

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 984 028

②1 N° d'enregistrement national : 11 61413

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : H 01 T 1/00 (2013.01), H 01 T 2/00, H 01 J 17/06,  
H 01 S 3/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 09.12.11.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 14.06.13 Bulletin 13/24.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES — FR.

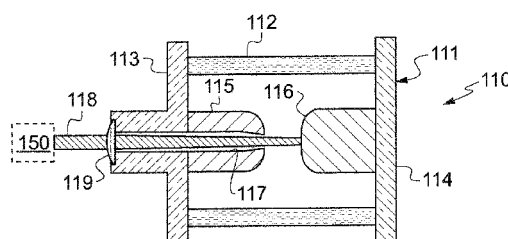
⑦2 Inventeur(s) : BAILLY-SALINS RENE.

⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES.

⑦4 Mandataire(s) : SANTARELLI.

⑤4 ECLATEUR HAUTE TENSION A AMORÇAGE PAR LASER COMPORTANT UNE CATHODE EN MATERIAU REFRACTAIRE POREUX A CHARGE PHOTOEMISSIVE.

⑤7 Un éclateur à haute tension et à amorçage par laser comporte une anode 115 et une cathode 116 séparée par un intervalle situé dans une enceinte 111 contenant un gaz sous pression, une lentille 119 destinée à intercepter un faisceau laser 118 selon une direction axiale de l'anode et à le concentrer au travers de l'anode en direction de la cathode; cet éclateur est caractérisé en ce que la lentille 119 est conçue en sorte de focaliser le faisceau au-delà de la surface de la cathode délimitant ledit intervalle et en ce que la cathode 116 est au moins en une partie de sa surface formée d'un matériau réfractaire poreux dans lequel sont dispersées des matières photoémissives capables d'émettre des électrons sous l'effet du faisceau.



FR 2 984 028 - A1



5 L'invention concerne un éclateur à haute tension du type à amorçage par laser ; selon un aspect de l'invention sa cathode est au moins en partie formée d'un matériau réfractaire poreux à charge photoémissive, tel que celui mis en œuvre dans des cathodes du type à réserve (« cathode dispenser » en anglais).

10 Les éclateurs à haute tension, et en pratique à forte intensité de courant, sont des éclateurs de puissance qui sont généralement amorcés par un laser.

Un éclateur est ici considéré comme étant à haute tension lorsqu'il est conçu en sorte de pouvoir transférer de l'énergie à une tension d'au moins  
15 1000 volts.

La technologie des éclateurs amorcés (on dit aussi « déclenchés ») par laser a été mise en œuvre avec l'avènement des lasers afin de fiabiliser l'instant du déclenchement, et donc sa possible synchronisation avec d'autres évènements. Le principe d'un tel amorçage par laser est de focaliser un  
20 faisceau laser dans l'intervalle (ou « gap ») situé entre les électrodes de l'éclateur, qui est en pratique rempli d'un gaz sous pression, typiquement du SF<sub>6</sub> ; cela déclenche un arc électrique entre les électrodes, du fait de l'ionisation du gaz dans cet intervalle, ce qui assure temporairement une conduction électrique entre les électrodes. L'ionisation commence à  
25 l'emplacement où le faisceau est focalisé et l'arc électrique est en pratique de faible diamètre, ce qui signifie qu'il a une inductance et une résistance élevées.

On voit, sur la figure 1, un tel éclateur 10 comportant une enceinte 11 contenant un gaz sous pression (typiquement du SF<sub>6</sub>, ou de l'air sec, à une pression de 3 à 5 bars) et délimitée par une paroi de tube de confinement 12  
30 fermée à ses extrémités par deux plaques 13 et 14, en pratique métalliques, supportant les connexions électriques du circuit. Dans cette enceinte, deux électrodes viennent en saillie, à savoir une anode 15 et une cathode 16.

L'anode est traversée par un canal longitudinal délimitant un canal 17 pour le passage d'un faisceau laser 18, généré par une source non représentée, et focalisé par une lentille 19 montée à l'entrée du canal précité. Le schéma de cette figure 1 fait bien apparaître que le faisceau 18 est focalisé à l'intérieur de l'espace inter-électrodes. La figure 2 montre l'arc électrique 20 ainsi obtenu ; il a un faible diamètre, par rapport au diamètre des électrodes, et a donc une inductance et une résistance relativement élevées.

Des éclateurs de ce type sont commercialisés par BEVERLY III and Associates © » ou ont été développés par des laboratoires de recherche. A titre d'exemple, on peut citer les éclateurs suivants.

Le « Rutherford Appleton Laboratory » a ainsi développé un éclateur décrit dans « G.J. Hirst et al – Pulsed power development for the Supersprite multikilojoule KrF laser » – présenté lors de la conférence « Pulsed Power Conference » de 1991.

