

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 871 925

21) N° d'enregistrement national : 05 06143

51) Int Cl⁷ : G 21 G 1/00

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 17.06.05.

30) Priorité : 18.06.04 US 10869911.

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.12.05 Bulletin 05/51.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY — US.

72) Inventeur(s) : BJORK HELEN.

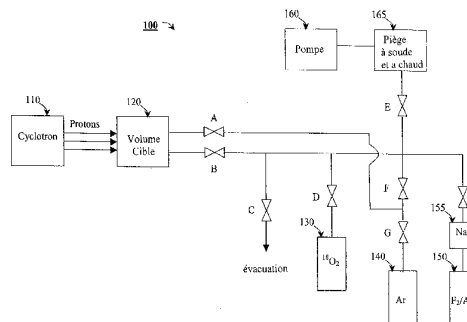
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

54) TECHNIQUE DE RECHARGEMENT EN OXYGENE 180[02] DANS LA PRODUCTION DE FLUOR 18F[F2].

57) La présente invention correspond à un dispositif et à un procédé de haute pureté contrôlée permettant de transporter un volume de gaz bien défini d'un plus grand volume de gaz à haute pression vers un volume plus petit par refroidissement cryogénique. Plus particulièrement, un dispositif de rechargement (130) contient un premier récipient pour fluide (220), un deuxième récipient pour fluide (210) et une interface permettant de raccorder lesdits premier et deuxième récipients pour fluide à un système d'alimentation en gaz (205). Le premier récipient pour fluide (220) a un volume correspondant à une certaine quantité de liquide condensé à partir du gaz, lequel produit, lors d'un changement d'état, une pression voulue de gaz au sein du volume total des premier et deuxième récipients pour fluide. Le premier récipient pour fluide (220) correspond de préférence à un tuyau hélicoïdal que l'on peut immerger dans un bain d'azote liquide (230) afin de refroidir par voie cryogénique le premier récipient pour fluide (220), ce qui permet de condenser le gaz sous forme liquide. L'invention est particulièrement bien adaptée pour introduire de l'oxygène gazeux [¹⁸O] dans un système cible [¹⁸O]₂/F₂ permettant de produire du fluor gazeux [¹⁸F]. La pression voulue vaut entre 40 et 50 bar dans l'idéal, afin d'introduire une quantité appropriée d'oxygène gazeux [¹⁸O] dans le système cible [¹⁸O]₂/F²

sur un nombre important du point de vue industriel de processus de production entre des rechargements du dispositif de rechargement (130).



FR 2 871 925 - A1



**Technique de rechargement en oxygène $^{18}\text{O}[\text{O}_2]$ dans la production
de fluor $^{18}\text{F}[\text{F}_2]$**

5

Cette invention concerne globalement la production de radionucléides, en particulier une technique permettant le rechargement en oxygène [^{18}O] dans un système de production de fluor gazeux [^{18}F].

10 La tomographie d'émission de positrons (TEP ou *PET* pour *Positron Emission Tomography*) est une technique médicale permettant de mesurer les concentrations de produits pharmaceutiques radioactifs à émission de positrons au sein du tissu de sujets vivants. Les produits pharmaceutiques radioactifs ou radiopharmaceutiques préparés à partir du radionucléide fluor 18 produit en
15 cyclotron ont trouvé un usage répandu dans un certain nombre de sondes biologiques de TEP à des fins de recherche et d'investigations cliniques du cerveau, du cœur et dans le diagnostic du cancer. Lors d'une procédure typique de TEP, on administre le produit radiopharmaceutique dans le flux sanguin d'un sujet et l'on mesure ensuite la répartition de l'activité positronique émise à partir du
20 produit radiopharmaceutique *in vivo* par tomographie d'émission en fonction du temps. On met en œuvre une procédure de reconstruction informatisée pour produire des images tomographiques du tissu pendant qu'il interagit avec le produit radiopharmaceutique.

La synthèse de fluor 18 sous la forme de fluor gazeux [^{18}F] constitue une
25 étape importante des études de TEP. Comme la demi-vie du fluor 18 vaut à peu près 109,8 minutes, les opérateurs de TEP préfèrent disposer d'un cyclotron produisant du fluor 18 sur site afin d'éviter de perdre une fraction importante de l'isotope produit au cours du transport.

