



(11)

EP 2 633 527 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
14.06.2017 Bulletin 2017/24

(51) Int Cl.:
G21G 1/10 ^(2006.01) **H05H 6/00** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11778846.3**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2011/068876

(22) Date de dépôt: **27.10.2011**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2012/055970 (03.05.2012 Gazette 2012/18)

(54) DISPOSITIF DESTINÉ À LA PRODUCTION DE RADIOISOTOPES

VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON RADIOISOTOPEN

DEVICE FOR PRODUCING RADIOISOTOPES

(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**

(74) Mandataire: **Pronovem
Office Van Malderen
Avenue Josse Goffin 158
1082 Bruxelles (BE)**

(30) Priorité: **27.10.2010 BE 201000640**

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 569 243 US-A- 5 917 874

(43) Date de publication de la demande:
04.09.2013 Bulletin 2013/36

(73) Titulaire: **Ion Beam Applications S.A.
1348 Louvain-la-Neuve (BE)**

(72) Inventeurs:
• **LAMBERT, Bernard
Leesburg
VA 20176 (US)**
• **GEETS, Jean-Michel
B-4218 Couthuin (BE)**
• **CAMBRIANI, Andrea
B-67000 Strasbourg (BE)**
• **DEGEYTER, Michel
B-1400 Nivelles (BE)**
• **KISELEV, Maxim
Broadlands
VA 20148 (US)**

- **FIROUZBAKHT M L ET AL: "Mechanism of nitrogen-13-labeled ammonia formation in a cryogenic water target - Target design, products and operating parameters", NUCLEAR MEDICINE AND BIOLOGY, ELSEVIER, NY, US, vol. 26, no. 4, 1 mai 1999 (1999-05-01), pages 437-441, XP004167078, ISSN: 0969-8051, DOI: DOI:10.1016/S0969-8051(99)00002-5 cité dans la demande**
- **FIROUZBAKHT M L ET AL: "Cryogenic target design considerations for the production of [¹⁸F]fluoride from enriched [¹⁸O]carbon dioxide", NUCLEAR MEDICINE AND BIOLOGY, ELSEVIER, NY, US, vol. 26, no. 7, 1 octobre 1999 (1999-10-01), pages 749-753, XP027151759, ISSN: 0969-8051 [extrait le 1999-10-01] cité dans la demande**
- **T.KAKAVAND ET AL.: "Computer simulation techniques to design Xenon-124 solid target for iodine-123 production", IRANIAN JOURNAL RADIATION RESEARCH, vol. 5, no. 4, 2008, pages 207-212, XP002640616, cité dans la demande**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 2 633 527 B1

Description**DOMAINE TECHNIQUE**

[0001] La présente invention concerne de façon générale un dispositif pour la production de radio-isotopes, et de façon particulière un dispositif destiné à la production de radioisotopes par l'irradiation à l'aide d'un faisceau de particules d'un fluide cible comprenant un précurseur de radioisotope. Elle concerne aussi une cellule d'irradiation destinée à la production de radioisotopes par l'irradiation à l'aide d'un faisceau de particules d'un fluide cible comprenant un précurseur de radioisotope.

DESCRIPTION DE L'ÉTAT DE LA TECHNIQUE

[0002] En médecine nucléaire, la tomographie à émission de positrons est une technique d'imagerie nécessitant des radio-isotopes émetteurs de positrons ou des molécules marquées par ces mêmes radio-isotopes. Le ^{18}F est un des radioisotopes les plus couramment utilisés parmi d'autres tels que le ^{13}N , le ^{15}O , ou encore le ^{11}C . Le ^{18}F possède un temps de demi-vie de 109.6 min et peut ainsi être acheminé vers d'autres sites que son site de production.

[0003] Le ^{18}F est le plus souvent produit sous sa forme ionique et obtenu par bombardement de protons accélérés sur une cellule d'irradiation comprenant de l'eau enrichie en ^{18}O . De nombreuses cellules d'irradiation ont été développées toutes ayant pour même but de produire du $^{18}\text{F}^-$ en un temps réduit avec le meilleur rendement. Généralement, un dispositif de production de radio-isotopes comprend un accélérateur de protons et une cellule d'irradiation. Cette cellule d'irradiation comprend une cavité, à l'intérieur de laquelle est inclus le précurseur de radio-isotope sous forme liquide.

[0004] Généralement, l'énergie du faisceau de protons dirigé sur la cellule d'irradiation est de l'ordre de quelques MeV à une vingtaine de MeV. Une telle énergie de faisceau provoque un échauffement de la cellule d'irradiation ainsi qu'une vaporisation du précurseur de radio-isotope, diminuant ainsi le pouvoir d'arrêt de ce précurseur et donc le rendement de production de radio-isotopes. Un dispositif de refroidissement de la cible doit donc également être implémenté afin de tenter de maintenir le précurseur de radio-isotope sous forme liquide, ou tout au plus sous forme d'un état intermédiaire entre liquide et vapeur. De plus, dans le cas de la production de $^{18}\text{F}^-$, à cause du coût particulièrement élevé du précurseur, l'eau enrichie en ^{18}O , seul un très petit volume de ce précurseur, tout au plus quelques millilitres, peut être placé dans la cellule d'irradiation. Par conséquent, le problème de dissipation de chaleur produite par l'irradiation du matériau cible sur un si petit volume constitue un problème majeur à surmonter. Typiquement, la puissance à dissiper pour un faisceau d'énergie de 18 MeV d'une intensité de 50 à 150 μA se situe entre 900 W et 2700 W, et cela sur un volume de précurseur de radio-isotope généralement compris entre 0,2 et 5 ml, pour des temps d'irradiation allant de quelques minutes à plusieurs heures.

[0005] Le document US 5917874 décrit un dispositif de production de radio-isotopes comprenant une cellule d'irradiation fermée par une feuille métallique et comprenant un fluide comprenant un précurseur de radio-isotopes ou fluide cible. La profondeur de la cavité de la cellule d'irradiation par rapport à l'axe du faisceau est relativement faible de manière à irradier substantiellement tout l'échantillon de fluide cible. Dans un exemple d'utilisation préféré de ce document, la profondeur de la cavité de la cellule d'irradiation est de 1,7 mm, de manière à avoir une section efficace optimale pour la production de radio-isotope. L'énergie du faisceau de particules irradiant le fluide cible est de l'ordre de 8 MeV, ce qui nécessite une feuille métallique suffisamment mince pour limiter les pertes d'énergie du faisceau lorsque celui-ci traverse la feuille. Dans le document cité, la feuille a une épaisseur de l'ordre de 6 microns et est maintenue par une grille perforée afin de supporter la pression interne augmentant dans la cellule d'irradiation en cours d'irradiation. Le dispositif de production de radio-isotope comprend en outre des moyens de refroidissement de la cellule d'irradiation. La cellule d'irradiation est insérable dans un boîtier de refroidissement dans lequel circule un flux d'eau. La cellule d'irradiation comprend en outre un cône plein réalisé en un matériau de conductibilité thermique élevée et situé sur le côté arrière de la cellule d'irradiation, face à la feuille, de manière à évacuer la chaleur produite dans la cavité. L'intérieur du boîtier de refroidissement est de forme cylindrique et comprend un conduit situé face au sommet du dit cône et destiné à projeter un flux turbulent d'eau refroidie sur le cône. Le cône présente également des ailerons espacés radialement autour de sa surface, afin d'améliorer l'évacuation de la chaleur. Un tel dispositif ne permet que l'irradiation de petits volumes d'eau enrichie en ^{18}O , et ne présente pas de moyen permettant de refroidir efficacement la feuille métallique, ce qui peut poser problème au niveau de l'étanchéité de la cellule d'irradiation. De plus, la grille perforée n'est pas entièrement transparente au faisceau et empêche une partie du faisceau de pénétrer à l'intérieur de la cavité. Une partie de la grille perforée ou de la feuille métallique absorbe donc une partie du faisceau ce qui provoque un échauffement de la feuille métallique. La feuille métallique étant relativement fine et étant la partie la plus échauffée et la moins bien refroidie, celle-ci est relativement fragile. De plus, les joints situés entre celle-ci et le corps s'endommagent au cours de l'utilisation et ladite cavité perd en étanchéité.