Il s'agit d'un éclateur destiné à transférer l'énergie d'une ligne coaxiale de  $5.5 \Omega$ , chargée à 1700 kV, vers une autre ligne coaxiale adaptée. Avec un gap de 70 mm et une pression en SF6 de 60 psia (c'est-à-dire 4.14 bars), l'éclateur est amorcé par un laser KrF à 248nm. Le faisceau laser, distribué sur trois zones focales décalées de  $120^\circ$  l'une de l'autre, génère trois arcs parallèles ; l'inductance et la résistance du gap sont alors réduites, même lorsque le nombre d'arcs est limité à deux seulement.

Le « Sandia Laboratory » a développé un autre éclateur, décrit dans « M.E. Savage et al – High reliability low jitter 80 kV pulse generator » paru dans « Physical review special topics / accelerators and beam » de 2009.

Il s'agit d'un éclateur à deux gaps parallèles, dont chaque gap est de 7 mm pour une pression de SF6 de 4 bars et une tension statique de 100 kV appliquée sur une plaque percée, d'épaisseur 1 mm, située au milieu des deux plaques de masse ; on peut donc parler de système à deux éclateurs. Le déclenchement du système est obtenu par un unique faisceau laser UV dirigé dans l'axe des éclateurs. La résistance des deux arcs en parallèle décroît vers  $1 \Omega$  en 20 ns et reste quasiment stationnaire pendant toute la durée de la décharge électrique. Le front de montée de l'impulsion de courant est de 20 ns.

Pour des applications exigeant la commutation d'une impulsion avec un front de montée court et avec un rendement de transfert élevé, les dispositifs mentionnés ont l'inconvénient de présenter une inductance et une résistance relativement élevées ; le fait de tenter, dans les deux dispositifs mentionnés ci-

5 dessus, de multiplier les arcs électriques pour résoudre ce problème conduit, d'une part, à une structure complexe et, d'autre part, à une probabilité d'amorçage de tous les arcs qui est inférieure à 100%.

D'autres exemples d'éclateurs à déclenchement par laser sont notamment décrits dans les documents US – 3 295 011, FR – 1 495 564 ou FR-

10 – 2 673 334. Le document FR – 1 495 564 aborde en outre l'obtention d'une cadence élevée de déclenchement. On observe des inconvénients similaires à ceux mentionnés plus haut.

L'invention a pour objet de surmonter les problèmes précités, c'est-à-

15 dire qu'elle vise un éclateur dont le rendement de transmission d'énergie est augmenté tout en raidissant les fronts de montée des impulsions électriques, sans avoir à prévoir des arcs électriques parallèles.

L'invention propose pour ce faire de créer un arc électrique unique, mais avec un plus grand diamètre que dans les solutions connues, donnant

20 ainsi lieu à une inductance et une résistance plus faibles que celles des arcs classiques. Pour cela, l'invention enseigne de mettre en œuvre une électrode de type cathode à réserve (« dispenser cathode » en anglais), irradiée sur une grande surface par un faisceau laser d'amorçage. L'arc électrique ainsi obtenu se forme très rapidement (front de montée très élevé) et permet d'atteindre

25 l'objectif souhaité.

Plus précisément, l'invention propose un éclateur à haute tension et à amorçage par laser, comportant une anode et une cathode séparée par un intervalle situé dans une enceinte contenant un gaz sous pression, une lentille destinée à intercepter un faisceau laser selon une direction axiale de l'anode et

30 à le concentrer au travers de l'anode en direction de la cathode, caractérisé en ce que la lentille est conçue en sorte de focaliser le faisceau au-delà de la surface de la cathode délimitant ledit intervalle et en ce que la cathode est au

moins en une partie de sa surface formée d'un matériau réfractaire poreux dans lequel sont dispersés des matières photoémisives capables d'émettre des électrons sous l'effet du faisceau.

5 Il a été constaté qu'en pratique, l'amorçage de l'éclateur démarre d'abord sur la section du faisceau laser et s'étend ensuite à toute la section des électrodes (donc de la cathode, notamment).

10 Il convient de noter que cela va a priori à l'encontre des réflexes de l'homme de métier de ne pas focaliser le faisceau laser d'amorçage dans l'intervalle entre l'anode et la cathode, voire à la surface de la cathode. En effet, la notion d'amorçage vise classiquement à générer, en une zone particulière du volume de gaz situé entre les électrodes, une ionisation bien supérieure à celle qui risque d'apparaître spontanément en l'absence d'un tel faisceau, alors qu'on comprend que l'ionisation est d'autant plus différente du régime sans faisceau que l'amorçage est bien focalisé et donc concentré.

