



UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, **Publiée :**

TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Dispositif d'analyse de radioéléments dans un échantillon radioactif, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une cellule d'analyse micro- fluïdique (1) essentiellement plane comprenant au moins : • un réservoir (101) configuré pour accueillir une quantité prédéterminée d'un fluide à analyser contenant une quantité de l'échantillon à analyser, • une colonne de séparation (103) comprenant un monolithe organique, reliée au réservoir (101) adaptée pour la séparation d'un radioélément d'intérêt, • des moyens de déplacement adaptés pour faire déplacer le fluide à travers la colonne de séparation (103), o des moyens pour accueillir le fluide (107) après passage à travers la colonne de séparation (103) situés en aval de la colonne de séparation (103), dans le sens de l'écoulement du fluide à analyser. L'invention concerne également un procédé d'analyse mettant en œuvre un tel dispositif d'analyse.

**PROCEDE ET DISPOSITIF D'ANALYSE MICRO-FLUIDIQUE,
NOTAMMENT D'URANIUM ET DE PLUTONIUM DANS DES
ECHANTILLONS RADIOACTIFS**

5

La présente invention concerne un dispositif et un procédé d'analyse micro-fluidique, notamment d'uranium et de plutonium, dans des échantillons radioactifs. Elle s'applique notamment au domaine de l'analyse nucléaire,
10 plus précisément de l'analyse nucléaire à l'échelle micrométrique.

Dans le domaine nucléaire, il est nécessaire de pouvoir procéder à l'analyse de combustibles irradiés aux fins de garantir le bon déroulement des opérations de retraitements, d'assurer la maintenance d'installations et
15 de garantir leur sécurité. Il est notamment nécessaire de pouvoir quantifier dans les combustibles irradiés la présence d'éléments tels que l'uranium U, le plutonium Pu et de produits de fission, habituellement désignés par le sigle PF. Une telle analyse requiert en premier lieu des étapes de séparation, permettant d'isoler les éléments précités des échantillons à analyser. Plus
20 précisément, l'analyse de l'uranium et du plutonium nécessite plusieurs étapes de concentration, de séparation et de purification. Toutes les techniques connues pour la mise en œuvre des étapes précitées impliquent l'utilisation de réactifs chimiques. Par conséquent les opérations impliquées par ces étapes comportent des risques chimiques pour les opérateurs, au
25 surplus des risques d'ordre radiologiques résultant de la nature des échantillons analysés.

En outre, ces opérations sont de mise en œuvre longue et difficile, notamment dans des dispositifs tels que des boîtes à gants. En raison de ces inconvénients, un opérateur ne peut traiter qu'un nombre limité d'échantillons
30 à la fois, et les opérations précitées ne sont pas automatisables.

Une technique connue de séparation des éléments radioactifs précités est dite de chromatographie gravitaire, et est réalisée au moyen d'une colonne de chromatographie. Cette technique implique une consommation d'une grande quantité de produits réactifs, et génère par conséquent une
35 grande quantité de déchets dont il est délicat d'assurer la gestion. Une technique connue de séparation des radioéléments tels que l'uranium, le

plutonium et les produits de fission par chromatographie gravitaire est mise en œuvre via l'utilisation d'une résine dans un milieu chlorhydrique.

Plus précisément, la séparation et l'isolement d'un radioélément d'intérêt dans une fraction pure à partir d'un mélange comprenant de l'uranium, du plutonium, des produits de fission et des actinides trivalents comporte plusieurs étapes de chromatographie gravitaire réalisées en milieu acide chlorhydrique au moyen de colonnes dont le diamètre est de l'ordre de 4 à 10 mm, une colonne contenant une phase stationnaire particulière fonctionnalisée par un groupement ammonium quaternaire. Cette technique est décrite dans l'ouvrage de Jukka Lehto et Xiaolin Hou, intitulé « Chemistry and Analysis of Radionuclides: Laboratory Techniques and Methodology » ISBN: 978-3-527-32658-7, paru aux éditions Wiley, en 2010. Les phases stationnaires sont de type particulière, avec un diamètre de particules de l'ordre de 50 μm , et par conséquent les écoulements sont lents. Les séparations se déroulent séquentiellement par changement de la composition de la phase liquide. Les produits de fission et les actinides trivalents sont alors élués, puis le plutonium après un changement de milieu d'élution, et enfin l'uranium après un dernier changement de milieu chimique.