[0006] Le document BE 1011263 décrit un dispositif de production de radio-isotope comprenant une cellule d'irradiation

avec une cavité comprenant une partie de forme hémisphérique, fermée par une feuille. La cellule d'irradiation reçoit un fluide comprenant un précurseur de radio-isotope également appelé « fluide cible ». Les parois de cette cavité sont réalisées en un matériau métallique conducteur de chaleur et avec une épaisseur suffisamment fine pour dissiper la chaleur de l'intérieur de la cavité. Un élément appelé « diffuseur » entoure les parois externes de ladite cavité, créant un chenal dans lequel circule un fluide de refroidissement. Néanmoins, la cellule d'irradiation doit avoir une profondeur minimale de manière à irradier suffisamment de fluide cible sans pertes de faisceau dans le corps de la cellule d'irradiation. Afin d'augmenter la profondeur de la cavité sans augmenter significativement le volume de la cellule de manière à minimiser la quantité de ^{18}O à l'intérieur de la cellule. Une cellule d'irradiation telle que décrite dans le document WO 2005081263 a été réalisée. Cette cellule d'irradiation comprend une première partie cylindrique et une seconde partie hémisphérique située du côté opposé à une feuille fermant la cavité. Un premier inconvénient de ce type de dispositifs est que lorsque la cellule d'irradiation est irradiée, une grande partie du fluide compris dans la cavité se vaporise, ne laissant qu'un mince filet d'eau sur la paroi inférieure de la cavité. Le faisceau de particules traversant un volume de basse densité, les probabilités de réactions nucléaires $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ s'en trouvent diminuées. De plus, les parois de la cavité étant peu épaisses et subissant un échauffement important, ladite cavité s'affaisse après plusieurs utilisations, ce qui positionne une partie du liquide déjà peu irradiée en dehors du faisceau et entraîne une chute du rendement.

[0007] Le document US 20050084055 décrit un dispositif de production de radio-isotopes comprenant une cellule d'irradiation comprenant un fluide cible. La cellule d'irradiation comprend une cavité fermée par une feuille. La cavité comprend une face opposée à la dite feuille et appelée « paroi arrière », ainsi qu'une paroi supérieure située en haut de la feuille et de la paroi arrière. La paroi arrière est inclinée de telle manière à ce que la partie de la paroi arrière proximale à la paroi supérieure soit plus éloignée de la feuille que la partie de la paroi arrière distale à la paroi supérieure. Le dispositif comprend en outre un système de refroidissement comprenant un conduit vertical 502 à travers lequel arrive un fluide de refroidissement. Le conduit vertical 502 est connecté à un conduit 504 adjacent à la paroi arrière, lui-même connecté à un conduit 506 adjacent à la paroi supérieure. Dans ce dispositif, la paroi inférieure séparant ladite surface de la partie de la paroi arrière distale à la paroi supérieure n'est pas refroidie. De plus, les parois refroidies ne sont refroidies que par un conduit en contact qu'avec une partie des parois. Enfin, le fluide présent dans la cavité se condense sur la paroi supérieure refroidie par un liquide ayant été réchauffé après avoir traversé le conduit 504 adjacent à la paroi arrière. Le refroidissement du fluide compris dans la cavité n'est donc pas optimal et doit être amélioré afin de présenter plus de liquide condensé face au faisceau de manière à augmenter les probabilités de réactions nucléaires.

[0008] Dans le but de réduire les contraintes mécaniques sur la feuille dues à l'augmentation de pression dans la cavité en cours d'irradiation, le document US 6586747 décrit un dispositif de production de radio-isotopes comprenant une cellule d'irradiation comprenant une cavité fermée par une feuille qui est inclinée par rapport à l'axe du faisceau. De cette manière, la puissance du faisceau est distribuée sur une aire plus large. Néanmoins, dans ce dispositif, avec l'augmentation de l'aire de la feuille exposée au faisceau, la puissance du faisceau dissipée dans la feuille reste malgré tout importante ce qui entraîne un échauffement global de la feuille et une augmentation de la pression interne dans la cavité.

[0009] Le document US 20060062342 a pour but de solutionner le problème de contrainte de pression sur la feuille en introduisant une chambre pressurisée adjacente à la feuille de la cellule d'irradiation de telle manière à ce que la pression s'exerçant sur la feuille du côté de la chambre de pressurisation s'oppose à la pression s'exerçant sur la même feuille du côté de la cellule d'irradiation. La position inclinée ou perpendiculaire par rapport au faisceau de la feuille de chambre cible devrait permettre de forcer le fluide cible sur le sommet de la feuille. Néanmoins, le dispositif ne comprend pas de système de refroidissement de la feuille, et l'ajout d'une chambre pressurisée et donc d'une feuille supplémentaire dans le passage du faisceau entraîne des pertes de puissance du faisceau. La feuille étant mal refroidie, il est difficile de forcer le fluide contre le sommet de la dite feuille.

[0010] Le document FIROUZBAKHT M. L. et al, "Mechanism of nitrogen-13-labeled ammonia formation in a cryogenic water target - Target design, products and operating parameters », Nuclear Medicine and Biology, ELSEVIER, NY, vol. 26, no. 4, 1 mai 1999, pages 437-441, décrit une cible à cavité conique refroidie par un liquide cryogénique. La feuille formant la fenêtre d'irradiation est séparée de la cavité conique par un canal annulaire qui sert à recueillir par gravité, au niveau le plus bas, le liquide qui condense sur les parois de la cavité.

[0011] Le document FIROUZBAKHT M. L. et al, "Cryogenic target design considerations for the production of ^{18}F fluoride from enriched ^{18}O carbon dioxide" », Nuclear Medicine and Biology, ELSEVIER, NY, vol. 26, no. 7, 1 octobre 1999, pages 749-753, décrit lui aussi des cibles refroidies par un liquide cryogénique. La cavité de la cible de la FIG. 1 comprend une partie cylindrique prolongée par une partie conique. La feuille métallique formant la fenêtre d'irradiation ferme la partie cylindrique de la cavité. Une cible du même type est aussi décrite dans le document de T. KAKAVAND et al, « Computer simulation techniques to design Xenon-124 solid target for iodine-123 production », IRANIAN JOURNAL RADIATION RESEARCH, vol.5, no. 4, 2008, pages 207-212.

[0012] Il sera noté que des cibles à refroidissement cryogénique causent moins de problèmes en ce qui concerne le refroidissement de la cellule et de la feuille métallique formant la fenêtre d'irradiation. Elles nécessitent cependant de trouver des joints d'étanchéité qui résistent à des températures cryogéniques et qui ont, en même temps, une durée de

vie suffisante lorsqu'ils sont exposés à une irradiation intense.

[0013] Afin d'augmenter les rendements de production de radio-isotopes, il est nécessaire de fournir un dispositif de production de radio-isotopes ne comprenant pas les désavantages de l'art antérieur.

[0014] En particulier, il est nécessaire de fournir un moyen efficace de refroidissement de la fenêtre fermant la cavité cible, surtout lorsqu'on travaille avec un fluide de refroidissement non cryogénique.

[0015] Il est également nécessaire d'améliorer le dispositif de refroidissement des parois de la cavité cible.

[0016] D'autres avantages et propriétés du dispositif selon l'invention vont devenir apparents à la lumière de la description qui suit.

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

[0017] Selon un premier aspect, la présente invention concerne un dispositif destiné à la production de radioisotopes par l'irradiation d'un fluide cible comprenant un précurseur de radioisotope à l'aide d'un faisceau de particules, le dispositif comprenant:

- une cellule d'irradiation comprenant une cavité de forme substantiellement conique destinée à contenir le fluide cible et fermée par une feuille métallique ; et
- un dispositif de refroidissement non-cryogénique des parois de la cavité, apte à maintenir au moins une fraction (de préférence l'intégralité) du fluide cible compris dans la cavité dans un état liquide lorsque le fluide cible est irradié.

La cavité comprend une surface inclinée (15), délimitant la cavité vers le bas, de façon à évacuer le fluide cible, qui se condense au contact des parois de la cavité refroidies par le dispositif de refroidissement, par gravité en direction de la feuille métallique. La surface inclinée intercepte le plan formé par la feuille métallique en formant un angle aigu (α) avec le plan, de manière à former avec la feuille métallique une zone en forme de coin apte à recueillir par gravité le fluide cible condensé. Suite à la forme de coin de cette zone, la hauteur du fluide y recueilli est maximale au niveau de la feuille métallique et décroît en s'éloignant de cette dernière. Il sera apprécié que cette zone en forme de coin assure un bon refroidissement de la feuille métallique, en garantissant notamment une hauteur maximale du fluide au niveau de la feuille métallique. La forme en coin réduit de surcroît le risque d'une surchauffe locale du fluide, grâce à une excellente circulation par convection du fluide dans cette zone.