15 Par contre, l'invention enseigne de s'écarter de cet enseignement général, en cherchant à solliciter la cathode elle-même, sur une zone plus importante que dans les solutions connues, la cathode étant choisie d'un type se prêtant facilement à une ionisation, à savoir une cathode formée d'un matériau réfractaire poreux chargé en matières photoémisives, c'est-à-dire  
20 capables d'émettre des électrons (voire des ions) en mettant avantageusement en œuvre une énergie d'extraction plus faible que celle des photons incidents, ce qui favorise les effets photoémisifs, voire thermoémisifs d'électrons ; il a été constaté que ce matériau peut être un matériau connu en soi au sein de cathodes de type à réserve.

25 En fait, une cathode à réserve (« dispenser cathode » en anglais) est une cathode dont une partie est poreuse et imprégnée d'une charge (réserve) susceptible de se libérer en cas de sollicitation généralement thermique (grâce à un élément de chauffage sous-jacent), voire électrique ; on parle parfois d'effet thermo-ionique. Une telle cathode est classiquement réalisée en un  
30 matériau réfractaire, typiquement en tungstène, obtenu par frittage, et imprégné par une charge d'oxydes (souvent alcalins ou alcalino-terreux) capable de

fournir à la surface de l'élément cathodique des métaux libres (alcalins ou alcalino-terreux) sous l'action d'un chauffage.

La notion de cathode de réserve est notamment décrite dans l'article « Modern dispenser cathodes » de J.L. Cronin paru dans IEE PROC, Vol 128, Pt 1, N°1, February 1981, pp 19-32 ; on trouve également des informations sur cette notion dans la présentation « High Emission Density Thermionic Cathode » de Arnold Shih (Vacuum Electronics Branch, Naval Research Laboratory, Washington DC), lors de « Workshop on Cathodes for Relativistic Electron Beams » May 10-11 2001. On peut également se référer au document FR – 2 683 090 ou au document US – 2 864 028.

On comprend qu'ainsi, le faisceau laser d'un éclateur conforme à l'invention n'est pas utilisé pour générer un haut niveau d'ionisation de manière très localisée, mais sert à assurer une illumination provoquant un effet photoémissif (il peut y avoir en outre un léger chauffage) de la surface de la cathode ; pour qualifier cette différence de fonction, on peut dire que le faisceau laser, qui sert à amorcer une ionisation dans les éclateurs connus, sert selon l'invention à stimuler, par effet thermoémissif de l'irradiation produite, la cathode pour en faire désorber des électrons (voire quelques ions) d'une charge d'imprégnation (qui peut donc constituer la réserve d'une cathode à réserve).

Il mérite d'être noté que les cathodes à réserve, bien connues en soi, ont été essentiellement proposées pour des applications où une cathode coopère, sous l'effet d'un chauffage, de manière continue dans le temps, avec une anode dans un tube qui est sensiblement sous vide (magnétrons, klystrons, tubes cathodiques etc. Cela est a priori incompatible avec l'application d'éclateurs où l'intervalle séparant la cathode et l'anode contient un gaz sous pression, à une pression typiquement de plusieurs bars. Pourtant cette nouvelle application de matériaux pouvant faire partie de ces cathodes à réserve est apparue permettre d'obtenir, selon l'invention, des résultats tout à fait intéressants, sous une sollicitation (illumination) différente de celle appliquée aux cathodes à réserve (chauffage).

On peut noter que l'arc électrique résultant de l'amorçage peut provoquer un chauffage plus important que celui provoqué par le laser en soi,

ce qui peut contribuer à régénérer les matières photoémissoives à la surface. Il est intéressant de souligner que les matières photoémissoives sont en partie renouvelées en surface par les effets thermiques générés par le passage du courant pulsé.

5

De manière préférée, la lentille est conçue en sorte de faire irradier par le faisceau ladite surface de la cathode qui délimite ledit intervalle sur au moins 3 mm<sup>2</sup>, ce qui a l'avantage de maintenir à un niveau modéré l'érosion de la surface de la cathode ; un tel seuil vaut notamment pour des faisceaux d'irradiation (ou illumination) de l'ordre de 100 mJ, ce qui correspond à une densité d'illumination d'au plus 35 mJ/mm<sup>2</sup>, (notamment pour des impulsions de quelques nanosecondes). De manière préférée, notamment pour des durées d'impulsions de l'ordre de quelques nanosecondes, la lentille est conçue en sorte de faire irradier ladite surface de la cathode avec une densité d'illumination comprise entre 10 et 20 mJ/mm<sup>2</sup> ; une densité trop importante risque de conduire à une érosion trop importante de la surface de la cathode tandis qu'une densité trop faible risque de ne pas garantir un bon amorçage.

