégrité de la fenêtre 70 et/ou de la lampe flash 1. Avantageusement, les capteurs électroniques sont disposés au niveau d'un des deux supports 72, 73. Dans cet exemple, les capteurs électroniques sont disposés au niveau du support 73. La plaque support 61 possède des perçages afin que les capteurs électroniques soient pointés vers la zone cible 2. Les capteurs électroniques sont alimentés par une alimentation basse tension 76. L'alimentation basse tension 76 peut être formée par une alimentation électronique classique de douze volts. Dans cet exemple, l'alimentation basse tension 76 est dégagée latéralement du module optique 6.

**[0089]** A titre indicatif, les deux supports 72, 73 peuvent être conçus dans un matériau polymérique et/ou composite. A titre indicatif, il est possible d'utiliser des fluoro-polymères tels que le polyfluorure de vinylidène (PVDF) ou le polytétrafluoroéthylène (PTFE). Avantageusement, un matériau polymérique fluoré est résistant au rayonnement électromagnétique de la lumière UV. Un tel choix permet d'augmenter la longévité du bloc support 7.

**[0090]** Comme illustré à la figure 6, le bloc support 7 est configuré pour coopérer avec le bloc réflecteur 8. En particulier,

le bloc réflecteur 8 s'emboîte de manière spécifique avec le bloc support 7 par le dessus de ce dernier.

**[0091]** Intéressons-nous à la composition du bloc réflecteur 8. Le bloc réflecteur 8 comprend un réflecteur 80. Dans cet exemple, le réflecteur 80 est façonné dans la masse. Cela signifie qu'il est façonné d'une seule pièce dans la masse d'un bloc de matériau déterminé. De préférence, le matériau est choisi de nature métallique.

**[0092]** Tel qu'illustré à la figure 7, le réflecteur 80 assure une première fonction de réflexion et concentration du rayonnement électromagnétique de la lampe flash 1 en direction de la zone cible 2. A cet effet, le réflecteur 80 est une pièce quadrangulaire qui possède une face supérieure 800 et deux faces latérales 801 qui s'étendent longitudinalement de part et d'autre de la face supérieure 800. La face supérieure 800 et les faces latérales 801 forment un capot configuré pour recouvrir la fenêtre 70. Par ailleurs, le réflecteur 80 possède un sillon 81 qui s'étend longitudinalement dans la pièce quadrangulaire. Ici, le sillon 81 est ménagé dans la masse de la pièce quadrangulaire.

**[0093]** Comme illustré à la figure 8, le sillon 81 traverse la pièce quadrangulaire longitudinalement de manière à former un tunnel. De plus, le sillon 81 est de préférence poli de manière à présenter des propriétés optiques de réflexion. Ainsi, le sillon 81 assure la réflexion et la concentration du rayonnement électromagnétique de la lampe flash 1 en direction de la zone cible 2.

**[0094]** A titre indicatif, le réflecteur 80 peut être réalisé dans un matériau métallique tel que l'acier et de préférence l'aluminium. L'objectif du réflecteur 80 est de réfléchir le rayonnement électromagnétique émis par la lampe flash 1 et notamment la partie UV de ce rayonnement. En ce sens, l'aluminium poli renvoie 80% du rayonnement électromagnétique UV émis par la lampe flash 1.

**[0095]** Le réflecteur 80 présente des dimensions légèrement supérieures à celles de la fenêtre 70 de manière à prendre appui sur la plaque support 61 entre la bordure interne 63 et les bords périphériques. Ainsi, le réflecteur 80 est conformé de manière à recouvrir, d'une part, la lampe flash 1 positionnée dans son réceptacle 71, et d'autre part, la fenêtre 70 ménagée dans la plaque support 61.

**[0096]** Comme illustré aux figures 1, 2, 4 et 6, le bloc réflecteur 8 comprend également un premier élément latéral 82 et un second élément latéral 83. Les deux éléments latéraux 82, 83 sont solidaires du réflecteur optique 80. Plus précisément, les deux éléments latéraux 82, 83 sont solidarisés au réflecteur optique 80 de part et d'autre du sillon 81 à chacune de ses extrémités 810, 811. Ainsi, une face supérieure de chaque élément latéral 82, 83 prolonge latéralement la face supérieure 800 du réflecteur 80.

**[0097]** Chaque élément latéral 82, 83 est configuré pour coopérer avec un support 72, 73 déterminé du réceptacle 71 de la lampe flash 1. En effet, chaque élément latéral 82, 83 comporte un logement complémentaire du logement du détrompeur 74 de chaque support 72, 73. Le logement complémentaire assure un emboîtement d'un élément latéral 82, 83 avec un support 72, 73 tout en maintenant la lampe flash 1 en position au sein du bloc optique 6.

**[0098]** De la même manière, chaque élément latéral 82, 83 comprend une rainure 84 complémentaire de la rainure 75 de dégagement de chaque support 72, 73. Les rainures 75, 84 respectivement disposées sur un support 72, 73 et sur un élément latéral 82, 83, contribuent conjointement à dégager latéralement les portions extérieures des gaines 34 du bloc support 7 et du bloc réflecteur 8. En conséquence, la lampe flash 1 comporte deux connecteurs électriques 35 qui sont isolés du bloc réflecteur 8 et du bloc support 7 par dégagement latéral au niveau du réceptacle 71 de la lampe flash 1 (illustré aux figures 1 et 4). Les connecteurs électriques 35 sont reliés par des câbles à un boîtier haute tension indépendant du module optique 6.