La production classique de fluor gazeux [^{18}F] met habituellement en œuvre
30 un processus « à deux clichés » en utilisant un faisceau de protons produit par un cyclotron et une cible contenant du $^{18}\text{O}_2$, cf. par exemple R.J. Nickles *et al.*, *Une Cible de $^{18}\text{O}_2$ pour la production de [^{18}F] F_2* , in *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, volume 35, numéro 2, pages 117 à 122 (1984) ; A. Bishop *et al.*, *Irradiation Protonique de [^{18}O] O_2 : Production de [^{18}F] F_2 et de [^{18}F] F_2 + [^{18}F] O_2* , in *Médecine Nucléaire & Biologie*, volume 23, pages 189 à 199 (1996) ; et A.D. Roberts *et al.*,
35

Développement d'une Cible Améliorée dans la Production de $[^{18}\text{F}]\text{F}_2$, Appl. Radiat. Isot., volume 46, numéro 2 pages 87 à 91 (1995). Au cours d'un procédé à deux clichés, une cible d'oxygène gazeux enrichi de l'isotope $^{18}\text{O}_2$ est d'abord bombardée (soumise à un cliché) grâce à un faisceau de protons à 16,5 MeV produit par un cyclotron d'intensité 40 μA pendant 45 minutes à peu près. Au cours de ce premier cliché, les protons issus du cyclotron heurtent les molécules du gaz $[^{18}\text{O}]\text{O}_2$, ce qui entraîne une réaction nucléaire correspondant à $^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$ qui produit des ions ^{18}F chargés négativement. Ces ions $^{18}\text{F}^{(-)}$ adhèrent aux parois de la cible et un deuxième bombardement (cliché) de protons est nécessaire pour « laver » le fluor radioactif. Lors du deuxième cliché, l'oxygène gazeux enrichi en isotope $[^{18}\text{O}]$ se trouvant dans le volume de la cible est éliminé par refroidissement cryogénique et remplacé par un mélange contenant 0,1 à 2 % de F_2 (F_2 froid, c'est-à-dire non-radioactif) et de l'argon (Ar), mélange que l'on irradie ensuite grâce à un faisceau de protons à 16,5 MeV produit par un cyclotron d'intensité 35 μA pendant 20 minutes à peu près. Le deuxième bombardement d'Ar et de F_2 froid permet de réaliser de manière forcée un échange de fluor permettant d'obtenir des niveaux utiles en $[^{18}\text{F}]\text{F}_2$ dans la phase gazeuse.

Par ailleurs, des considérations économiques poussent également les opérateurs à mettre en œuvre avec efficacité et à conserver l'oxygène gazeux enrichi en isotope $[^{18}\text{O}]$ à partir duquel on produit du fluor gazeux $[^{18}\text{F}]$. L'oxygène gazeux enrichi en $[^{18}\text{O}]$ est cher et il nécessite des manipulations très soigneuses. On le vend aussi en quantités assez faibles et en cours d'utilisation, il est important d'être en mesure de vider complètement la bouteille d'oxygène gazeux enrichi dans le réservoir d'une installation de production de $^{18}\text{F}[\text{F}_2]$. Le fait de diminuer le volume du réservoir d'oxygène permet d'améliorer la sécurité globale de l'installation de production et atténue le risque de perdre ou de contaminer de grandes quantités d'oxygène une fois qu'il se trouve dans le système.

Au cours de la production de fluor $[^{18}\text{F}]$ telle qu'on l'a mentionnée ci-dessus, il existe un risque de remplissage excessif ou insuffisant du réservoir en oxygène gazeux $[^{18}\text{O}]$. Un excès d'oxygène gazeux $[^{18}\text{O}]$ constitue un gaspillage et présente un risque de détérioration du réservoir ainsi que d'autres constituants se trouvant dans le système de production de fluor $[^{18}\text{F}]$. Un manque d'oxygène gazeux $[^{18}\text{O}]$ ne permettra pas au réservoir de fournir suffisamment d'oxygène

[¹⁸O] pour produire une quantité utile de ¹⁸F[F₂]. Le développement d'une technique plus fiable et plus sûre permettant d'introduire de façon répétée une quantité précise d'oxygène [¹⁸O] dans le réservoir constituera donc un bénéfice très appréciable.

5 La présente invention résout ces inconvénients ainsi que d'autres encore relatifs à l'art antérieur en introduisant un récipient intermédiaire dans le système de rechargement en oxygène [¹⁸O], dont le volume est défini par l'équivalent liquide correspondant à un volume, à une pression et à une température prédéfinis d'oxygène gazeux [¹⁸O].