Ces étapes, longues et difficiles, génèrent une importante quantité de déchets, de l'ordre de plusieurs dizaines de ml, et conduisent à manipuler des réactifs dangereux, des quantités d'échantillons pouvant être fortement irradiantes. La présence de l'opérateur est indispensable car la séparation n'est pas entièrement automatisable et présente des risques de contamination des échantillons et de l'opérateur.

25

Ainsi, l'amélioration des protocoles d'analyse des radioéléments requiert une réduction des quantités de réactifs et d'échantillons irradiés utilisés, ainsi qu'une optimisation des protocoles d'analyse en termes de sélectivité et de rapidité.

30

Il est par conséquent souhaitable de pouvoir :

- minimiser le temps de traitement d'un échantillon irradié, depuis son prélèvement jusqu'à l'obtention des résultats analytiques le concernant ;
- diminuer l'incertitude analytique en diminuant le nombre d'étapes de manipulation ;

35

3

- diminuer la production de déchets, notamment de réactifs, mais également de produits consommables de laboratoire, de solution de décontamination, etc. ;
- 5 - automatiser des opérations unitaires de procédé chimique, notamment dans le but d'augmenter les rendements horaires des opérateurs ;
- diminuer l'exposition radiologique et chimique des personnels ;
- 10 - minimiser le nombre d'échantillons stockés en attente d'analyse afin de prévenir tout changement par rapport à leur état initial, dû par exemple à des phénomènes d'évaporation, de décroissance, de déplacement d'équilibres chimiques, etc.

Un but de la présente invention est de remplir tous les objectifs énumérés ci-dessus, et de pallier au moins les inconvénients précités des techniques d'analyse connues, en proposant un dispositif d'analyse formé par un microsystème séparatif destiné à l'analyse de l'uranium et du plutonium à partir d'un mélange d'uranium, de plutonium et de produits de fission tels que des actinides trivalents.

La présente invention propose que le dispositif soit formé par un système miniaturisé, du type désigné sous l'appellation anglaise "lab-on-chip" ou puce, permettant la mise en œuvre d'une pluralité d'opérations complexes, typiquement sur une plaquette dont les dimensions sont de l'ordre du centimètre.

La diminution des dimensions caractéristiques du dispositif d'analyse se traduit d'une part par une diminution des quantités de réactifs et d'échantillons analysés, typiquement par un facteur de l'ordre de 1000, avec pour corollaire une diminution du risque encouru par l'opérateur en cas de manipulation de produits dangereux et d'autre part, par une augmentation des cinétiques d'échange et un meilleur contrôle des écoulements conduisant à une efficacité et une rapidité accrues des séparations. En outre, la présente invention permet de paralléliser les dispositifs d'analyse et permet ainsi la gestion d'un flux important d'échantillons tout en réduisant le temps de l'analyse et le temps de manipulation.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif d'analyse de radioéléments dans un échantillon radioactif, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une cellule d'analyse micro-fluidique essentiellement plane comprenant au moins :

- 5 • un réservoir configuré pour accueillir une quantité prédéterminée d'un fluide à analyser contenant une quantité de l'échantillon à analyser,
- une colonne de séparation comprenant un monolithe organique, reliée au réservoir adaptée pour la séparation
- 10 d'un radioélément d'intérêt,
- des moyens de déplacement adaptés pour faire déplacer le fluide à travers la colonne de séparation,
- des moyens pour accueillir le fluide après passage à
- 15 travers la colonne de séparation situés en aval de la colonne de séparation, dans le sens de l'écoulement du fluide à analyser.

Dans un mode de réalisation de l'invention, les moyens de déplacement peuvent être animés par la force centrifuge.

20 Dans un mode de réalisation de l'invention, le monolithe organique peut être fonctionnalisé par un groupement ammonium quaternaire.

Dans un mode de réalisation de l'invention, le monolithe organique peut être un monolithe de la famille des méthacrylates, des polystyrènes vinylbenzènes ou acrylamides.

25 Dans un mode de réalisation de l'invention, ladite au moins une cellule d'analyse micro-fluidique peut être essentiellement synthétisée dans un microsystème en copolymère cyclo-oléfine.