La largeur de la cathode (en pratique son diamètre, compte tenu de ce qu'elle a de préférence une section au moins approximativement cylindrique), est définie en fonction du courant, ou de la charge qu'il y a à faire transiter par celle-ci ; cela peut conduire en pratique à choisir des valeurs comprises entre 10 et 15 mm, notamment, pour avoir des valeurs acceptables de densité surfacique de courant sur le nez des électrodes..

L'intervalle inter-électrodes peut être de l'ordre de 5 à 15 mm, par exemple compris entre 8 et 12 mm.

Bien que ce diamètre du nez de la cathode et la distance inter-électrodes soient définis indépendamment l'un de l'autre (à partir de la densité de courant acceptée lors des décharges, d'une part, et à partir de la tension d'auto-amorçage acceptée, d'autre part), leurs valeurs peuvent être du même ordre, c'est-à-dire que le diamètre de la cathode peut être compris entre 50% et 200% de la distance inter-électrodes.

Un exemple bien connu de matériau réfractaire pour cathode à réserve est une poudre de tungstène frittée, imprégnée d'oxydes. De manière préférée, la poudre de tungstène frittée est imprégnée d'oxydes de baryum, de calcium et d'aluminium. De manière particulièrement préférée, les proportions relatives d'oxydes de baryum, de calcium et d'aluminium sont de 5 :3 :2. Cela correspond au matériau des cathodes bien connues sur le marché, sous la désignation « Philips B », ce qui correspond à des matériaux homogènes où les oxydes sont dispersés dans la masse du tungstène.

Il est à la portée de l'homme de métier de choisir d'autres valeurs dimensionnelles de l'éclateur, notamment en fonction de la tension de rampage (« flashover »); ainsi, notamment, la longueur du tube isolant est impérativement supérieure à la longueur pour laquelle prennent naissance des arcs de surface ou flashover.

L'invention a également pour objet un ensemble comportant un tel éclateur et une source laser émettant le faisceau laser qui est ensuite concentré par la lentille de l'éclateur.

De manière avantageuse, le faisceau laser a une durée d'impulsion inférieure à 5 ns, ce qui permet d'obtenir des fronts bien raides, sans toutefois consommer de quantités importantes de matière d'imprégnation.

20

Des objets, caractéristiques et avantages de l'invention ressortent de la description qui suit, donnée à titre d'exemple illustratif non limitatif en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe d'un éclateur classique, au moment de l'amorçage par un faisceau laser,
- la figure 2 est un schéma de cet éclateur classique, montrant l'arc électrique obtenu par l'amorçage de la figure 1,
- la figure 3 est un schéma de principe d'un éclateur conforme à l'invention, au moment de l'amorçage par le faisceau laser,
- la figure 4 est un schéma de cet éclateur montrant l'arc électrique ainsi obtenu,

30



- la figure 5 est un schéma structurel d'un éclateur conforme à l'invention, et
- la figure 6 est un graphique montrant des courbes obtenues, selon l'invention et selon une configuration de la figure 1.

5

L'éclateur représenté de manière schématique à la figure 3 diffère de l'éclateur classique de la figure 1 sur deux points principaux :

- le faisceau laser est focalisé en arrière de la surface de la cathode qui est interceptée par le faisceau, donc au-delà de l'intervalle inter-électrodes,
- la cathode est en un matériau réfractaire de type photoémissif, c'est-à-dire permettant l'émission d'électrons du fait d'une illumination par le laser.

Plus précisément, l'éclateur de la figure 3, noté 110, comporte, comme l'éclateur de la figure 1, une enceinte 111 contenant un gaz sous pression (typiquement du SF<sub>6</sub>, ou de l'air sec, à une pression de 3 à 5 bars) et délimitée par une paroi de tube de confinement 112 fermée à ses extrémités par deux plaques 113 et 114, en pratique métalliques, supportant les connexions électriques du circuit. Dans cette enceinte, deux électrodes viennent en saillie, à savoir une anode 115 et une cathode 116. L'anode est traversée par un canal longitudinal délimitant un canal 117 pour le passage d'un faisceau laser 118, généré par une source schématisée en 150, et focalisé par une lentille 119 montée à l'entrée du canal précité. A la différence du schéma de la figure 1, le schéma de cette figure 3 fait bien apparaître que le faisceau 118 est focalisé au-delà de l'espace inter-électrodes, conservant un diamètre significatif (non ponctuel) lors de son interception de la surface de la cathode 116. On comprend que la différence de focalisation peut résulter d'un simple changement de la lentille.

L'enceinte et l'anode peuvent être similaires à celles de la figure 1. Par contre, la lentille 119 est différente de la lentille 19, puisque celle-ci ne concentre que peu le faisceau 118, de manière à irradier une portion significative de la surface de la cathode. Cette cathode 116 est ici obtenue à

partir du matériau d'une cathode à réserve, c'est-à-dire qu'elle est formée d'un matériau poreux (en pratique un matériau fritté) chargé d'une charge émissive, dont il a été constaté qu'elle est capable de libérer des électrons de la cathode en cas de simple illumination (sans donc nécessiter de réel chauffage). Cette charge émissive permet la formation d'un arc électrique entre les électrodes. La zone de la surface de la cathode qui est ainsi irradiée est par exemple de l'ordre de 10 mm<sup>2</sup> pour un faisceau laser de puissance de l'ordre de 100 mJ.