10 Selon un mode de réalisation de l'invention au moins, un dispositif de rechargement comprend un premier récipient pour fluide, un deuxième récipient pour fluide et une interface permettant de raccorder les premier et deuxième récipients pour fluide à une alimentation en gaz, dispositif dans lequel le premier récipient pour fluide a un volume correspondant à une certaine quantité de liquide
15 condensé à partir du gaz, lequel produit, lors d'un changement de phase, une pression voulue de gaz au sein du volume complet des premier et deuxième récipients pour fluide. Le premier récipient pour fluide correspond de préférence à un tuyau hélicoïdal destiné à être immergé dans un bain d'azote liquide afin de refroidir par voie cryogénique le premier récipient pour fluide, ce qui permet de
20 condenser le gaz sous forme liquide. Un moteur peut être présent pour faire entrer et sortir le tuyau hélicoïdal du bain d'azote liquide à des fréquences appropriées. Le dispositif est particulièrement bien adapté pour alimenter un système cible [¹⁸O]O₂/F₂ en oxygène gazeux [¹⁸O]. La pression voulue se fonde dans l'idéal sur le dispositif fournissant au système cible [¹⁸O]O₂/F₂ une quantité appropriée
25 d'oxygène gazeux [¹⁸O] sur un nombre prédéterminé de processus de production. La pression voulue du gaz obtenu après fonctionnement du dispositif se situe de préférence entre 40 et 50 bar.

 Selon un mode de réalisation au moins de l'invention, un procédé comprend les étapes consistant à refroidir par voie cryogénique un premier
30 récipient pour fluide et à introduire un gaz dans ce premier récipient pour fluide refroidi par voie cryogénique, procédé au cours duquel le gaz se condense sous forme liquide à l'intérieur du premier récipient pour fluide refroidi par voie cryogénique. Lorsque le premier récipient pour fluide est plein de liquide condensé, le procédé se poursuit par les étapes de réchauffement du premier
35 récipient pour fluide permettant de transformer le liquide condensé en gaz, et de

d'expansion du gaz obtenu dans un deuxième récipient pour fluide. Le gaz transformé obtenu a une pression voulue au sein du volume total des premier et deuxième récipients pour fluide en fonction du volume total du liquide condensé se trouvant dans le premier récipient pour fluide. Le premier récipient pour fluide
5 correspond de préférence à un tuyau hélicoïdal destiné à être immergé dans un bain d'azote liquide afin de refroidir par voie cryogénique le tuyau et de condenser le gaz sous forme liquide. Pour faire revenir le liquide à l'état de gaz, le bain d'azote liquide mis en œuvre est éliminé du premier récipient pour fluide. Le processus est particulièrement bien adapté pour l'oxygène gazeux [^{18}O] mis en
10 œuvre dans un système cible [^{18}O] O_2/F_2 produisant du fluor gazeux [^{18}F].

Un avantage des modes exemplaires de réalisation de la présente invention fait qu'on obtient une technique fiable et sûre permettant d'introduire de façon répétée une quantité précise d'oxygène [^{18}O] dans un réservoir de gaz au sein d'un système de rechargement.

15 Un autre avantage des modes exemplaires de réalisation de la présente invention fait qu'il diminue, voire qu'il élimine, le risque de remplir excessivement un réservoir d'oxygène [^{18}O]. Les modes exemplaires de réalisation de l'invention peuvent en outre maintenir la pureté en gaz la plus élevée possible, puisqu'aucun dispositif (aucune pompe à vide par exemple)
20 n'interfère avec le gaz au cours du processus de rechargement.

Ce qui précède ainsi que d'autres caractéristiques et avantages vont apparaître à partir de ce qui suit : une description plus détaillée des modes préférés de réalisation de l'invention, les dessins annexés et les revendications.

25 Afin de mieux comprendre la présente invention, ses objectifs et ses avantages, on va maintenant se référer aux descriptions suivantes prises en relation avec les dessins annexés suivants.

La figure 1 représente un système cible à double cliché [^{18}O] O_2/F_2 conforme à au moins un mode de réalisation de l'invention.

30 La figure 2 représente un dispositif de rechargement en oxygène [^{18}O] conforme à au moins un mode de réalisation de l'invention.

La figure 3 enfin représente un procédé de fonctionnement du dispositif de rechargement en oxygène [^{18}O] correspondant à la figure 2.

On pourra comprendre les modes préférés de réalisation de l'invention et
35 leurs avantages en se référant aux figures 1 à 3, parmi lesquelles des numéros de

référence identiques correspondent à des éléments identiques, et que l'on décrit dans le contexte d'un dispositif de rechargement en oxygène [^{18}O] destiné à un système cible à double cliché [^{18}O] O_2/F_2 . La présente invention peut néanmoins s'appliquer à tout type de système de rechargement (et à tout gaz) et similaire où un volume de gaz bien défini passe d'un volume de gaz plus important, où règne une pression élevée, à un volume plus petit par refroidissement par voie cryogénique.