**[0099]** A titre indicatif, chaque élément latéral 82, 83 peut être conçu dans un matériau polymérique et/ou composite. Comme pour les supports 72, 73 du bloc support 7, et pour les mêmes raisons, il est préférable d'utiliser un matériau polymérique/composite résistant aux rayonnements UV.

**[0100]** Avantagusement, le bloc réflecteur 8 est relié de manière amovible au bloc support 7. A cet effet, le module optique 6 comprend des moyens mécaniques 9 démontables manuellement. A titre d'exemple, ces moyens mécaniques 9 peuvent être formés par des vis imperdables. Cette caractéristique permet à un opérateur de réaliser une opération de maintenance sans utiliser d'outil.

**[0101]** Les moyens mécaniques 9 coopèrent avec un premier alésage 90 réalisé à une position déterminée dans chaque élément latéral 82, 83. Les moyens mécaniques 9 coopèrent également avec un second alésage 91 qui est réalisé à une position déterminée dans chacun des supports 72, 73. La position du second alésage 91 correspond à la position du premier alésage 90 de manière à ce qu'ils soient positionnés selon un axe commun lorsque le bloc réflecteur 8 est emboîté avec le bloc support 7.

**[0102]** Dans l'exemple illustré aux figures 1, 2, 4, 5 et 6, le module optique 6 est avantagusement équipé de moyens de préhension 65. Ici, les moyens de préhension 65 sont solidaires du bloc réflecteur 8 au niveau de la face supérieure 800 du réflecteur 80. Dans cet exemple, les moyens de préhension 65 sont formés par une poignée. Les moyens de préhension 65 permettent à un opérateur de séparer aisément le bloc réflecteur 8 du bloc support 7 afin de procéder à des opérations d'entretien. Bien évidemment, l'assemblage du bloc réflecteur 8 sur le bloc support 7 est également facilité et accéléré lors du montage ou remontage du bloc optique 6.

**[0103]** En outre comme illustré aux figures 1, 2, 4, 5 et 8, le bloc réflecteur 8 comporte un système de refroidissement du module optique 6. Le système de refroidissement comprend au moins un circuit de refroidissement 10 à fluide

calorifique. De préférence, le circuit de refroidissement 10 est au moins partiellement intégré au réflecteur 80.

**[0104]** Le circuit de refroidissement 10 est alimenté en fluide calorifique par une connexion hydraulique 11, 16. Dans cet exemple, la connexion hydraulique 11, 16 est disposée sur le premier élément latéral 82 du bloc réflecteur 8.

**[0105]** Selon une première variante de l'invention illustré aux figures 4 et 5, l'admission de fluide calorifique est branchée à une première connexion hydraulique 11. Cette configuration permet de transmettre le fluide calorifique directement à l'échangeur thermique 5 de la lampe flash 1. Ce n'est que dans un second temps que le fluide calorifique pénètre dans le circuit de refroidissement 10.

**[0106]** Selon une seconde variante de l'invention, l'admission de fluide calorifique est branchée à une seconde connexion hydraulique 16. Cette configuration permet de transmettre le fluide calorifique directement dans le circuit de refroidissement 10. Selon cette variante, le réflecteur 80 est refroidi par un fluide calorifique plus froid. Une telle configuration permet de mieux refroidir le réflecteur 80 lorsque la fréquence de flash est supérieure ou égale à 1 Hz.

**[0107]** A ces fins, chaque élément latéral 82, 83 est équipé de moyens de connexion 12, 13 à l'orifice d'entrée 55 et/ou à l'orifice de sortie 56 de l'enveloppe 50 de l'échangeur thermique 5. Lors de l'emboîtement entre le bloc support 7, la lampe flash 1 et le bloc réflecteur 8, les moyens de connexion 12, 13 sont configurés de manière à s'enclencher avec l'orifice d'entrée 55 et/ou à l'orifice de sortie 56 qui sont maintenus en position par le détrompeur 74.

**[0108]** De manière avantageuse, lorsque le bloc support 7, la lampe flash 1 et le bloc réflecteur 8 sont emboîtés, la première connexion hydraulique 11 est connectée à l'orifice d'entrée 55 de l'échangeur thermique 5 au travers des moyens de connexion 12 du premier élément latéral 82. En parallèle, l'orifice de sortie 56 est connecté aux moyens de connexion 13 du second élément latéral 83. Dans cet exemple, les moyens de connexion 13 sont connectés au circuit de refroidissement 10 du réflecteur 80 via un conduit extérieur 14. Ici, le conduit extérieur 14 se connecte à la partie du circuit de refroidissement qui est intégrée au réflecteur 80. La connexion entre le conduit extérieur 14 et la partie du circuit de refroidissement 10 qui est intégrée au réflecteur 80 est positionnée au niveau du premier élément latéral 82.

**[0109]** Les moyens de connexion 12, 13 peuvent être respectivement constitués par une douille. La douille présente un diamètre interne supérieur au diamètre de chaque orifice 55, 56. Chaque orifice 55, 56 constitue ainsi un connecteur mécanique mâle configuré pour former une connexion mécanique avec les moyens de connexion 12, 13 qui sont de type femelle.

**[0110]** Selon l'invention, les connexions respectives entre les moyens de connexion 12, 13 et les orifices 55, 56 sont opérées par emboîtement des orifices 55, 56 dans les moyens de connexion 12, 13. Lesdites connexions constituent les seules liaisons mécaniques entre la lampe flash 1 et le bloc réflecteur 8.