La figure 4 montre l'arc électrique 120 ainsi obtenu ; par rapport à celui de la figure 2, il a un diamètre bien plus important, étant de l'ordre de celui des électrodes. En effet, cet arc électrique recouvre rapidement toute la surface de la cathode, en pratique au moins 90% de cette surface contribuant à délimiter l'intervalle inter-électrodes ; cet arc électrique a donc une inductance et une résistance bien plus faibles que dans le cas des figures 1 et 2.

En surface, les matières photoémisives dispersées dans la cathode remontent plus ou moins en surface en conséquence des effets thermiques induits essentiellement par le passage du courant, contribuant à une bonne durée de vie de cette cathode.

Si l'on considère le diamètre du nez de la cathode et la distance inter-électrodes (qui sont en pratique définis à partir de la densité de courant acceptée lors des décharges, et à partir de la tension d'auto-amorçage acceptée, respectivement, c'est-à-dire indépendamment l'un de l'autre), on peut noter qu'ils peuvent être du même ordre, c'est-à-dire que le diamètre de la cathode peut être compris entre 50% et 200% de la distance inter-électrodes.

Le matériau réfractaire de la cathode est un matériau poreux, typiquement obtenu par frittage ; il est avantageusement homogène, contenant des matières photoémisives dispersées dans son volume. Ce matériau est avantageusement formé de tungstène (ou en un mélange de tungstène et de métaux de la mine du platine), avec une charge dispersée d'oxydes alcalins ou alcalino-terreux (éventuellement complétés par d'autres oxydes). Ainsi, ce matériau de la cathode 116 est avantageusement à base de tungstène, avec une charge d'oxydes, typiquement des oxydes de baryum, de calcium et d'aluminium ; les proportions sont par exemple, de manière connue en soi, de

5 :3 :2 ; cela permet d'utiliser des matériaux existant sur le marché. Toutefois, l'invention se généralise à d'autres types de matériaux, par exemple à base de molybdène, avec des éléments qui peuvent être des éléments photoélectriques tels que ceux que l'on trouve dans les photodiodes.

5 En outre de l'augmentation du rendement de transmission et de la réduction des fronts de montée, l'éclateur selon l'invention apporte les avantages suivants :

- la géométrie est particulièrement simple,
- l'érosion de la cathode par l'arc électrique est réduite, puisque  
10 celui-ci se forme sur toute la section de cette cathode,
- l'éclateur de l'invention exige une plus faible puissance de laser, c'est-à-dire qu'il peut se combiner avec des laser de puissance plus faible, donc moins coûteux qu'avec l'éclateur des figures 1 et  
2.

15 L'éclateur ainsi constitué peut fonctionner dans de très larges gammes de courant (de 1 à 100 kA) et de tension (1 à plusieurs centaines de kV, par exemple jusqu'à 500 kV).

La figure 5 représente un éclateur conforme à l'invention, dans lequel les proportions entre les diverses dimensions sont conformes à un exemple  
20 réel ; il s'agit d'un éclateur de démonstration, construit à partir d'un éclateur classique pour montrer les avantages de l'invention par rapport à une configuration classique. Il ne s'agit donc pas d'une configuration optimisée pour la mise en œuvre de l'invention.

Cet éclateur 210 est conforme au schéma général de la figure 3. Il  
25 comporte une enceinte 211 contenant un gaz sous pression, de préférence de l'air sec, bien moins difficile à utiliser que du SF<sub>6</sub> ; cet air sec est ici à une pression de 3 bars (elle est typiquement entre 3 et 5 bars). Cette enceinte est ici délimitée par une chambre en polyméthacrylate 211A, située à l'intérieur  
30 d'une paroi de tube de confinement 212 fermée à ses extrémités par deux plaques 213 et 214, en pratique métalliques, supportant les connexions électriques du circuit. Le volume situé entre la chambre 211A, d'une part, et la

paroi 212 et les plaques 213 et 214, d'autre part, est occupé par des pièces électriquement isolantes 213A et 214A, ici en polyacétal.

La chambre 211A maintient en position l'anode 215 et la cathode 216.