Si l'on se réfère à la figure 1, on voit qu'un système cible 100 à double cliché [^{18}O] O_2/F_2 apparaît conformément à au moins un mode de réalisation de l'invention. Le système 100 comporte un cyclotron 110, un volume cible 120, un dispositif 130 de rechargement en oxygène [^{18}O], un réservoir d'argon 140, un réservoir d'Ar/ F_2 150, une pompe 160 et des vannes A à I (la vanne I apparaît à la figure 2). Lors d'un fonctionnement à deux clichés, le volume cible 120 est d'abord purgé grâce à la pompe 160 avant d'en être isolé par fermeture de la vanne E. Le volume cible 120 est rempli d'oxygène [^{18}O] grâce au dispositif 130, puis la vanne B est fermée. Conformément à l'un des modes de réalisation, le cyclotron 110, dont la mise en œuvre est connue des hommes de l'art, produit et dirige un faisceau protonique de 15,5 MeV (à 40 μA pendant 45 minutes par exemple) en direction de l'oxygène [^{18}O] se trouvant dans le volume cible 120, ce qui provoque une réaction nucléaire $^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$ qui produit des ions $^{18}\text{F}^{(-)}$ qui adhèrent aux parois du volume cible 120. Au bout de 45 minutes, la production de protons cesse et l'oxygène [^{18}O] non utilisé restant dans le volume cible 120 est pompé par voie cryogénique pour le faire revenir dans le dispositif 130 de rechargement en oxygène par refroidissement dans un bain d'azote liquide et par ouverture de la vanne B. Le volume cible 120 est rechargé grâce à un mélange approprié de lavage d'argon issu du réservoir 140 et d'Ar/ F_2 issu du réservoir 150. Le cyclotron 110 irradie alors une deuxième fois le volume cible 120 par le biais d'un faisceau protonique de 16,5 MeV et d'intensité 35 μA pendant 20 minutes, ce qui produit de manière forcée un échange concernant le fluor qui donne des niveaux utiles de $^{18}\text{F}[\text{F}_2]$ dans la phase gazeuse, finalement évacué du volume cible 120 par l'intermédiaire des vannes B et C.

Les paramètres utiles à la constitution du volume cible 120 dans le cadre de la production d'isotopes du fluor sont le volume d'impact du faisceau, la géométrie et le matériau. Même s'il ne s'agit pas de la priorité de la présente invention, il est important de noter que différents volumes cibles peuvent être mis

en œuvre en tant que volume cible 120, et que des variations de la constitution du volume cible 120 peuvent influencer sur la quantité globale de $^{18}\text{F}[\text{F}_2]$ obtenue dans le système 100. Les volumes cibles correspondant à la réaction $^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$ peuvent être mis en œuvre par le biais de formes de trous coniques ou
5 cylindriques, de diamètres d'entrée de faisceau compris entre 10 et 15 mm, de diamètres de sortie de faisceau compris entre 10 et 23 mm et de volumes compris entre 7,9 et 14,6 cm³. On peut produire le volume cible 120 à partir de matériaux tels que l'aluminium, l'argent, le cuivre, le nickel ou le cuivre plaqué d'or, sans que ceux-ci ne soient limitatifs.

10 Le mélange de lavage est fourni par le réservoir d'argon 140 et par le réservoir d'Ar/F₂ 150. On peut mettre en œuvre chacun de ces réservoirs 140 et 150 sous forme de réservoir amovible ou de réservoir rechargeable doté d'un orifice d'entrée (non représenté) permettant de raccorder le réservoir à une alimentation externe en gaz. Même si l'argon est préférable, il est possible de
15 mettre en œuvre d'autres gaz nobles tels que le krypton (Kr) ou le néon (Ne). On peut éventuellement raccorder le réservoir d'Ar/F₂ 150 à un piège activé de sodium et de fluor (NaF) 155 afin d'éliminer toute contamination possible par du fluorure d'hydrogène à partir du réservoir 150.

La pompe 160 correspond à un type quelconque de pompe à vide, dont
20 l'identification et la mise en œuvre sont connues des gens de l'art. On peut raccorder un piège optionnel à soude et à chaux 165 à la pompe 160 afin d'empêcher que du F₂ nocif ne contamine l'huile de la pompe à vide et ne sorte par l'orifice de production de vide.

Les vannes A à I peuvent contenir chacune un solénoïde télécommandé
25 par une unité centrale et/ou par une vanne manuelle. Ces vannes A à I s'ouvrent et se ferment à des fréquences variables pour permettre aux gaz pressurisés appropriés de s'écouler à double sens en direction des divers constituants composant le système 100 que l'on décrit ici. Les constituants du système 100 (à l'exclusion du cyclotron 100) sont raccordés l'un à l'autre grâce à des conduits
30 appropriés, par exemple des tuyaux et/ou des canalisations, dont l'identification et la mise en œuvre sont connues des gens de l'art, afin de transporter les différents gaz. Un homme de l'art sait que d'autres composants tels que des capteurs de pression peuvent être raccordés au système 100 dans la mesure où on le juge nécessaire.