**[0111]** Dans ce contexte, chaque joint ressort 57 est inséré à l'intérieur d'une douille d'un moyen de connexion 12, 13. Ceci a pour effet de réduire les contraintes mécaniques qui s'appliquent au niveau des fixations de la lampe flash 1. Le joint ressort 57 permet avantageusement de limiter les casses de lampe flash 1 lors de leur installation ou de leur remplacement. Par ailleurs en cours d'utilisation, le joint ressort 57 permet de placer la lampe flash 1 en suspension en créant une liaison mécanique élastique.

**[0112]** En sus, le ressort du joint ressort 57 produit, avant l'arrivée du fluide calorifique, une précontrainte à l'intérieur de la douille qui assure l'étanchéité de la connexion en l'absence de fluide calorifique ou lors de l'arrivée du fluide calorifique. L'élasticité du joint 57 lui permet également de se comprimer lorsque la pression du fluide calorifique augmente, assurant ainsi une parfaite étanchéité de la connexion hydraulique. Cette caractéristique contribue à augmenter la sécurité du module optique 6.

**[0113]** Comme illustré à la figure 8, le circuit de refroidissement 10 est partiellement intégré dans la masse du réflecteur 80. En particulier, le circuit de refroidissement 10 comporte un échangeur thermique 15. Ici, l'échangeur thermique 15 parcourt longitudinalement le réflecteur 80. En pratique, l'échangeur thermique 15 réalise à minima un va et vient de part et d'autre du sillon 81. En sortie de la partie du circuit de refroidissement 10 qui est intégrée au réflecteur 80 se trouve une seconde connexion hydraulique 16 du fluide calorifique. Avantageusement, la seconde connexion hydraulique 16 est disposée au niveau du premier élément latéral 82.

**[0114]** Il est à noter que la première connexion hydraulique 11 et la seconde connexion hydraulique 16 sont respectivement reliées à un système d'alimentation en fluide calorifique. Selon la variante de l'invention le branchement de l'admission et de l'évacuation de fluide calorifique peut être inversé sur la première connexion hydraulique 11 et la seconde connexion hydraulique 16. Le sens de circulation du fluide calorifique est alors inversé.

**[0115]** Par ailleurs, pour éviter la présence d'ions malgré un passage dans la masse métallique du réflecteur 80, le conduit de l'échangeur thermique 15 peut être préalablement oxydé. Lorsque le réflecteur 80 est réalisé en aluminium (Al), l'oxydation du conduit de l'échangeur thermique 15 conduit à un conduit en oxyde d'aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ou communément appelé alumine qui présente des propriétés isolantes. La faible épaisseur d'alumine (quelques μm) n'engendrera pas de problème de refroidissement. De surcroît, l'alumine présente une conductivité thermique de 10.9 W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> qui permet d'assurer le refroidissement du réflecteur 80.

**[0116]** Le système d'alimentation en fluide calorifique peut comprendre des moyens de mise en circulation du fluide calorifique et un réservoir de fluide calorifique. Dans cet exemple, le système d'alimentation en fluide calorifique est extérieur au module optique 6. Ceci dans un souci de diminution des risques de phénomène d'arc électrique.

[0117] Dans le cas, le cas d'un fluide calorifique de type gaz, les moyens de mise en circulation peuvent être formés par une pompe branchée sur un réservoir de gaz ou présentant une admission d'air ambiant.

[0118] Dans le cas d'un fluide calorifique de type liquide calorifique, les moyens de mise en circulation peuvent être constitués d'une pompe puisant dans un réservoir de liquide calorifique. Lorsque l'eau déionisée est utilisée comme liquide calorifique, un filtre déioniseur est avantageusement disposé entre le réservoir et la pompe. Le filtre déioniseur permet d'éliminer d'éventuels ions qui auraient été captés par le fluide calorifique lors de son parcours.

[0119] En outre, l'agencement spécifique du système de refroidissement présente plusieurs avantages. De manière générale, ce système de refroidissement est configuré de façon à se connecter de façon amovible avec l'échangeur thermique 5 de la lampe flash 1. Cette caractéristique permet de simplifier les opérations d'entretien du module optique 6.

[0120] Selon la variante de l'invention illustrée aux figures 4 et 5, de par la configuration du système de refroidissement le fluide calorifique passe dans un premier temps dans l'échangeur thermique 5 de la lampe flash 1. Ceci permet d'éviter qu'un fluide calorifique ne se charge en ions en passant dans la masse du réflecteur 80 métallique avant d'être au contact du tube à plasma 3. Or, ceci contribue à diminuer le risque qu'un phénomène d'arc électrique se produise au niveau du système de refroidissement.

[0121] En sortie de l'échangeur thermique 5 de lampe flash 1, le fluide calorifique passe au travers du conduit externe 14 afin de pénétrer dans l'échangeur thermique 15 du réflecteur 80 au niveau du premier élément latéral 82. En sortie de l'échangeur thermique 15 du réflecteur 80, le fluide calorifique rejoint via la seconde connexion hydraulique 16 le système d'alimentation en fluide calorifique. Il est à noter que la circulation du fluide calorifique au sein du système de refroidissement et de l'échangeur thermique 5 est schématisé sur les figures 4 et 5 par des flèches qui se suivent.

[0122] Dans ce même objectif, la première connexion hydraulique 11 et la seconde connexion hydraulique 16 du circuit de refroidissement 10 sont tous deux disposés d'un même côté du réflecteur 80. En effet, la première connexion hydraulique 11 et la seconde connexion hydraulique 16 sont disposées au niveau du premier élément latéral 82. Cette caractéristique participe également à réduire le risque qu'un phénomène d'arc électrique se produise en périphérie du module optique 6. L'alimentation en fluide calorifique est donc parfaitement isolée de l'alimentation haute tension de la lampe flash 1. De plus, l'alimentation basse tension 76 du module optique 6 est intégrée de l'autre côté du réflecteur 80, dans le second support 73 du réceptacle 71.