Dans un mode de réalisation de l'invention, le dispositif d'analyse peut comprendre une plateforme essentiellement plane et de forme circulaire, sur

30 laquelle est disposée ladite au moins une cellule d'analyse.

Dans un mode de réalisation de l'invention, la plateforme et ladite au moins une cellule d'analyse peuvent être formées par une unique pièce physique.

Dans un mode de réalisation de l'invention, la plateforme et ladite au

35 moins une cellule d'analyse peuvent être formées par des pièces

physiquement distinctes, la plateforme étant équipée de réceptacles creux formant des empreintes de dimensions définies de manière à pouvoir recevoir ladite au moins une cellule d'analyse, chaque cellule d'analyse étant formée sur une plaque essentiellement rectangulaire.

5 Dans un mode de réalisation de l'invention, chaque cellule d'analyse peut comprendre en outre un goulet d'étranglement formé par une conduite dans le prolongement de la colonne de séparation, les moyens pour accueillir le fluide après passage à travers la colonne de séparation étant situés en aval du goulet d'étranglement.

10 Dans un mode de réalisation de l'invention, chaque cellule d'analyse peut comprendre en outre un évent formé par une conduite en communication fluide avec lesdits moyens pour accueillir le fluide.

Dans un mode de réalisation de l'invention, l'évent précité peut comprendre une portion proximale prolongée par une portion distale, la
15 portion proximale partant desdits moyens pour accueillir le fluide suivant un angle aigu par rapport à l'axe principal de la colonne de séparation, puis incurvée de manière à ce que la portion distale soit sensiblement parallèle à la colonne de séparation.

Dans un mode de réalisation de l'invention, chaque cellule d'analyse
20 peut comprendre en outre au moins une conduite d'alimentation pour l'introduction du fluide à analyser dans la cellule d'analyse et la conduite du fluide vers le réservoir.

La présente invention a également pour objet un procédé d'analyse de
25 radioéléments dans un échantillon radioactif à partir d'un dispositif d'analyse selon l'un des modes de réalisation présentés, adapté pour l'analyse du plutonium, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium à la valence IV ;
- 30 • dépôt de l'échantillon dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et les actinides trivalents ;
- élution des produits de fission, des actinides trivalents et de
35 l'uranium par une solution d'acide chlorhydrique d'une

concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors les produits de fission, les actinides trivalents et l'uranium ;

- élution du plutonium à la valence IV par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à 1 mol.l^{-1} , l'éluat obtenu comprenant alors le plutonium.

La présente invention a également pour objet un procédé d'analyse de radioéléments dans un échantillon radioactif à partir d'un dispositif d'analyse selon l'un des modes de réalisation présentés, adapté pour l'analyse de l'uranium, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium à la valence IV ;
- dépôt de l'échantillon dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et les actinides trivalents ;
- élution des produits de fission dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et les actinides trivalents ;
- élution de l'uranium par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors l'uranium.

La présente invention a également pour objet un procédé d'analyse de radioéléments dans un échantillon radioactif à partir d'un dispositif d'analyse selon l'un des modes de réalisation présentés, adapté pour l'analyse de l'uranium, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium trivalent ;
- dépôt de l'échantillon en milieu acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant

- alors des produits de fission et des actinides trivalents dont le plutonium trivalent ;
- élution des produits de fission et des actinides trivalents dont le plutonium trivalent par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides trivalents dont le plutonium trivalent ;
 - élution de l'uranium par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à 1 mol.l^{-1} , l'éluat obtenu comprenant alors de l'uranium.

La présente invention a également pour objet un procédé d'analyse de radioéléments dans un échantillon radioactif à partir d'un dispositif d'analyse selon l'un des modes de réalisation présentés, adapté pour l'analyse des produits de fission et des actinides trivalents, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium à la valence IV ;
- dépôt de l'échantillon dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides trivalents ;

élution des produits de fission et des actinides trivalents par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides trivalents.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description, donnée à titre d'exemple, faite en regard des dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, une vue de dessus illustrant de manière simplifiée une cellule d'un dispositif d'analyse selon un exemple de réalisation de l'invention ;

- la figure 2, une vue de dessus illustrant de manière simplifiée un dispositif d'analyse comprenant une pluralité de cellules d'analyse, selon un exemple de réalisation de l'invention.