Si l'on se réfère à la figure 2, on voit que le dispositif 130 de rechargement en oxygène [^{18}O] apparaît conformément à au moins un mode de réalisation de l'invention. Le dispositif 130 de rechargement en oxygène [^{18}O] comprend un réservoir en oxygène [^{18}O] 210, un récipient intermédiaire 220 et un Dewar d'azote 230. Une bouteille externe et amovible d'oxygène [^{18}O] 205 est raccordée au dispositif 130 de rechargement au cours du rechargement, comme le montre la figure. Un capteur de pression (non représenté) peut aussi être raccordé au dispositif de rechargement 150, afin de mesurer la pression. La bouteille d'oxygène [^{18}O] 205 est mise en œuvre sous forme de réservoir amovible ou de bouteille raccordée à la vanne I. Le réservoir 210 doit conserver une pression suffisante pour permettre de remplir le volume cible 120 sous une pression prédéfinie, sous 10 bar par exemple (il est possible de mettre en œuvre d'autres pressions en fonction de l'énergie du faisceau protonique, de la taille de la cible, etc.). Selon un mode exemplaire de réalisation, le réservoir 210 a un volume de 60 millilitres et nécessite une pression minimale de 27 bar pour permettre de remplir le volume cible sous 10 bar sur un nombre approprié de processus de production sans devoir recharger le réservoir. Le volume du récipient intermédiaire 220 vaut 3,3 mL environ (3,3 mL correspond au volume refroidi, le volume total de récipient intermédiaire 220 pouvant surpasser celui d'un mode exemplaire de réalisation, le récipient intermédiaire 220 comprenant une boucle hélicoïdale et un long « col », ce qui fait que la partie formant la boucle hélicoïdale peut être abaissée dans le N_2L) et le volume global du système de rechargement vaut 60 millilitres environ (sans compter la bouteille d'oxygène [^{18}O] 205). Dans ce mode exemplaire de réalisation, on peut mettre en œuvre dix processus de production avant de devoir recharger le réservoir 210 grâce à la bouteille d'oxygène [^{18}O] 205.

Le récipient intermédiaire 220 est prévu pour garantir qu'un volume prédéfini d'oxygène gazeux [^{18}O] sera introduit dans le dispositif 130 de rechargement. Le volume du récipient intermédiaire 220 est en particulier choisi de façon à ce que quand il est plein d'oxygène [^{18}O] sous forme liquide, ce liquide, une fois transformé en gaz, correspond à la quantité nécessaire et à la pression d'oxygène gazeux [^{18}O] devant remplir le dispositif 130 de rechargement en oxygène avec suffisamment de gaz (mais sans surcharger le système) afin de durer un nombre choisi de processus de production de fluor [^{18}F] à température ambiante. Autrement dit, le volume du récipient intermédiaire 220 dépend du

volume d'oxygène gazeux [^{18}O] et de la pression voulus, mais en phase liquide. Le Dewar d'azote liquide 230 sert à refroidir le récipient intermédiaire 220 à 77 kelvin, si bien que l'oxygène gazeux [^{18}O] se condense sous forme de liquide. Le Dewar d'azote liquide 230 est raccordé de préférence à un moteur qui permet au
5 Dewar 230 de mettre un bain d'azote liquide en contact avec le récipient intermédiaire 220 et de l'en séparer. Le récipient intermédiaire 220 a de préférence la forme d'un tuyau hélicoïdal afin de maximiser la surface de contact avec l'azote liquide, ce qui accélère le processus de refroidissement. Il est toutefois possible de mettre en œuvre d'autres géométries que celle du tuyau
10 hélicoïdal, par exemple celle d'un cylindre, sans que cela ne soit limitatif. Le récipient intermédiaire 220 peut être conçu pour supporter des centaines de processus de production et pour apporter à l'opérateur un procédé sûr, réitérable et fiable.