[0123] Ainsi, l'alimentation en fluide calorifique est effectuée d'un côté du réflecteur 80 alors que l'alimentation basse tension de la partie électronique du module optique 6 est effectuée de l'autre côté du réflecteur 80. De surcroît, comme nous l'avons évoqué précédemment, les connecteurs électriques 35 hautes tensions de la lampe flash 1 sont isolés et dégagés latéralement du module optique 6. Toute ces caractéristiques et leur agencement contribuent à diminuer de génération d'un arc électrique lors du fonctionnement du module optique 6 ou d'une opération d'entretien.

[0124] Il est à noter qu'un couvercle peut être prévu afin de coopérer avec les parois latérales 62 en vue de fermer supérieurement l'habillage 60 du module optique 6.

## Revendications

1. Lampe flash (1) à lumière pulsée comprenant un tube à plasma (3) hermétique qui contient un gaz sous pression, le tube à plasma (3) s'étendant selon un axe longitudinal entre une première extrémité (30) et une seconde extrémité (31), à chaque extrémité (30, 31) du tube à plasma (3) est disposé un bouchon (32) équipé d'une électrode (33) qui est au moins partiellement en contact avec le gaz contenu dans le tube à plasma (3) de manière à transmettre un courant électrique haute tension d'une extrémité à l'autre de la lampe flash (1) générant ainsi un rayonnement électromagnétique, le tube à plasma (3) est entièrement intégré dans un échangeur thermique (5) à fluide calorifique, l'échangeur thermique (5) étant formé par une enveloppe (50) s'étendant entre deux extrémités (51, 52) et comprenant un orifice d'entrée (55) et un orifice de sortie (56) de fluide calorifique, l'orifice d'entrée (55) et l'orifice de sortie (56) sont respectivement disposés au niveau d'une extrémité (51, 52) de l'enveloppe (50), **caractérisée en ce que** l'orifice d'entrée (55) et l'orifice de sortie (56) sont saillants de l'enveloppe (50), dégagés latéralement par rapport à l'axe longitudinal du tube à plasma (3) et s'étendent selon un angle supérieur à 45° par rapport à l'axe longitudinal du tube à plasma (3), les électrodes (33) se dégagent, vers l'extérieur au travers de l'échangeur thermique (5), au travers d'une gaine (34) qui prolonge, selon l'axe longitudinal du tube à plasma (3), chaque bouchon (32) isolant totalement les électrodes (33) de l'échangeur thermique (5).

2. Lampe flash (1) à lumière pulsée selon la revendication 1, l'orifice d'entrée (55) et l'orifice de sortie (56) s'étendent selon un angle de 90° par rapport à l'axe longitudinal du tube à plasma (3).

3. Lampe flash (1) à lumière pulsée selon l'une des revendications 1 et 2, l'orifice d'entrée (55) et l'orifice de sortie (56) sont respectivement équipés d'un joint ressort (57), les deux joints ressorts (57) ceinturant respectivement un orifice (55, 56).

4. Lampe flash (1) à lumière pulsée selon l'une des revendications 1 à 3, chaque gaine (34) possède au moins une portion rigide assurant le maintien du tube à plasma (3) en position au sein de l'échangeur thermique (5).

5 6. Lampe flash (1) à lumière pulsée selon l'une des revendications 1 à 5, le fluide calorifique étant formé par un gaz et/ou de l'eau, et de préférence de l'eau déionisée.

10 7. Module optique (6) de lumière pulsée intégrant une lampe flash (1) définie selon l'une des revendications 1 à 6, la lampe flash (1) étant alimentée en courant haute tension via deux connecteurs électriques (35), le module optique (6) possède :

- un bloc support (7) équipé d'un réceptacle (71) de la lampe flash (1) et d'une fenêtre (70) transparente aux moins aux rayons UV de manière à diffuser le rayonnement électromagnétique de la lampe flash (1) en direction d'une zone cible (2),

15 - un bloc réflecteur (8) comportant, d'une part, un réflecteur (80) qui s'étend selon un axe longitudinal, le réflecteur (80) comportant un sillon (81) qui s'étend selon l'axe longitudinal du réflecteur (80) et assure la réflexion et la concentration du rayonnement électromagnétique de la lampe flash (1) en direction d'une zone cible (2), et d'autre part, un système de refroidissement du module optique (6),

20 **caractérisé en ce que**, le réflecteur (80) et le sillon (81) sont façonnés dans la masse, le système de refroidissement du module optique (6) s'étendant au moins partiellement dans la masse du réflecteur (80), ledit système de refroidissement est également configuré de façon à se connecter de manière amovible avec l'échangeur thermique (5) de la lampe flash (1) alors que les deux connecteurs électriques (35) sont isolés du bloc réflecteur (8) et du bloc support (7) par dégagement latéral au niveau du réceptacle (71) de la lampe flash (1).

25 8. Module optique (6) de lumière pulsée selon la revendication 7, le bloc réflecteur (8) est équipé de moyens de préhension (65) et est relié de manière amovible au bloc support (7) par des moyens mécaniques (9) démontables manuellement.