[0018] De préférence, la feuille métallique est positionnée de manière substantiellement perpendiculaire à l'axe du faisceau de particules.

[0019] De préférence, les radioisotopes sont produits par irradiation d'un fluide cible à l'aide d'un faisceau de particules substantiellement horizontal. De préférence, le plan formé par la feuille métallique est un plan vertical.

[0020] De préférence, l'angle aigu (α) est compris entre (environ) 30° et (environ) 89°, de préférence entre (environ) 45° et (environ) 85°, encore de préférence entre (environ) 60° et (environ) 85°.

[0021] De préférence, le dispositif de refroidissement comprend une arrivée de fluide de refroidissement située face à la partie de la cellule d'irradiation opposée à ladite feuille, et un diffuseur créant un chenal apte à faire circuler le fluide de refroidissement.

[0022] La surface inclinée peut par exemple être un plan ou une surface composée de plusieurs plans ou une surface courbe ou surface composée de plusieurs surfaces courbes. La cavité est de forme substantiellement conique, et a de préférence sur la plus grande partie de sa profondeur la forme d'un cône droit de révolution. Dans cette exécution, la surface inclinée est dès lors une surface concave d'un cône, et la zone en forme de coin est délimitée par une surface de cône, par le plan formé par la feuille métallique et par un plan horizontal interceptant la surface de cône et le plan formé par la feuille métallique.

[0023] De préférence, le sommet de la cavité de forme substantiellement conique est arrondi, et a de préférence la forme d'une calotte sphérique.

[0024] De préférence, la cellule d'irradiation comprend :

- une première partie comprenant une surface avant, qui forme une surface d'appui pour la feuille métallique, et une surface arrière;
- une seconde partie de forme substantiellement conique, qui est en saillie par rapport à la surface arrière de la première partie.
- Une cavité conique destinée à contenir le fluide cible traverse la première partie pour se prolonger dans la seconde partie, et forme dans la surface avant de la première partie une ouverture délimitée par un bord, de façon-à-ce que la feuille métallique ferme l'ouverture au niveau du bord lorsqu'elle est en appui sur la surface avant de la première partie.

[0025] De préférence, la première partie comprend en outre une gorge entourant, du côté de la surface arrière, la

seconde partie, cette gorge étant conçue pour servir de collecteur pour un fluide de refroidissement s'écoulant le long de la surface externe de ladite seconde partie.

[0026] De préférence, la cellule d'irradiation est réalisée en niobium.

[0027] De préférence, la surface externe de la seconde partie de forme substantiellement conique comprend des sillons, s'étendant de préférence d'une zone proche du sommet de la seconde partie vers une région proche de la base de la seconde partie, de façon à créer des chemins pour le passage dudit fluide de refroidissement s'écoulant le long de la surface externe de ladite seconde partie.

[0028] Selon un autre aspect, la présente invention concerne une cellule d'irradiation destinée à la production de radioisotopes par l'irradiation d'un fluide cible comprenant un précurseur de radioisotope à l'aide d'un faisceau de particules, la cellule comprenant:

- une première partie comprenant une surface avant, qui forme une surface d'appui pour une feuille métallique, et une surface arrière; et
- une seconde partie, de forme substantiellement conique, qui est en saillie par rapport à la surface arrière de la première partie ;
- une cavité substantiellement conique, destinée à contenir le fluide cible, qui traverse la première partie pour se prolonger dans la seconde partie, et qui forme dans la surface avant de la première partie une ouverture délimitée par un bord, de façon-à-ce que la feuille métallique soit apte à fermer l'ouverture au niveau de ce bord, lorsqu'elle est en appui sur la surface avant de la première partie.

[0029] De préférence, la première partie comprend en outre une gorge , qui du côté de la surface arrière entoure la surface externe de la seconde partie, de façon à réduire l'épaisseur de la première partie à la base de la seconde partie, cette gorge étant conçue pour servir de collecteur pour un fluide de refroidissement s'écoulant le long de la surface externe de la seconde partie.

[0030] De préférence, la surface externe de la seconde partie de forme substantiellement conique comprend des sillons, chacun de ces sillons s'étendant de préférence d'une zone proche du sommet de la seconde partie de forme substantiellement conique vers une région proche de la base de la seconde partie, de façon à créer entre eux des chemins pour le passage d'un fluide de refroidissement s'écoulant le long de la surface externe de la seconde partie.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0031]

La **FIG. 1** est une coupe longitudinale d'une partie d'un dispositif selon un mode de réalisation de la présente invention.

La **FIG. 2** est une vue tridimensionnelle d'une cellule d'irradiation selon un mode de réalisation de la présente invention.

La **FIG. 3** est une coupe longitudinale suivant un axe A-B de la cellule d'irradiation de la **FIG. 2**.

La **FIG. 4** est coupe identique à celle de la **FIG. 3**, sur laquelle sont indiquées différentes dimensions de la cellule d'irradiation de la **FIG. 2**.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

[0032] Le dispositif 1 de la présente invention est destiné à être utilisé dans le cadre de la production de radio-isotopes, notamment par irradiation d'un fluide cible à l'aide d'un faisceau de particules accélérées. Une utilisation préférée du dispositif 1 de la présente invention est la production de ^{18}F par le bombardement à l'aide d'un faisceau de protons accélérés 13 sur de l'eau enrichie en ^{18}O . Préférentiellement, le faisceau 13 est substantiellement horizontal.

[0033] La **FIG. 1** représente une coupe longitudinale d'une partie d'un dispositif 1 selon un mode de réalisation de la présente invention. Le dispositif 1 de la présente invention comprend une cellule d'irradiation 7 représentée en vue tridimensionnelle sur la **FIG. 2**. La cellule d'irradiation 7 comprend une cavité 3 destinée à contenir un fluide cible, par exemple de l'eau enrichie en ^{18}O . Comme indiqué dans la **FIG. 3**, la cavité 3 présente une partie supérieure (ou haute) 19 (localisée au-dessus du plan A-B) et une partie inférieure (ou basse) 20 (localisée en-dessous du plan A-B). En fonctionnement, le plan A-B est sensiblement horizontal. La cavité 3 comprend une ouverture fermée par une feuille métallique 4 transparente au faisceau 13. Dans le contexte de la présente invention, l'expression « feuille transparente au faisceau », signifie que substantiellement l'intégralité du faisceau 13 est capable de traverser la feuille métallique 4 sans être atténuée par la feuille métallique 4. La feuille métallique 4 est de préférence positionnée de manière substantiellement perpendiculaire à l'axe du faisceau 13 de particules. La feuille métallique 4 est caractérisée par une partie supérieure (ou haute) et une partie inférieure (ou basse) comme représenté dans la **FIG. 3**, coïncidant substantiellement avec respectivement la partie supérieure (ou haute) 19 et la partie inférieure (ou basse) 20 de la cavité 3. La feuille

métallique **4** est maintenue de manière étanche contre la surface avant de la cellule d'irradiation **7**. Un joint **6** est positionné entre la feuille métallique **4** et la cellule d'irradiation **7**, de manière à assurer l'étanchéité.

[0034] Sur la FIG. 1 on voit que la cellule d'irradiation **7** comprend un canal d'entrée **2** débouchant de préférence dans la partie supérieure **19** de la cavité **3** et proche de la feuille métallique **4** pour l'introduction du fluide cible dans la cavité **3**, et un canal de sortie **5** pour l'extraction du fluide cible, débutant de préférence de la partie inférieure **20** de la cavité **3**. Préférentiellement, les canaux d'entrée **2** et de sortie **5** sont situés à moins de 10 mm, encore de préférence à moins de 5 mm, encore de préférence à moins de 3 mm, de la feuille **4** de manière à ce que le remplissage de la cavité et l'évacuation du fluide cible soient facilités. Avantagusement, la cellule d'irradiation **7** comprise dans le dispositif **1** de la présente invention est utilisée dans un dispositif de production de radio-isotopes comprenant une boucle dans laquelle peut circuler un fluide cible de manière périodique à travers la cellule d'irradiation et un système de refroidissement et/ou de capture du radio-isotope produit, tel que décrit dans le document WO 02101758. Dans le contexte de cet aspect préféré, la position et l'inclinaison du canal d'entrée **2** par rapport à la feuille métallique **4** sont avantagusement sélectionnées de façon à constituer un moyen supplémentaire de refroidissement de la feuille métallique **4**. La sélection de la position et l'inclinaison optimale du canal d'entrée **2** par rapport à la feuille **4**, sont largement dans les capacités de l'homme du métier.