5 L'anode 215 est, à l'extérieur de la chambre 211A, connectée à six câbles coaxiaux 215A (ils ont ici une impédance de  $50\Omega$ , une longueur de 3 m et sont chargés à +50kV) ; on comprend que c'est dans ces câbles qu'est stockée l'énergie à décharger lors du déclenchement de l'éclateur. Un canal 217 longitudinal est ménagé dans l'anode 215, dans le prolongement d'un  
10 évidemment 213B situé dans la pièce 213A et d'une lentille de concentration 219. Cette lentille 219, cet évidemment 213B et ce canal 217 sont destinés à être traversés, de manière axiale, par un faisceau 218 généré par une source schématisée en 250 (elle est ici complétée par un miroir de renvoi qui oriente le faisceau dans l'axe de l'anode). Il s'agit par exemple d'un laser impulsif à  
15 532 nm, 100 mJ avec des impulsions de 3 ns de durée ; ainsi que cela est représenté sur cette figure 5, la lentille 219 ne focalise que partiellement le faisceau 218 sur la surface de la cathode puisque la zone focale est en fait située au-delà de cette surface ; la zone d'interception de la surface de la cathode par le faisceau a en effet, comme schématisé à la figure 3, un diamètre  
20 significatif.

Cette cathode 216 est ici une pièce rapportée à un support d'électrode 216A dont une partie massive se situe à l'extérieur de la chambre 211A. Ce support d'électrode (et donc la cathode) est connecté à la plaque 214 par une charge adaptée 214B, qui est ici une résistance céramique de  $8.3\Omega$   
25 (diamètre de 10 mm et une longueur utile de 35 mm). Un dispositif de mesure de courant 214C est ici monté autour de cette résistance.

On comprend aisément que ce qui importe, pour le fonctionnement de l'éclateur selon l'invention, est que la zone de cathode délimitant avec l'anode l'intervalle inter-électrode soit poreuse et chargée d'une charge  
30 émissive, mais que la constitution du bloc électrode à distance de cet intervalle importe peu. Cela explique une telle décomposition en une cathode 216 et en un support 216A. On comprend qu'on peut aussi considérer que cet ensemble

constitue une cathode, dont une partie est formée du matériau poreux réfractaire.

Cette cathode est ici réalisée en tungstène fritté, imprégné de BaO, de CaO et d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, selon un taux de mélange de 5 : 3 : 2 ce qui correspond au matériau de ce qui est commercialisé sous l'appellation de « cathode dispenser type Phillips ». Le diamètre de sa section est de 12 mm et sa dimension axiale (dans le prolongement du faisceau) est de l'ordre de 10 mm.

Il peut être noté que dans le cas d'un tel matériau, l'énergie d'extraction d'un électron (« work function ») peut être évaluée à 2.1 eV. En ce qui concerne le faisceau laser considéré à 532nm de longueur d'onde, l'énergie des photons est de  $(hc/\lambda)$  soit 2.33 eV ; on peut noter que l'énergie d'extraction des électrons est donc dans cet exemple inférieure à l'énergie des photons incidents. Une telle condition est avantageuse, sans toutefois être nécessaire.

Sous la référence 212A est représentée un orifice d'entrée d'air sous pression pour l'introduction d'air sec sous pression, dans la chambre 211A ainsi que dans tous les interstices entre les pièces remplissant le volume délimité par la paroi 212 et les plaques 213 et 214, en passant par les espaces de joints entre ces diverses pièces.

La chambre 211A sert au maintien en position des électrodes l'une par rapport à l'autre, ainsi qu'au confinement du plasma qui va se former lors du fonctionnement de l'éclateur.

La longueur de l'éclateur ici représenté est de 133 mm et un diamètre de 100 mm.

Ces électrodes 215 et 216 ont ici un intervalle inter-électrode de 8 mm.

Le choix des conditions mentionnées ci-dessus permettent d'obtenir une tension d'auto-amorçage de 60 kV, ce qui est favorable à la sécurité. Il est rappelé que la tension d'auto-amorçage  $U_b$  (en kV) est donnée par la formule  $U_b = k.p_a.h$  où :

- $k$  est un coefficient caractéristique du gaz sous pression (il est égal à 25 ou 70 selon que le gaz est de l'air sec ou du SF<sub>6</sub>),
- $p_a$  (en bar) est la pression absolue du gaz, et

- $h$  (en cm) est la distance inter-électrodes.

Dès l'amorçage de l'éclateur (donc de l'irradiation de la couche superficielle de la cathode), le courant électrique débité dans la résistance 214B est mesuré par le dispositif de mesure de courant 214C, ici un transformateur  
5 de courant dont le temps de réponse est de 5 ns.

Des enregistrements, représentés à la figure 6, ont été obtenus dans deux types de conditions.

Une première courbe correspond au cas d'une cathode en laiton, amorcée par un faisceau focalisé au milieu de l'intervalle inter-électrode (courbe  
10 en tiretés à la figure 6) ; une seconde courbe correspond à une cathode telle que décrite à propos de la figure 5 (courbe en trait plein à la figure 6) ; les autres conditions opératoires ont été les mêmes (énergie stockée dans les câbles, énergie du faisceau, distance inter-électrodes).