30 9. Module optique (6) de lumière pulsée selon l'une des revendications 7 et 8, le bloc réflecteur (8) comprend également un premier élément latéral (82) et un second élément latéral (83), les deux éléments latéraux (82, 83) sont disposés de part et d'autre du réflecteur (80), chaque élément latéral (82, 83) est équipé de moyens de connexion (12, 13) configuré pour former une connexion hydraulique avec l'orifice d'entrée (55) et/ou à l'orifice de sortie (56) de l'enveloppe (50) de l'échangeur thermique (5).

35 10. Module optique (6) de lumière pulsée selon l'une des revendications 7 à 9, le bloc support (7) embarque des capteurs électroniques qui sont disposés au niveau du réceptacle (71) de la lampe flash (1) afin d'être isolés du système de refroidissement, leur alimentation basse tension (76) étant dégagée latéralement par rapport au système de refroidissement.

40 11. Module optique (6) de lumière pulsée selon l'une des revendications 7 à 10, le système de refroidissement possède une première connexion hydraulique (11) alimentant en liquide calorifique au moins un circuit de refroidissement (10) qui est au moins partiellement intégré au réflecteur (80), le système de refroidissement étant connecté à un système d'alimentation en fluide calorifique au travers de sa première connexion hydraulique (11) et d'une seconde connexion hydraulique (16).

45 12. Module optique (6) de lumière pulsée selon l'une des revendications 7 à 11, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens de mise en circulation constitués d'une pompe et d'un réservoir, la pompe puisant dans un réservoir de liquide calorifique, les moyens de mise en circulation sont déportés du module optique (6).

50 13. Module optique (6) de lumière pulsée selon la revendication 12, de l'eau déionisée est utilisée comme liquide calorifique et un filtre déioniseur est disposé entre le réservoir et la pompe.