[0035] La cellule d'irradiation **7** est insérable dans un corps **8** comprenant un dispositif de refroidissement. Le dispositif de refroidissement comprend une arrivée de fluide de refroidissement **9**, de préférence un fluide de refroidissement non cryogénique. L'arrivée de fluide de refroidissement **9** est de préférence située selon l'axe A-B et dirigée vers la partie de la cellule d'irradiation **7** opposée à la feuille **4**. De préférence, le dispositif de refroidissement comprend également un diffuseur **14** créant un chenal annulaire **10** autour de la cellule d'irradiation **7**. Le liquide de refroidissement circulant dans le chenal **10** doit assurer que les parois de la cellule d'irradiation **7** soient suffisamment refroidies pour que le fluide cible compris dans la cavité **3** reste essentiellement sous forme liquide.

[0036] La cavité **3** comprend, dans sa partie inférieure **20**, une surface inclinée **15** (ici une surface conique concave, puisque la cavité **3** est préférentiellement de forme substantiellement conique). Cette surface inclinée **15** délimite la partie inférieure **20** de la cavité vers le bas, de façon à évacuer le fluide cible, qui se condense au contact des parois refroidies de la cavité **3** par gravité en direction de ladite feuille métallique **4**. Elle intercepte le plan formé par la feuille métallique **4** en formant un angle aigu (α) avec ce plan, de manière à former une zone **18** apte à recueillir par gravité le fluide cible qui (en fonctionnement) se condense au contact des parois de la cavité **3** refroidies par le dispositif de refroidissement. Préférentiellement, l'angle aigu (α) est compris entre 30° et 89°, plus préférentiellement entre 45° et 85°, plus préférentiellement encore entre 60° et 85°. La surface inclinée **15** est en contact avec la partie inférieure de la feuille métallique **4**, créant ainsi la zone **18** de la cavité **3** en contact avec la feuille métallique **4** dans laquelle du fluide cible condensé sur les parois de la cavité **3** peut venir s'accumuler plus rapidement. Sur la FIG. 3, on voit que cette zone **18** a une forme de coin, délimitée entre le plan formé par la feuille métallique **4**, la surface inclinée **15**, qui intercepte le plan formé par la feuille métallique **4** au niveau du bord **22**, et un plan horizontal, qui intercepte la surface inclinée **15** et le plan formé par la feuille métallique **4**. Dans cette zone **18**, la hauteur du fluide condensé recueilli est maximale au niveau de la feuille métallique **4** (c'est-à-dire où le fluide est en contact direct avec la feuille métallique **4**) et décroît graduellement en s'éloignant de la feuille métallique **4** (c'est-à-dire vers l'intérieur de la cavité **3**). Le fluide cible condensé en contact avec la feuille métallique **4** dans la zone **18** de la cavité **3**, minimise l'échauffement de la feuille et donc l'échauffement des joints **6**, ce qui assure une bonne étanchéité de la cavité **3** par rapport aux dispositifs de l'art antérieur. Il sera apprécié que la zone en forme de coin **18** garantit notamment une hauteur maximale du liquide au niveau de la feuille métallique. Elle réduit aussi le risque d'une surchauffe locale du fluide condensé, grâce à une excellente circulation par convection du liquide dans cette zone. De même, l'apport continu de fluide cible condensé au niveau des parois de la feuille métallique **4** minimise l'échauffement de la feuille métallique **4** et réduit le risque d'endommagement de celle-ci. Aussi, la feuille métallique **4** étant mieux refroidie par rapport aux feuilles des dispositifs de l'art antérieur, la pression interne dans la cavité **3** diminue et il est possible de réduire l'épaisseur de la feuille, ce qui limite les pertes d'énergie du faisceau **13** dans la feuille métallique **4**.

[0037] Selon un aspect préféré, la cavité **3** est de forme substantiellement conique. La forme conique de la cavité permet de maximiser la surface refroidie S_r par rapport au volume de la cavité V_c . Il a en effet été découvert de façon surprenante que si l'on compare les rapports S_r/V_c pour les formes des cavités de l'art antérieur avec celle de la présente invention, on remarque que pour un rayon d'ouverture de la cavité R et une profondeur de la cavité P donnés (**FIG. 4**), ce rapport est plus élevé dans le cas d'une cavité de forme substantiellement conique. Les tableaux 1, 2 et 3 ci-dessous présentent cette comparaison.

Tableau 1.

Forme de la cavité	Cône	Cylindre	Hémisphère (BE1011263)	Cylindre (Rayon = 2cm, Hauteur = 2 cm) + Hémisphère (Rayon = 2cm) (WO2005081263)
Rayon R de l'ouverture de la cavité (cm)	2	2	2	2
Profondeur P de la cavité (cm)	2	2	2	4
Volume Vc de la cavité (cm ³)	8.4	25.1	16.7	41.9
Aire de la surface refroidie Sr (cm ²)	17.8	37.7	25.1	50.2
Sr/Vc (cm ⁻¹)	2.12	1.5	1.5	1.2

Tableau 2.

Forme de la cavité	Cône	Cylindre (Rayon = 2cm, Hauteur = 2cm) + Hémisphère (Rayon = 2cm)
Rayon R de l'ouverture de la cavité (cm)	2	2
Profondeur P de la cavité (cm)	4	4
Volume Vc de la cavité (cm ³)	16,7	41,9
Aire de la surface refroidie Sr (cm ²)	28,1	50,2
Sr/Vc (cm ⁻¹)	1,7	1,2

Tableau 3

Forme de la cavité	Cône	Cylindre (Rayon = 1cm, Hauteur = 3cm) + Hémisphère (Rayon = 1cm)
Rayon R de l'ouverture de la cavité (cm)	1	1
Profondeur P de la cavité (cm)	4	4
Volume Vc de la cavité (cm ³)	4,2	20,9
Aire de la surface refroidie Sr (cm ²)	12,9	25,1
Sr/Vc (cm ⁻¹)	3,1	1,2

[0038] Les tableaux 1, 2 et 3 montrent bien que pour une même profondeur P de la cavité et pour un même rayon d'ouverture R de la cavité, le volume d'une cellule d'irradiation de forme conique est toujours inférieur au volume d'une cellule d'irradiation comprenant une partie cylindrique et une partie hémisphérique telle que décrite dans le document WO 2005081263. Aussi, pour une même profondeur P de la cavité et un même rayon d'ouverture R de la cavité le rapport « aire de la surface refroidie par unité de volume » Sr/Vc pour une cellule d'irradiation de forme conique est toujours supérieur à celui d'une cellule d'irradiation telle que décrite dans le document WO2005081263. De façon avantageuse, la cellule d'irradiation 7 pour utilisation dans le dispositif 1 selon la présente invention permet donc l'irradiation d'un volume réduit de fluide cible, tout en gardant une profondeur de cavité 3 suffisante pour éviter les pertes de faisceau, et en fournissant un refroidissement amélioré.

[0039] Selon un autre aspect préféré, la cellule d'irradiation est réalisée en niobium, matériau choisi pour ses propriétés

d'inertie chimique et ses propriétés thermiques acceptables. Le niobium ne produit pas de radio-isotopes secondaires dont le temps de demi-vie dépasse les 24 heures. Le niobium a néanmoins le désavantage d'être difficile à usiner, c'est pourquoi dans cet aspect préféré, le sommet du cône est de préférence arrondi.

[0040] Un exemple de réalisation d'une cellule d'irradiation réalisée en niobium est représenté à la FIG. 4. La cellule d'irradiation 7 est en forme de cône de hauteur H et de rayon R. Le cône est tronqué par un plan parallèle à la base du cône, à la hauteur H-h1, où le cône a un rayon r1. Cette partie tronconique est surmontée d'une calotte sphérique de rayon r et de hauteur h2 par rapport à la base dudit disque de rayon r1. De manière avantageuse, la profondeur P de la cavité 3 est supérieure au diamètre de l'ouverture de la cavité 3, afin de minimiser le volume de fluide cible, tout en gardant une profondeur suffisante pour irradier le fluide cible de manière efficace.