On peut noter que l'éclateur à cathode à réserve donne de meilleurs  
15 résultats que l'éclateur à cathode en laiton. La montée en tension est plus raide avec l'éclateur de l'invention, et cette montée est plus importante (près de 25 kV au lieu de 20 kV), ce qui correspond à un rendement de transfert plus important.

La supériorité d'un éclateur de l'invention par rapport aux éclateurs  
20 connus est ainsi établie.

Les valeurs précitées de 20 kV et 25kV sont obtenues (avec un gap  $h=8\text{mm}$ ) avec des câbles chargés à 50 kV, conformément à la loi de transmission :

$T = \text{tension (résistance de charge adaptée)}/\text{tension (câble)} = 0.5$   
25 dans un cas idéal, c'est à dire dans le cas d'un commutateur parfait.

Compte tenu de la loi précitée entre  $U_b$ ,  $k$ ,  $p_a$  et  $h$ , la longueur  $h$  du gap doit augmenter lorsque la tension de charge des câbles croît ; on peut s'attendre alors à une différence encore plus importante entre les deux courbes analogues à celles de la figure 6.

### REVENDEICATIONS

1. Eclateur à haute tension et à amorçage par laser, comportant une anode (115, 215) et une cathode (116, 216) séparée par un intervalle situé dans une enceinte (111, 211) contenant un gaz sous pression, une lentille (119, 219) destinée à intercepter un faisceau laser selon une direction axiale de l'anode et à le concentrer au travers de l'anode en direction de la cathode, caractérisé en ce que la lentille (119, 219) est conçue en sorte de focaliser le faisceau au-delà de la surface de la cathode délimitant ledit intervalle et en ce que la cathode (116, 216) est au moins en une partie de sa surface formée d'un matériau réfractaire poreux dans lequel sont dispersées des matières photoémissoives capables d'émettre des électrons sous l'effet du faisceau.

2. Eclateur selon la revendication 1, dans lequel la lentille (119, 219) est conçue en sorte de faire irradier par le faisceau ladite surface de la cathode qui délimite ledit intervalle sur au moins 3 mm<sup>2</sup>.

3. Eclateur selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel le diamètre de ladite surface de la cathode (116, 216) qui délimite ledit intervalle a une dimension transversale comprise entre 50% et 200% de la longueur de l'intervalle.

4. Eclateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dont la cathode (116, 216) est au moins en partie formée d'une poudre de tungstène frittée, imprégnée d'oxydes.

5. Eclateur selon la revendication 4, dans lequel la poudre de tungstène frittée est imprégnée d'oxydes de baryum, de calcium et d'aluminium.

6. Eclateur selon la revendication 5, dans lequel les proportions relatives d'oxydes de baryum, de calcium et d'aluminium sont de 5 :3 :2.

7. Ensemble comportant une source laser (150, 250) et un éclateur (110, 210) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, la source laser étant positionnée en sorte d'appliquer un faisceau laser à la lentille suivant la direction axiale de l'anode.

8. Ensemble selon la revendication 7, dont le faisceau laser a une durée d'impulsion inférieure à 5 ns.

9. Ensemble selon la revendication 7 ou la revendication 8, dont le faisceau est formé de photons dont l'énergie est supérieure à l'énergie d'extraction d'électrons à partir de la cathode.

10. Ensemble selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans  
5 lequel la lentille (119, 219) est conçue en sorte de faire irradier par le faisceau ladite surface de la cathode qui délimite ledit intervalle avec une densité surfacique comprise entre 10 et 20 mJ/mm<sup>2</sup>.