Fig. 1

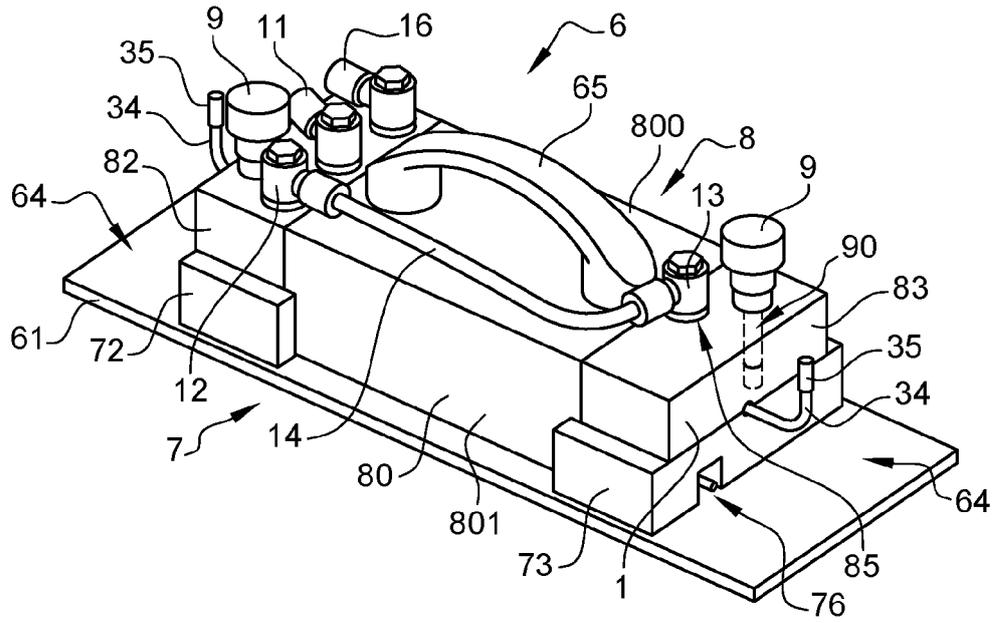
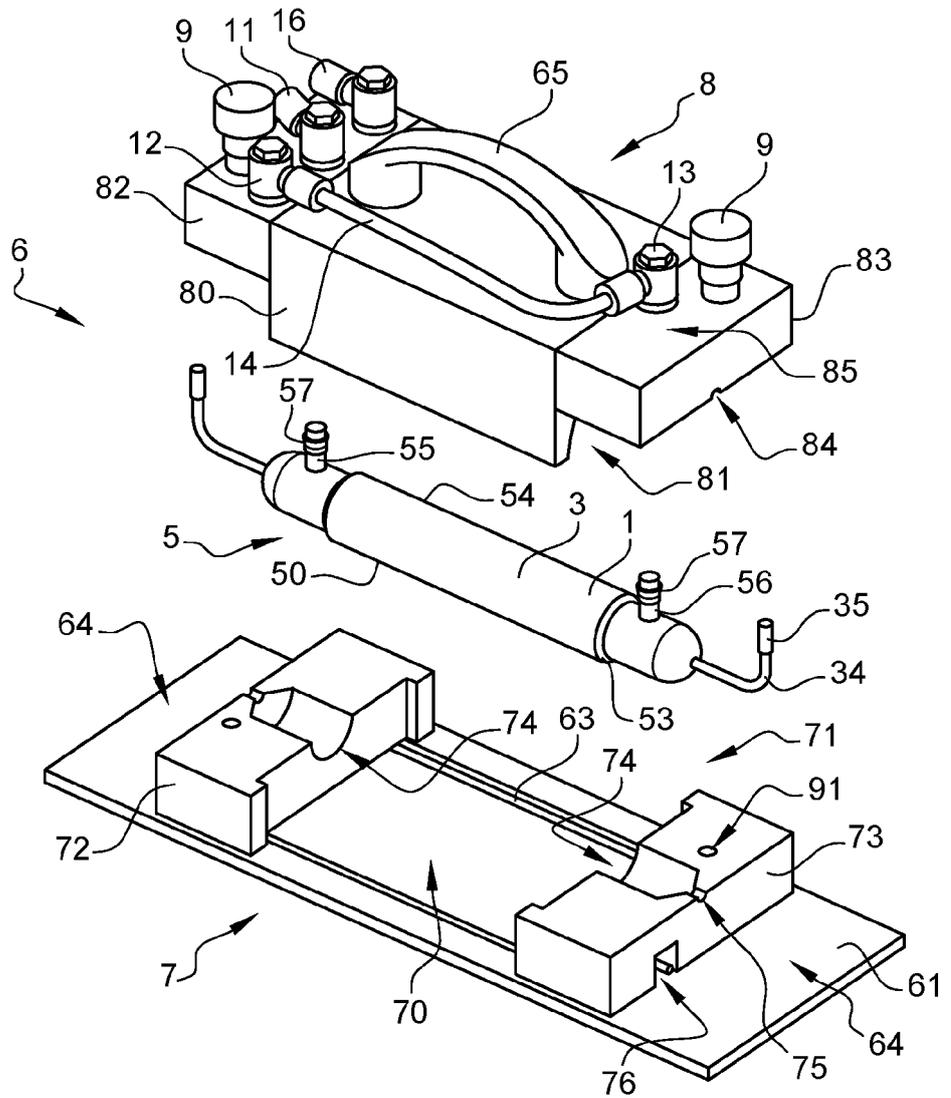
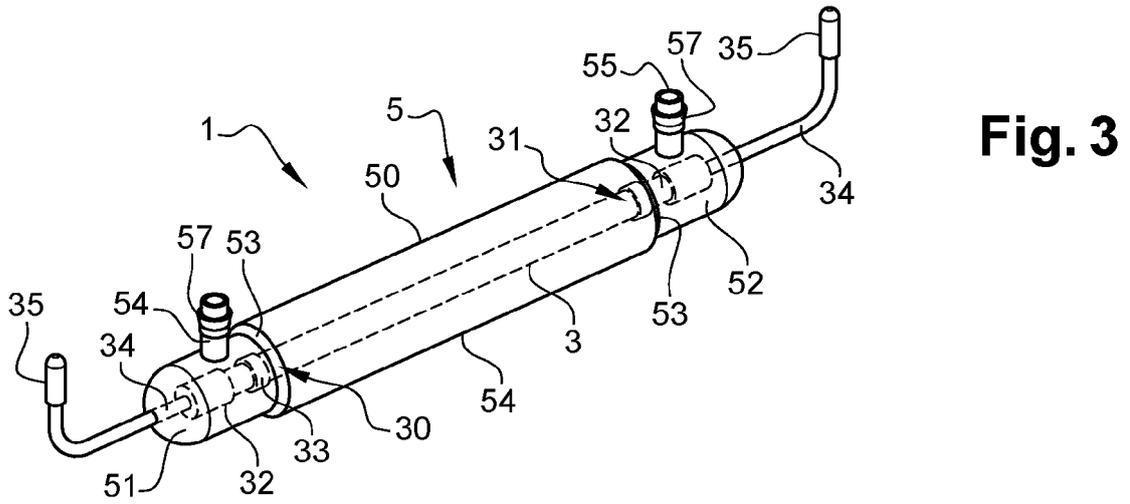
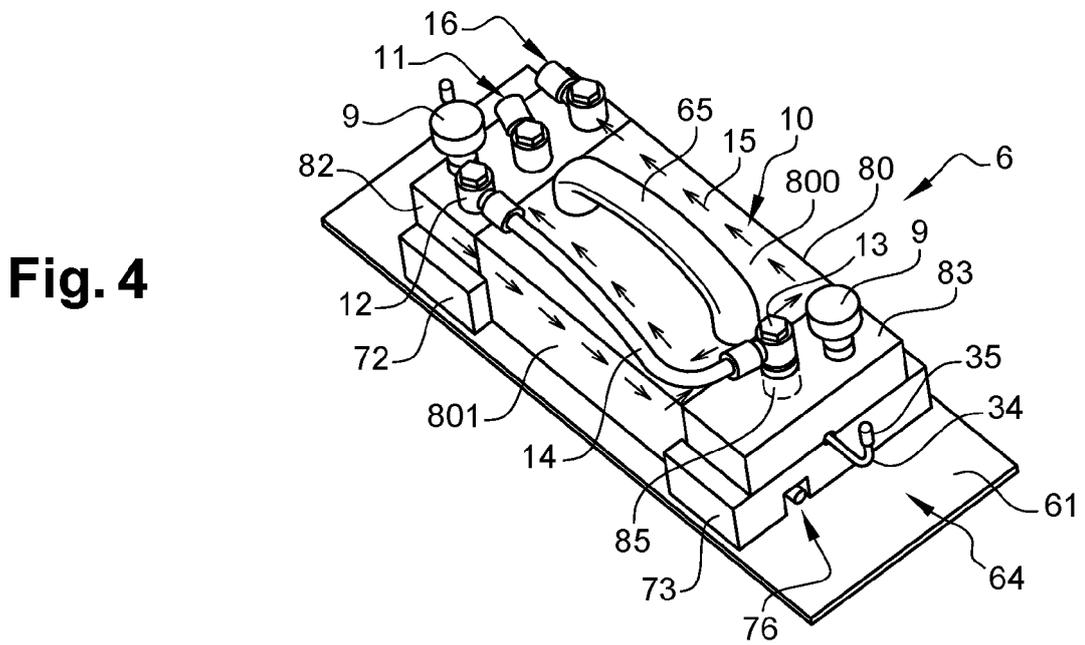