Si l'on se réfère à la figure 3, on voit qu'un procédé 300 permettant de
15 mettre en œuvre le dispositif 130 de rechargement en oxygène [^{18}O] est illustré conformément à au moins un mode de réalisation de l'invention. Le dispositif 130 de rechargement est évacué en particulier (étape 310) puis la vanne D se ferme. Le récipient intermédiaire 220 est refroidi par de l'azote liquide ($\text{N}_2 \text{ L}$) par voie cryogénique (étape 320) dans le Dewar 230, et la vanne I s'ouvre (étape 330) sur
20 la bouteille 205 d'oxygène [^{18}O]. L'oxygène gazeux [^{18}O] est condensé sous forme liquide dans le récipient intermédiaire 220. Lorsque le récipient intermédiaire 220 est rempli d'oxygène liquide [^{18}O] (la pression se stabilise en atteignant la pression réglée, par exemple 1 bar, de la bouteille 205 d'oxygène [^{18}O]), la vanne I est fermée (étape 340) et l'azote liquide est évacué (par
25 écoulement par exemple) du récipient intermédiaire 220. Tandis que le récipient intermédiaire 220 tiédit jusqu'à la température ambiante de nouveau, l'oxygène liquide [^{18}O] se vaporise sous forme de gaz et se répand (étape 350) dans le réservoir 210 et dans le récipient intermédiaire 220, ce qui donne une quantité exacte d'oxygène gazeux [^{18}O] à pression prédéterminée (44 bar à peu près par
30 exemple, à partir de 3,3 mL d'oxygène liquide [^{18}O]O₂ répandu dans un volume proche de 60 mL, soit 50 mL issu du réservoir plus 3,3 mL dans la boucle et 6,7 millilitres dans les canalisations, dans les raccords, etc.).

On place la vanne I à proximité de la bouteille 205 d'oxygène [^{18}O] à partir de laquelle une quantité choisie de gaz (déterminée par le volume de
35 récipient intermédiaire 220) va se trouver refroidie à cryotempérature. On préfère

qu'il n'existe aucune vanne entre le réservoir 210 et le récipient intermédiaire 220 puisque quand le gaz se répand, il faut qu'il existe un volume lui permettant de s'épandre. Alternativement, le récipient intermédiaire 220 et éventuellement le système cible 100 à double cliché [^{18}O]O₂/F₂ peuvent être placés sous une très
5 grande pression et les tubes, les raccords et les vannes peuvent rompre.

Les valeurs de paramètre attribuées aux faisceaux protoniques, par exemple l'énergie, l'intensité électrique et la durée d'irradiation ainsi que les valeurs attribuées au volume et aux pressions des différents gaz et récipients n'ont
10 valeur que d'exemple. Un homme de l'art sait que ces paramètres peuvent varier comme on le souhaite ou selon nécessité.

Alors que l'on a exposé et décrit l'invention en se référant en particulier à plusieurs de ses modes préférés de réalisation, les spécialistes comprendront que l'on peut y apporter diverses modifications de la forme et des détails.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (130) comprenant :
 - un premier récipient pour fluide (220),
 - 5 - un deuxième récipient pour fluide (210)
 - et une interface permettant de raccorder lesdits premier et deuxième récipients pour fluide à une alimentation en gaz,
dispositif dans lequel le premier récipient pour fluide (220) a un volume correspondant à une certaine quantité de liquide condensé à partir dudit gaz,
10 lequel produit lors du changement de phase une pression voulue de gaz au sein d'un volume total desdits premier et deuxième récipients pour fluide.

2. Dispositif selon la revendication 1 dans lequel ledit premier récipient pour fluide (220) comprend un tuyau hélicoïdal et comprend de plus :
 - 15 - un bain d'azote liquide (230) et
 - un moteur permettant de d'immerger ledit tuyau hélicoïdal dans ledit bain d'azote liquide et de l'en faire sortir

3. Dispositif selon la revendication 1, ledit gaz étant de l'oxygène gazeux [¹⁸O], un volume dudit premier récipient pour fluide (220) étant plus petit qu'un volume dudit deuxième récipient pour fluide (210) et ladite pression de gaz étant comprise entre 40 et 50 bar.