[0041] Selon un autre aspect préféré, le rayon R de l'ouverture de la cavité est compris entre 2mm et 20mm, plus préférentiellement entre 5mm et 15 mm, et la profondeur de la cavité de préférence comprise entre 1 et 10cm, plus préférentiellement entre 1cm et 5cm.

[0042] Selon un autre aspect préféré, la hauteur h2 de la calotte sphérique est inférieure à 1 cm.

[0043] Une cellule d'irradiation 7 selon un aspect préféré est représentée sur les FIG. 2, 3 et 4. La cellule d'irradiation 7 comprend :

- une première partie 16 comprenant une surface avant, qui forme une surface d'appui pour la feuille métallique 4, et une surface arrière,; et
- une seconde partie 17 de forme substantiellement conique, qui est en saillie par rapport à ladite surface arrière de ladite première partie 16

[0044] La cavité conique 3 traverse la première partie 16 pour se prolonger dans la seconde partie 17, et forme dans la surface avant de la première partie 16 une ouverture délimitée par le bord 22, de forme circulaire, de façon-à-ce que ladite feuille métallique 4 ferme l'ouverture au niveau du bord 22 lorsqu'elle est en appui sur la surface avant de la première partie 16..

[0045] Selon un autre aspect préféré de la présente invention, la surface externe de la seconde partie 17 de la cellule d'irradiation 7 comprend des sillons 12 linéaires, chacun de ces sillons 12 s'étendant de préférence d'une région/zone proche du sommet de la seconde partie 17 de forme substantiellement conique vers une région proche de la base de la seconde partie 17 de forme substantiellement conique, afin de créer entre eux des chemins permettant d'accélérer le passage du fluide de refroidissement 9 et donc d'améliorer le refroidissement. L'ajout des sillons 12 entraîne également une augmentation de la surface extérieure du cône et donc de la surface d'échange de chaleur.

[0046] Selon encore un autre aspect préféré, la première partie 16 de la cellule d'irradiation 7 comprend en outre une gorge 11 annulaire entourant la seconde partie 17, à la base de la seconde partie 17 de forme substantiellement conique, réduisant localement l'épaisseur de la première partie 16 de la cellule d'irradiation 7. Sur la FIG. 1 on voit que cette gorge 11 est en communication directe avec le chenal annulaire 10 défini par le diffuseur 14 autour de la surface externe de la première partie 16. Ceci permet l'évacuation du liquide de refroidissement dans le chenal annulaire 10 créé par le diffuseur 14. La circulation d'un liquide de refroidissement dans la gorge annulaire 11 et l'épaisseur localement réduite dans la première partie 16 de la cellule d'irradiation 7 au niveau de la gorge annulaire 11 permet une amélioration du refroidissement de la feuille 4 fermant la cavité 3.

Revendications

1. Dispositif (1) destiné à la production de radioisotopes par l'irradiation à l'aide d'un faisceau (13) de particules d'un fluide cible comprenant un précurseur de radioisotope, ledit dispositif comprenant :

- une cellule d'irradiation (7) comprenant une cavité (3) de forme substantiellement conique destinée à contenir ledit fluide cible et fermée par une feuille métallique (4) ;
- un dispositif de refroidissement des parois de ladite cavité (3), apte à maintenir au moins une fraction du fluide cible compris dans ladite cavité (3) dans un état liquide lorsque ledit fluide cible est irradié ; et
- une surface inclinée (15) délimitant ladite cavité vers le bas, de façon à évacuer le fluide cible, qui se condense au contact des parois de la cavité (3) refroidies par ledit dispositif de refroidissement, par gravité en direction de ladite feuille métallique (4) ;

caractérisé en ce que

ledit dispositif de refroidissement est un dispositif de refroidissement non cryogénique ; et
ladite surface inclinée (15) intercepte le plan formé par ladite feuille métallique (4) en formant un angle aigu (α) avec ledit plan, de manière à former avec ladite feuille métallique (4) une zone en forme de coin (18) apte à recueillir par

gravité le fluide cible qui se condense au contact des parois de la cavité (3) refroidies par ledit dispositif de refroidissement, de façon-à-ce que la hauteur du fluide recueilli soit maximale au niveau de ladite feuille métallique (4) et décroisse en s'éloignant de cette dernière.

- 5 **2.** Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la feuille métallique (4) est positionnée de manière substantiellement perpendiculaire à l'axe du faisceau (13) de particules.
- 10 **3.** Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les radioisotopes sont produits par irradiation d'un fluide cible à l'aide d'un faisceau (13) de particules substantiellement horizontal.
- 15 **4.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'angle aigu (α) est compris entre 30° et 89°, de préférence entre 45° et 85°, encore de préférence entre 60° et 85°.
- 20 **5.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de refroidissement comprend une arrivée de fluide de refroidissement (9) située face à la partie de la cellule d'irradiation opposée à ladite feuille (4), et un diffuseur (14) créant un chenal (10) apte à faire circuler ledit fluide de refroidissement (9).
- 25 **6.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le sommet de la cavité (3) de forme substantiellement conique est arrondi.
- 30 **7.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la cellule d'irradiation (7) comprend :
 - une première partie (16) comprenant une surface avant, qui forme une surface d'appui pour ladite feuille métallique (4), et une surface arrière;
 - une seconde partie (17) de forme substantiellement conique, qui est en saillie par rapport à ladite surface arrière de ladite première partie (16) ;
- 35 ladite cavité de forme substantiellement conique (3) destinée à contenir ledit fluide cible traversant ladite première partie (16) pour se prolonger dans ladite seconde partie (17), et formant dans ladite surface avant de ladite première partie (16) une ouverture délimitée par un bord (22), de façon-à-ce que ladite feuille métallique (4) ferme ladite ouverture au niveau du bord (22) lorsqu'elle est en appui sur ladite surface avant de ladite première partie (16).
- 40 **8.** Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la première partie (16) comprend en outre une gorge (11) entourant, du côté de ladite surface arrière, la seconde partie (17), cette gorge (11) étant conçue pour servir de collecteur pour un fluide de refroidissement s'écoulant le long de la surface externe de ladite seconde partie (17).
- 45 **9.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la cellule d'irradiation (7) est réalisée en niobium.
- 50 **10.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** la surface externe de la seconde partie (17) de forme substantiellement conique comprend des sillons (12), chacun desdits sillons s'étendant de préférence d'une zone proche du sommet de ladite seconde partie (17) vers une région proche de la base de ladite seconde partie (17), de façon à créer des chemins pour le passage dudit fluide de refroidissement (9) s'écoulant le long de la surface externe de ladite seconde partie (17).
- 55 **11.** Cellule d'irradiation (7) destinée à la production de radioisotopes par l'irradiation à l'aide d'un faisceau (13) de particules d'un fluide cible comprenant un précurseur de radioisotope, ladite cellule comprenant :
 - une première partie (16) comprenant une surface avant, qui forme une surface d'appui pour une feuille métallique (4), et une surface arrière;
 - une seconde partie (17), de forme substantiellement conique, qui est en saillie par rapport à ladite surface arrière de ladite première partie (16) ; et
 - une cavité substantiellement conique (3), destinée à contenir ledit fluide cible, **caractérisé en ce que** la dite cavité substantiellement conique (3) traverse ladite première partie (16) pour se prolonger dans ladite seconde partie (17), et qui intercepte ladite surface avant de ladite première partie (16) selon un angle aigu (α) pour former dans cette dernière une ouverture délimitée par un bord (22), de façon-à-ce que ladite feuille métallique

(4) soit apte à fermer ladite ouverture au niveau du bord (22) lorsqu'elle est en appui sur ladite surface avant de ladite première partie (16).

12. Cellule d'irradiation selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** la première partie (16) comprend en outre une gorge (11), qui du côté de ladite surface arrière entoure ladite seconde partie (17), de façon à réduire l'épaisseur de la première partie (16) à la base de la seconde partie (17), cette gorge (11) étant conçue pour servir de collecteur pour un fluide de refroidissement s'écoulant le long de la surface externe de ladite seconde partie (17).