Fig. 2

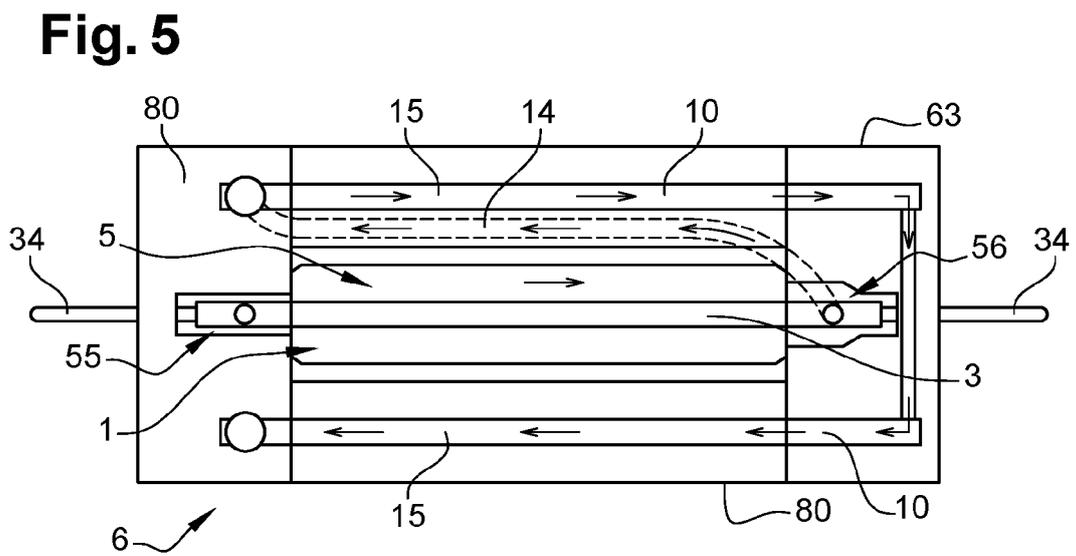




**Fig. 3**

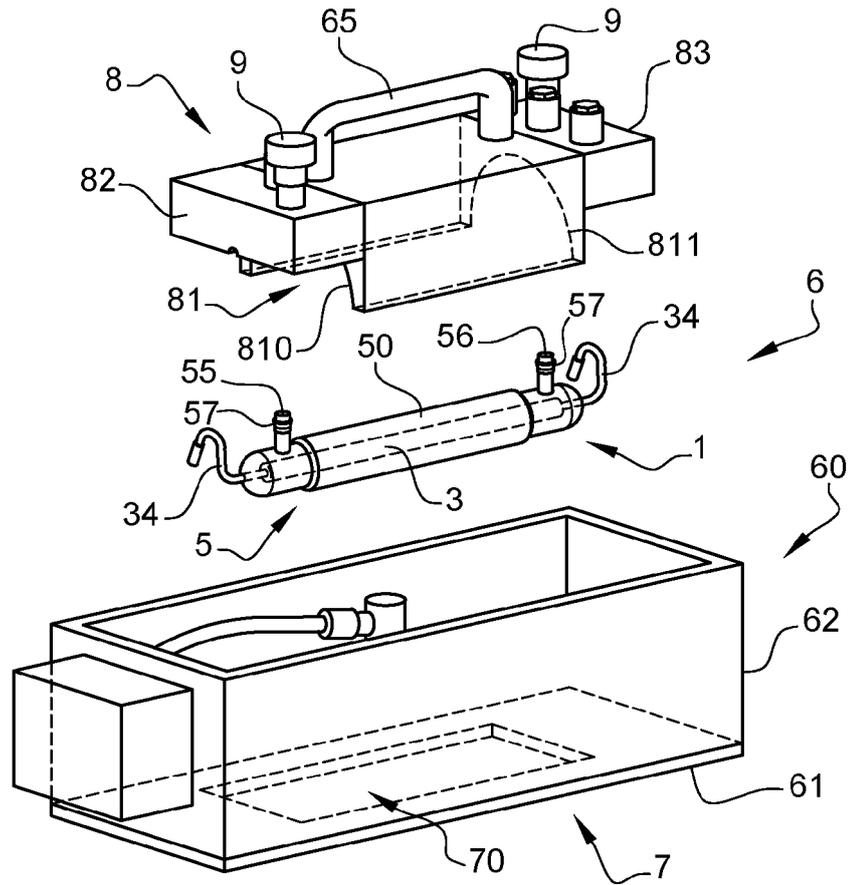


**Fig. 4**

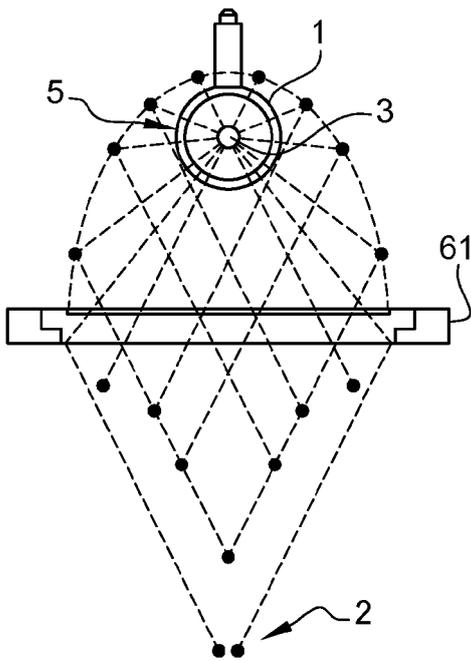


**Fig. 5**

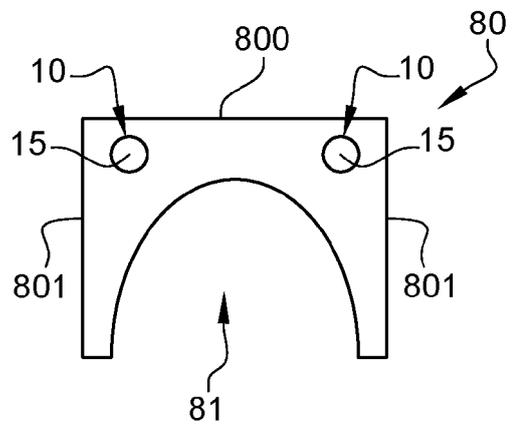
**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 20 15 2319

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	GB 2 360 946 A (LYNTON LASERS LTD [GB]) 10 octobre 2001 (2001-10-10) * page 4, ligne 13 - page 5, ligne 27; figures 1-3 *	1-4,6	INV. H01J61/80 H01J61/52 A23L3/28 A61L2/00 A61L2/10 H01J61/76
Y	NL 6 402 111 A (NONE) 28 décembre 1964 (1964-12-28) * figure 3 *	1,2,4,6	
Y	US 2014/001947 A1 (TSUCHIDA SHIGERU [JP]) 2 janvier 2014 (2014-01-02) * figure 1B *	1,2,4,6	
A	EP 1 547 538 A1 (EUROFEEDBACK SA [FR]) 29 juin 2005 (2005-06-29) * alinéas [0034] - [0051]; figures 2-10 *	1-4,6-13	
A	EP 1 906 856 A1 (PERKINELMER OPTOELECTRONICS [DE]) 9 avril 2008 (2008-04-09) * page 1, lignes 10-25; figures 1-6 * * colonne 2, ligne 62 - colonne 7, ligne 48 *	1-4,6-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	WO 2016/012488 A2 (EUROFEEDBACK SA [FR]) 28 janvier 2016 (2016-01-28) * figures 3, 4, 7,9,10 * * page 8, lignes 9-14 * * page 8, lignes 26-27 * * page 10, lignes 9-27 * * page 1, lignes 14-15 *	1-4,6-13	H01J A61L A23L
A	US 2011/238142 A1 (HOTTINGER CHRISTOPHE [FR] ET AL) 29 septembre 2011 (2011-09-29) * alinéas [0015], [0071] *	1-4,6-13	
A	FR 2 951 949 A1 (CLARANOR [FR]) 6 mai 2011 (2011-05-06) * le document en entier *	1-4,6-13	
2 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 22 juin 2020	Examineur Chevrier, Dominique
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.

EP 20 15 2319

5

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

22-06-2020

10

15

20

25

30

35

40

45

50

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2360946	A	10-10-2001	AUCUN	