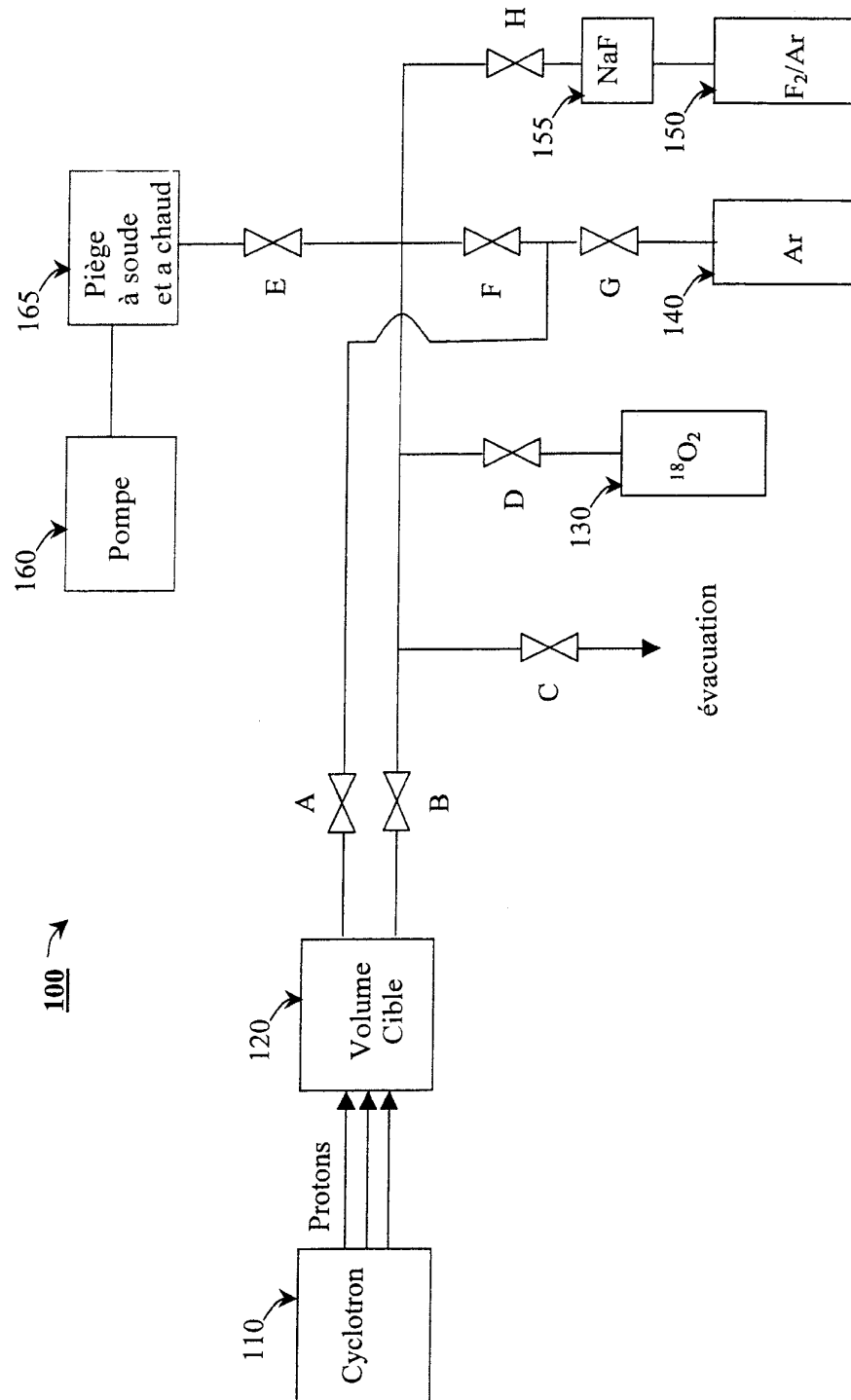
4. Système (100) de production de fluor [¹⁸F] comprenant :
 - 25 - le dispositif conforme à la revendication 2
 - et un système cible (120) [¹⁸O]O₂/F₂.

5. Système (100) de production de fluor [¹⁸F] selon la revendication 3 dans lequel ladite pression voulue est fonction dudit dispositif fournissant ledit oxygène gazeux [¹⁸O] audit système cible (120) [¹⁸O]O₂/F₂ sur un nombre prédéterminé de processus de production dudit système cible (120) [¹⁸O]O₂/F₂.
30

6. Procédé comprenant les étapes suivantes :
 - refroidissement par voie cryogénique d'un premier récipient pour fluide (220),
 - 35 - introduction d'un gaz dans ledit premier récipient pour fluide (220) refroidi par voie cryogénique, procédé au cours duquel ledit gaz se condense sous forme