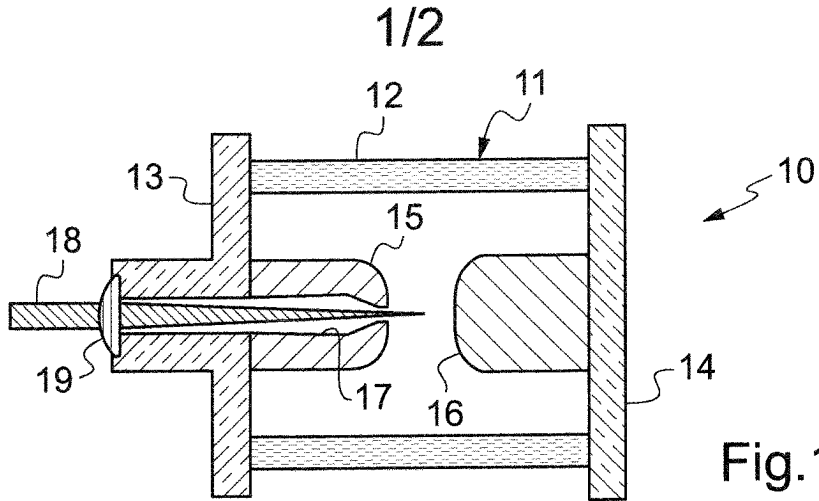


Fig.1

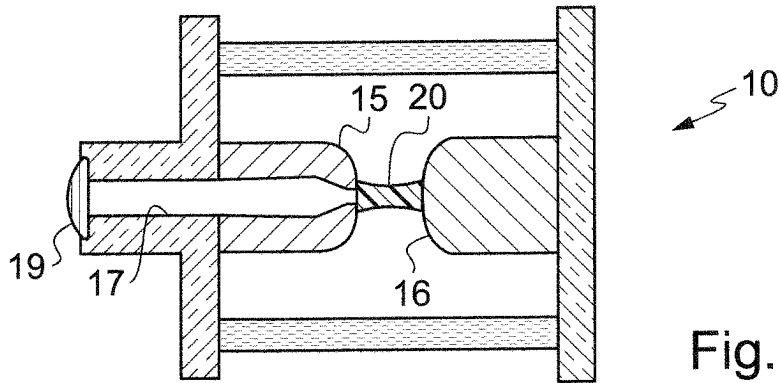


Fig.2

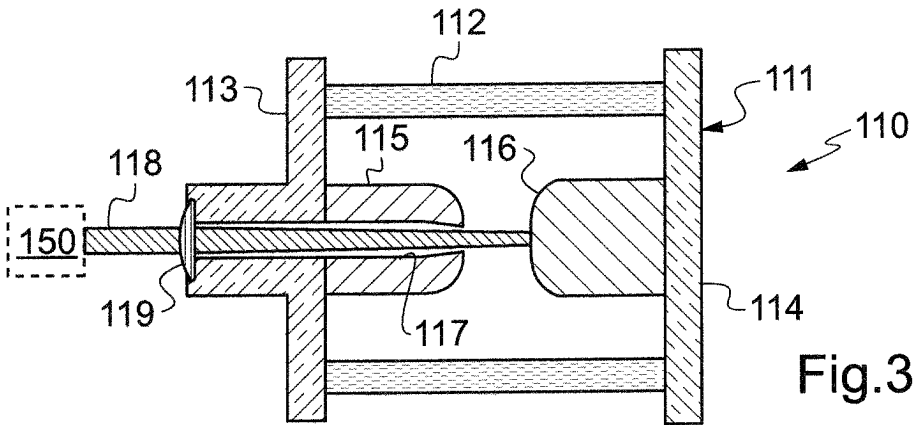


Fig.3

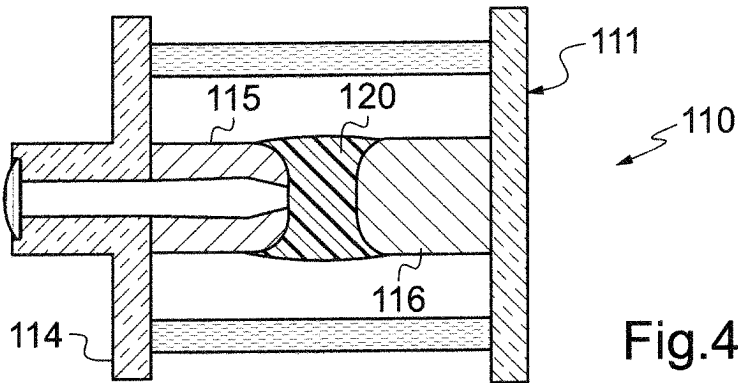


Fig.4





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 761054  
FR 1161413

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	WO 99/67867 A1 (ASEA BROWN BOVERI [SE]; SUNDIN MARIE [SE]; SKYTT PER [SE]; BERGGREN BE) 29 décembre 1999 (1999-12-29) * page 11, ligne 20 - page 12, ligne 10; figure 4 *	1,4,5,7	H01T1/00 H01T2/00 H01J17/06 H01S3/00
Y	----- US 3 684 912 A (CHENEY RICHARD F ET AL) 15 août 1972 (1972-08-15) * abrégé * * colonne 1, ligne 10 - ligne 45 * * colonne 4, ligne 25 - ligne 35; figure *	1,4,5,7	
A,D	----- FR 2 673 334 A1 (ALCATEL CABLE [FR]) 28 août 1992 (1992-08-28) * abrégé *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 août 2012		Marti Almeda, Rafael	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1161413 FA 761054**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **07-08-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9967867	A1	29-12-1999	AU 4816099 A WO 9967867 A1	10-01-2000 29-12-1999
-----				
US 3684912	A	15-08-1972	AUCUN	
-----				
FR 2673334	A1	28-08-1992	AUCUN	
-----				