13. Cellule d'irradiation selon la revendication 11 ou 13, **caractérisée en ce que** la surface externe de ladite seconde partie (17) de forme substantiellement conique comprend des sillons (12) s'étendant de préférence d'une zone proche du sommet de ladite seconde partie (17) de forme substantiellement conique vers une région proche de la base de ladite seconde partie (17), de façon à créer des chemins pour le passage d'un fluide de refroidissement s'écoulant le long de la surface externe de ladite seconde partie (17).

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1), die zur Herstellung von Radioisotopen durch Bestrahlung eines Zielfluids, umfassend einen Radioisotopvorläufer, mit einem Partikelstrahl (13) bestimmt ist, wobei die Vorrichtung umfasst:

- eine Bestrahlungszelle (7), umfassend einen im Wesentlichen konischen Hohlraum (3), der bestimmt ist, das Zielfluid zu enthalten und mit einer Metallfolie (4) verschlossen ist,
- eine Kühlvorrichtung der Wände des Hohlraums (3), die imstande ist, mindestens einen Teil des Zielfluids im Hohlraum (3) in einem flüssigen Zustand zu halten, wenn das Zielfluid bestrahlt wird, und
- eine geneigte Fläche (15), die den Hohlraum nach unten begrenzt, so dass das Zielfluid, das im Kontakt mit den von der Kühlvorrichtung gekühlten Wänden des Hohlraums (3) kondensiert, durch Schwerkraft in Richtung der Metallfolie (4) abgeleitet wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Kühlvorrichtung keine Kryo-Kühlvorrichtung ist und die geneigte Fläche (15) die von der Metallfolie (4) gebildete Ebene schneidet, indem sie einen spitzen Winkel (α) mit der Ebene bildet, so dass mit der Metallfolie (4) eine keilförmige Zone (18) gebildet wird, die imstande ist, das Zielfluid, das im Kontakt mit den von der Kühlvorrichtung gekühlten Wänden des Hohlraums (3) kondensiert, durch Schwerkraft derart zu sammeln, dass die Höhe des gesammelten Fluids im Bereich der Metallfolie (4) maximal ist und bei Entfernung von dieser abnimmt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallfolie (4) im Wesentlichen senkrecht zur Achse des Partikelstrahls (13) positioniert ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Radioisotope durch Bestrahlung eines Zielfluids mit Hilfe eines im Wesentlichen horizontalen Partikelstrahls (13) hergestellt werden.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der spitze Winkel (α) zwischen 30° und 89° , vorzugsweise zwischen 45° und 85° , in noch bevorzugter Weise zwischen 60° und 85° inklusive beträgt.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung einen Kühlfluideinlauf (9) gegenüber dem Teil der Bestrahlungszelle gegenüber der Folie (4) und einen Diffusor (14) umfasst, der einen Kanal (10) erzeugt, der imstande ist, das Kühlfluid (9) zum Zirkulieren zu bringen.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spitze des im Wesentlichen konischen Hohlraums (3) abgerundet ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bestrahlungszelle (7) umfasst:

- einen ersten Teil (16), umfassend eine vordere Fläche, die eine Stützfläche für die Metallfolie (4) bildet, und eine hintere Fläche,

- einen im Wesentlichen konischen zweiten Teil (17), der in Bezug zur hinteren Fläche des ersten Teils (16) hervorsteht,

wobei der im Wesentlichen konische Hohlraum (3), der bestimmt ist, das Zielfluid zu enthalten, den ersten Teil (16) durchquert, um sich in den zweiten Teil (17) zu verlängern und in der vorderen Fläche des ersten Teils (16) eine Öffnung ausbildet, die von einem Rand (22) begrenzt ist, so dass die Metallfolie (4) die Öffnung im Bereich des Rands (22) verschließt, wenn sie in Abstützung auf der vorderen Fläche des ersten Teils (16) ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Teil (16) ferner eine Nut (11) umfasst, die auf der Seite der hinteren Fläche den zweiten Teil (17) umgibt, wobei diese Nut (11) ausgebildet ist, um für ein Kühlfluid, das an der äußeren Fläche des zweiten Teils (17) entlangfließt, als Sammler zu dienen.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bestrahlungszelle (7) aus Niobium hergestellt ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Fläche des im Wesentlichen konischen zweiten Teils (17) Furchen (12) umfasst, wobei sich jede der Furchen vorzugsweise von einer Zone in der Nähe der Spitze des zweiten Teils (17) in Richtung einer Region in der Nähe der Basis des zweiten Teils (17) erstreckt, um Wege für den Durchgang des Kühlfluids (9) zu schaffen, das an der äußeren Fläche des zweiten Teils (17) entlangfließt.

11. Bestrahlungszelle (7), die zur Herstellung von Radioisotopen durch Bestrahlung eines Zielfluids, umfassend einen Radioisotopvorläufer, mit einem Partikelstrahl (13) bestimmt ist, wobei die Zelle umfasst:

- einen ersten Teil (16), umfassend eine vordere Fläche, die eine Stützfläche für eine Metallfolie (4) bildet, und eine hintere Fläche,

- einen im Wesentlichen konischen zweiten Teil (17), der in Bezug zur hinteren Fläche des ersten Teils (16) hervorsteht, und

- einen im Wesentlichen konische Hohlraum (3), der bestimmt ist, das Zielfluid zu enthalten, **dadurch gekennzeichnet, dass** der im Wesentlichen konische Hohlraum (3) den ersten Teil (16) durchquert, um sich in den zweiten Teil (17) zu verlängern, und der die vordere Fläche des ersten Teils (16) in einem spitzen Winkel (α) schneidet, um in dieser Letztgenannten eine Öffnung auszubilden, die von einem Rand (22) begrenzt ist, so dass die Metallfolie (4) imstande ist, die Öffnung im Bereich des Rands (22) zu verschließen, wenn sie in Abstützung auf der vorderen Fläche des ersten Teils (16) ist.

12. Bestrahlungszelle nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Teil (16) ferner eine Nut (11) umfasst, die von der Seite der hinteren Fläche den zweiten Teil (17) umschließt, so dass die Dicke des ersten Teils (16) an der Basis des zweiten Teils (17) reduziert wird, wobei diese Nut (11) ausgebildet ist, um für ein Kühlfluid, das an der äußeren Fläche des zweiten Teils (17) entlangfließt, als Sammler zu dienen.

13. Bestrahlungszelle nach Anspruch 11 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Fläche des im Wesentlichen konischen zweiten Teils (17) Furchen (12) umfasst, die sich vorzugsweise von einer Zone in der Nähe der Spitze des im Wesentlichen konischen zweiten Teils (17) in Richtung einer Region in der Nähe der Basis des zweiten Teils (17) erstrecken, um Wege für den Durchgang eines Kühlfluids (9) zu schaffen, das an der äußeren Fläche des zweiten Teils (17) entlangfließt.

Claims

1. A device (1) intended for producing radioisotopes by irradiation with a beam (13) of particles on a target fluid comprising a radioisotope precursor, said device comprising:

- an irradiation cell (7) comprising a cavity (3) with a substantially conical shape intended to contain said target fluid and closed by a metal sheet (4);

- a device for cooling the walls of said cavity (3), capable of maintaining at least one fraction of the target fluid in said cavity (3) in a liquid state when said target fluid is irradiated; and

- a tilted surface (15) delimiting said cavity downwards, so as to discharge the target fluid, which condenses upon contact with the walls of the cavity (3) cooled by said cooling device, by gravity towards said metal sheet (4);

characterized in that

said cooling device is a non-cryogenic cooling device; and

said tilted surface (15) intercepts the plane formed by said metal sheet (4) by forming an acute angle (α) with said plane, so as to form with said metal sheet (4) a corner-shaped area (18) capable of collecting by gravity the target fluid which condenses upon contact with the walls of the cavity (3) cooled by said cooling device, so that the height of the collected fluid is maximum at said metal sheet (4) and decreases upon moving away from the latter.

2. The device according to claim 1, **characterized in that** the metal sheet (4) is positioned substantially perpendicularly to the axis of the beam (13) of particles.

3. The device according to claim 1 or 2, **characterized in that** the radioisotopes are produced by irradiation of a target fluid by means of a substantially horizontal beam (13) of particles.