NL 6402111	A	28-12-1964	GB 1052513 A NL 6402111 A	22-06-2020 28-12-1964
US 2014001947	A1	02-01-2014	CN 103460127 A JP 5895138 B2 JP 2012208163 A US 2014001947 A1 WO 2012132360 A1	18-12-2013 30-03-2016 25-10-2012 02-01-2014 04-10-2012
EP 1547538	A1	29-06-2005	AT 338518 T DE 602004002266 T2 EP 1547538 A1 FR 2864440 A1	15-09-2006 05-04-2007 29-06-2005 01-07-2005
EP 1906856	A1	09-04-2008	AT 538746 T CY 1112567 T1 DE 102005053469 A1 EP 1906856 A1 ES 2379884 T3 JP 5054685 B2 JP 2009501039 A PL 1906856 T3 US 2009180288 A1 WO 2007007167 A1	15-01-2012 10-02-2016 08-02-2007 09-04-2008 04-05-2012 24-10-2012 15-01-2009 31-07-2012 16-07-2009 18-01-2007
WO 2016012488	A2	28-01-2016	AU 2015293969 A1 AU 2019203020 A1 CA 2955809 A1 CN 107105682 A EP 3171899 A2 EP 3449949 A1 ES 2712885 T3 FR 3024038 A1 FR 3026013 A1 PL 3171899 T3 US 2017209607 A1 WO 2016012488 A2 ZA 201700627 B ZA 201807287 B	16-02-2017 23-05-2019 28-01-2016 29-08-2017 31-05-2017 06-03-2019 16-05-2019 29-01-2016 25-03-2016 28-06-2019 27-07-2017 28-01-2016 31-07-2019 29-01-2020
US 2011238142	A1	29-09-2011	CA 2737231 A1 EP 2341984 A1 FR 2935885 A1 FR 2935887 A1	25-03-2010 13-07-2011 19-03-2010 19-03-2010

EPO FORM P0460

55

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 20 15 2319

5

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

22-06-2020

10

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
		US 2011238142 A1	29-09-2011
		WO 2010031947 A1	25-03-2010
-----			
FR 2951949	A1 06-05-2011	EP 2493515 A1	05-09-2012
		FR 2951949 A1	06-05-2011
		US 2012273693 A1	01-11-2012
		WO 2011051615 A1	05-05-2011
-----			

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0460

55

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- US 4464336 A [0004]
- US 6566659 B [0005] [0007]
- WO 2008012519 A [0013] [0014]
- WO 2016012488 A [0018] [0019] [0020]