- liquide à l'intérieur dudit premier récipient pour fluide (220) refroidi par voie cryogénique,
- lorsque ledit premier récipient pour fluide (220) se remplit dudit fluide condensé, réchauffement dudit premier récipient pour fluide (220) permettant de transformer ledit fluide condensé en gaz,
 - et expansion dudit gaz transformé dans un deuxième récipient pour fluide (210), procédé au cours duquel ledit gaz transformé exerce une pression voulue de gaz au sein d'un volume total desdits premier et deuxième récipients pour fluide en fonction du volume total dudit fluide condensé se trouvant dans ledit premier
- 10 récipient pour fluide (220).
7. Procédé selon la revendication 6 au cours duquel ledit premier récipient pour fluide (220) comprend un tuyau hélicoïdal, ladite étape de refroidissement par voie cryogénique comprenant l'étape consistant à appliquer un bain d'azote
- 15 liquide (230) audit premier récipient pour fluide (220), et ladite étape de réchauffement comprenant l'étape de mise à l'écart dudit bain appliqué d'azote liquide vis-à-vis dudit premier récipient pour fluide (220).
8. Procédé selon la revendication 6, ledit gaz étant de l'oxygène gazeux
- 20 [^{18}O], un volume dudit premier récipient pour fluide (220) étant plus petit qu'un volume dudit deuxième récipient pour fluide (210) et ladite pression de gaz étant comprise entre 40 et 50 bar.
9. Procédé selon la revendication 6 comprenant en outre l'étape
- 25 d'interruption de ladite introduction de gaz lorsque ledit premier récipient pour fluide (220) se remplit dudit fluide condensé.
10. Procédé selon la revendication 6 comprenant en outre l'étape d'évacuation desdits premier et deuxième récipients pour fluide avant ladite étape de refroidissement cryogénique dudit premier récipient pour fluide.
- 30
11. Procédé selon la revendication 6 comprenant en outre les étapes suivantes :
- le fait de raccorder lesdits premier et deuxième récipients pour fluide à un système cible (120) [^{18}O] O_2/F_2 ,
 - et le fait de faire s'écouler ledit gaz transformé à partir desdits premier et
- 35 deuxième récipients pour fluide vers ledit système cible (120) [^{18}O] O_2/F_2 .

FIG. 1



2/3

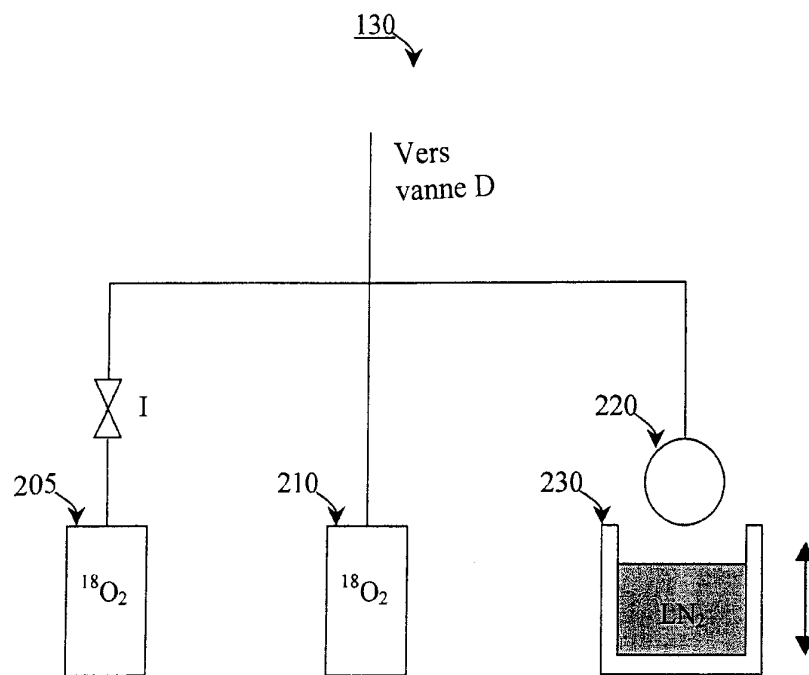


FIG. 2

3/3

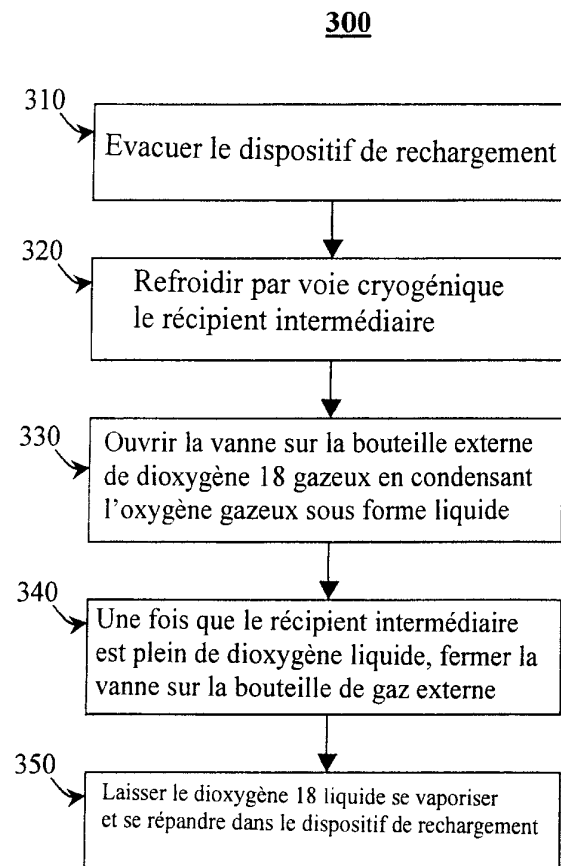


FIG. 3