4. The device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the acute angle (α) is comprised between 30° and 89°, preferably between 45° and 85°, still preferably between 60° and 85°.

5. The device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the cooling device comprises an admission of coolant fluid (9) located facing the portion of the irradiation cell opposite to said metal sheet (4), and a diffuser (14) generating a canal (10) able to circulate said coolant fluid (9).

6. The device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the top of the cavity (3) of a substantially conical shape is rounded.

7. The device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the irradiation cell (7) comprises:

- a first portion (16) comprising a front surface, which falls a supporting surface for said metal sheet (4), and a rear surface;

- a second portion (17) of a substantially conical shape, which protrudes relatively to said rear surface of said first portion (16);

said cavity (3) of a substantially conical shape being intended for containing said target fluid going through said first portion (16) in order to extend into said second portion (17), and forming in said front surface of said first portion (16) an aperture delimited by an edge (22), so that said metal sheet (4) closes said aperture at the edge (22) when it rests on said front surface of said first portion (16).

8. The device according to claim 7, **characterized in that** the first portion (16) further comprises a groove (11) surrounding, on the side of said rear surface, the second portion (17), this groove (11) being designed so as to be used as a collector for a coolant fluid flowing along the external surface of said second portion (17).

9. The device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the irradiation cell (7) is made in niobium.

10. The device according to any of claims 7 to 9, **characterized in that** the external surface of the second portion (17) of a substantially conical shape comprises grooves (12), each of said grooves preferably extending from an area close to the top of said second portion (17) to a region close to the base of said second portion (17); so as to generate paths for the passage of said coolant fluid (9) flowing along the external surface of said second portion (17).

11. An irradiation cell (7) intended for the production of radioisotopes by irradiation with a beam (13) of particles, of a target fluid comprising a radioisotope precursor, said cell comprising:

- a first portion (16) comprising a front surface, which forms a supporting surface for a metal sheet (4), and a rear surface;

- a second portion (17), of a substantially conical shape, which protrudes relatively to said rear surface of said first portion (16); and

- a substantially conical cavity (3), intended to contain said target fluid, **characterized in that** said substantially conical cavity (3) goes through said first portion (16) in order to extend into said second portion (17), and which intercepts said front surface of said first portion (16) according to an acute angle (α) for forming in the latter an aperture delimited by an edge (22), so that said metal sheet (4) is able to close said aperture at the edge (22) when it rests on said front surface of said first portion (16).

12. The irradiation cell according to claim 11, **characterized in that** the first portion (16) further comprises a groove (11), which from the side of said rear surface surrounds said second portion (17), so as to reduce the thickness of the first portion (16) at the base of the second portion (17), this groove (11) being designed so as to be used as a collector for a coolant fluid flowing along the external surface of said second portion (17).

13. The irradiation cell according to claim 11 or 12, **characterized in that** the external surface of said second portion (17) of a substantially conical shape comprises grooves (12) preferably extending from an area close to the top of said second portion (17) of a substantially conical shape to a region close to the base of said second portion (17), are so as to generate paths for the passage of a coolant fluid flowing along the external surface of said second portion (17).

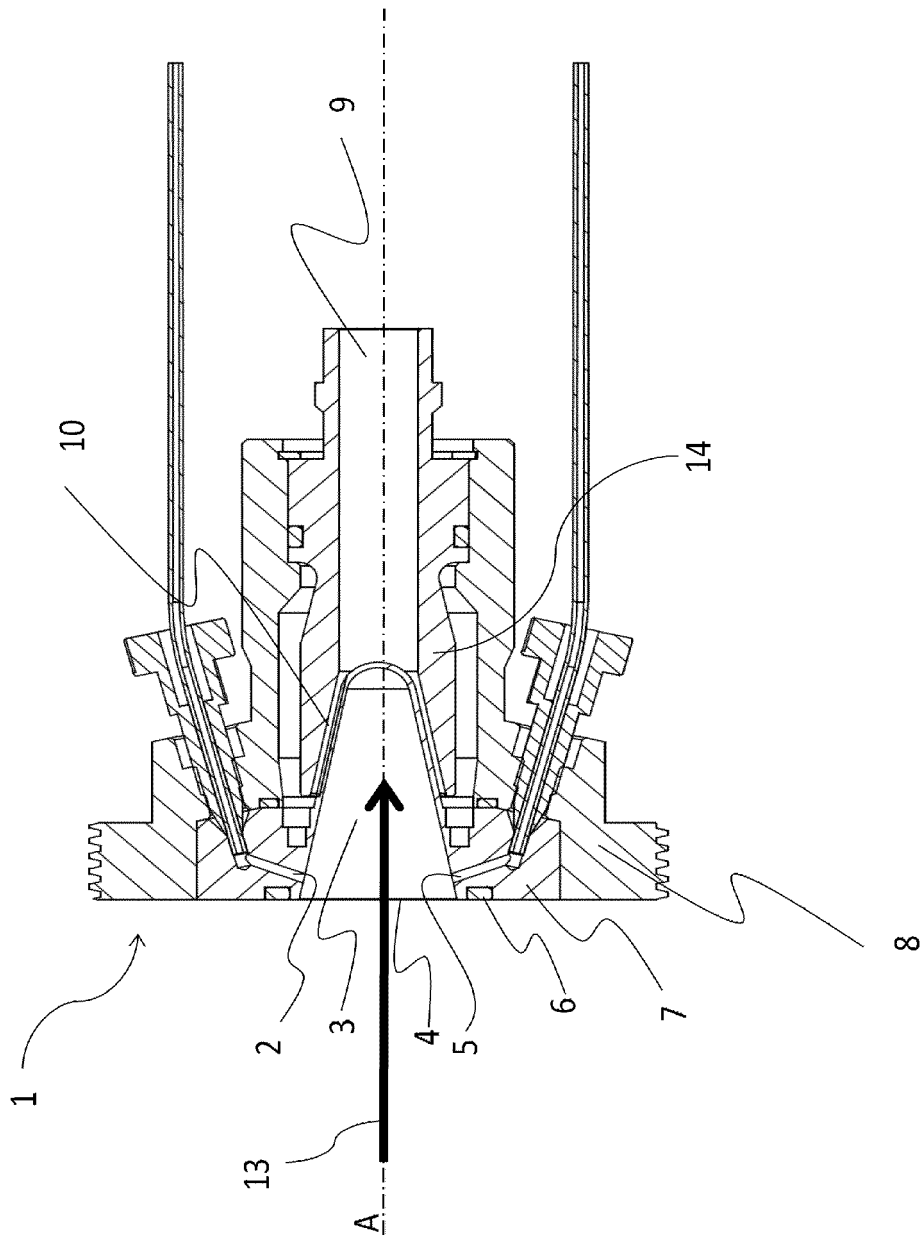


FIG.1

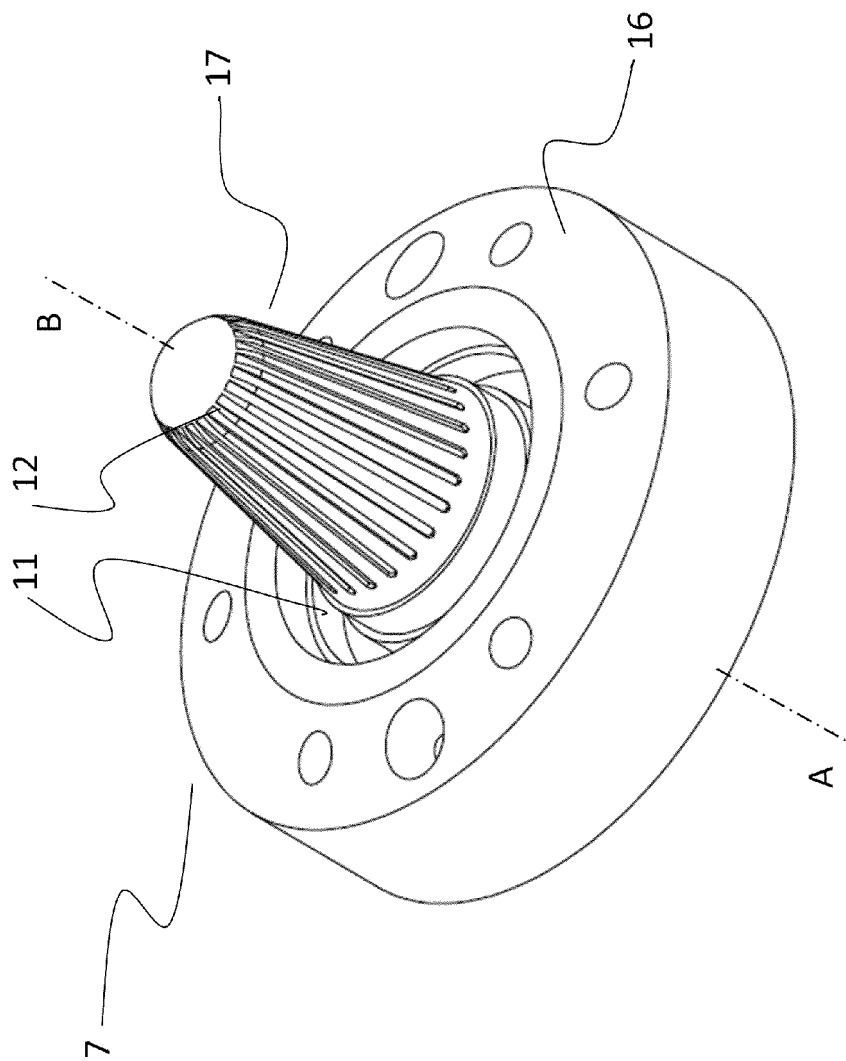


FIG. 2

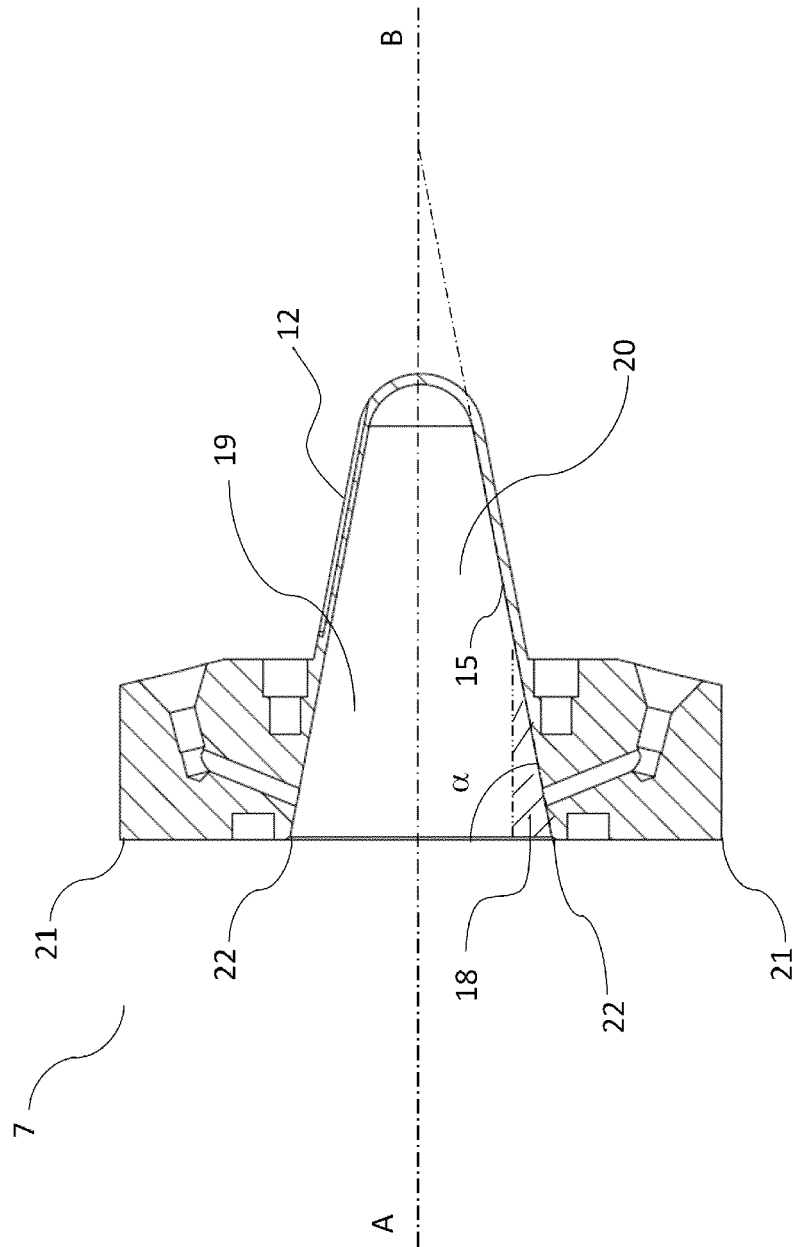
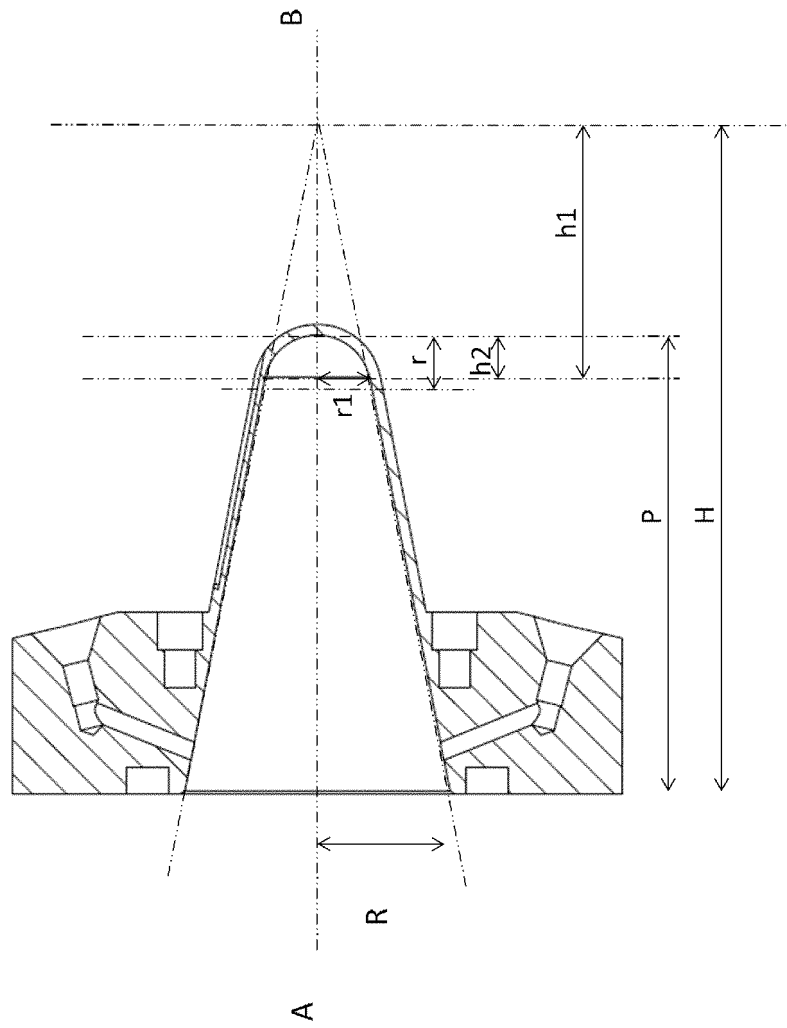


FIG.3



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 5917874 A [0005]
- BE 1011263 [0006]
- WO 2005081263 A [0006] [0037] [0038]
- US 20050084055 A [0007]
- US 6586747 B [0008]
- US 20060062342 A [0009]
- WO 02101758 A [0034]

Littérature non-brevet citée dans la description

- Mechanism of nitrogen-13-labeled ammonia formation in a cryogenic water target - Target design, products and operating parameters. **FIROUZBAKHT M. L. et al.** Nuclear Medicine and Biology. ELSEVIER, 01 Mai 1999, vol. 26, 437-441 [0010]
- Cryogenic target design considerations for the production of [18F] fluoride from enriched [18O] carbon dioxide. **FIROUZBAKHT M. L. et al.** Nuclear Medicine and Biology. ELSEVIER, 01 Octobre 1999, vol. 26, 749-753 [0011]
- **T. KAKAVAND et al.** Computer simulation techniques to design Xenon-124 solid target for iodine-123 production. *IRANIAN JOURNAL RADIATION RESEARCH*, 2008, vol. 5 (4), 207-212 [0011]