5 Selon la présente invention, un dispositif d'analyse comprend au moins une cellule d'analyse essentiellement plane formée par un système séparatif sur une colonne chromatographique réalisée à une échelle micrométrique. La conception d'une cellule d'analyse, c'est-à-dire le choix des matériaux utilisés, sa configuration et le dimensionnement des éléments
10 qui la composent, permet d'obtenir des performances d'analyse au moins équivalentes à celles obtenues par des techniques d'analyse connues précitées mettant en œuvre la chromatographie gravitaire sur résine particulière en milieu chlorhydrique.

 La figure 1 présente une vue de dessus illustrant de manière
15 simplifiée une cellule d'un dispositif d'analyse selon un exemple de réalisation de l'invention.

 Selon une spécificité de la présente invention, un dispositif d'analyse peut comprendre une ou une pluralité de cellules d'analyse 1 telles que la cellule d'analyse 1 décrite en détails ci-après.

20 Une cellule d'analyse 1 peut comprendre un réservoir 101 destiné à accueillir un volume déterminé de fluide à analyser comprenant notamment des radioéléments à analyser contenus dans une solution chimique. Dans l'exemple illustré par la figure, le réservoir 101 est de forme cylindrique à section circulaire, d'un diamètre et d'une profondeur déterminés. Le
25 réservoir 101 est en communication fluide avec une première portion d'une conduite formant une colonne de séparation 103.

 Avantageusement, la colonne de séparation 103 est prolongée par une deuxième portion d'une conduite, par exemple de section transversale de dimensions moindres, formant un goulet d'étranglement 105, le goulet
30 d'étranglement 105 contribuant à la cinétique de la séparation des radioéléments d'intérêt.

 La colonne de séparation 103 ou le goulet d'étranglement 105 lorsque ce dernier est présent, est en communication fluide avec un premier réceptacle 107, formant des moyens pour accueillir le fluide ayant traversé la
35 colonne de séparation 103. Les moyens pour accueillir le fluide ayant

traversé la colonne de séparation 103 sont ainsi situés en aval de la colonne de séparation 103, et en aval du goulet d'étranglement 105 le cas échéant, dans le sens de l'écoulement du fluide à analyser.

Avantageusement, le premier réceptacle 107 est en communication
5 fluide avec un évent 109 formé par une conduite, l'évent 109 générant une fuite d'air depuis le premier réceptacle 107. Dans l'exemple illustré par la figure 1, l'évent 109 est formé par une portion proximale 109a partant du premier réceptacle 107 suivant un angle aigu par rapport à l'axe principal de la colonne de séparation 103 et du goulet d'étranglement 105, puis incurvée
10 de manière à présenter une portion distale 109b sensiblement parallèle à la colonne de séparation 103 et au goulet d'étranglement 105, cette configuration particulière permettant de garantir une compacité optimale de la structure de la cellule d'analyse 1. La portion distale 109b de l'évent 109 peut être en communication fluide avec un second réceptacle 111.

Avantageusement, une ou plusieurs conduites d'alimentation 113
15 permettent de faciliter l'introduction du fluide à analyser dans la cellule d'analyse 1 et la conduite de celui-ci vers le réservoir 101, par exemple au moyen d'une seringue doseuse. Dans l'exemple illustré par la figure, une paire de conduites d'alimentation 113 sensiblement parallèles et parallèles à
20 la colonne de séparation 103 sont en communication fluide avec le réservoir 101, la communication étant réalisée en deux points d'intersection situés sur la section circulaire du réservoir 101, de part et d'autre de l'axe principal de la colonne de séparation 103, un angle θ séparant le rayon s'étendant jusqu'à un point d'intersection dudit axe principal.

25

La colonne de séparation 103 permet d'assurer la séparation chromatographique d'un radioélément d'intérêt parmi les divers radioéléments d'intérêt compris dans le fluide à analyser. Celle-ci assure la
synthèse d'une phase stationnaire adaptée au système micro-fluidique
30 formant la cellule d'analyse 1. La colonne de séparation 103 peut comprendre un monolithe organique, par exemple en méthacrylate, ce polymère pouvant être synthétisé in-situ à l'intérieur des canaux de systèmes micro-fluidiques.

En outre, les phases monolithiques sont conçues de manière à
35 résister aux solvants mais aussi développer une affinité chimique particulière

pour l'uranium, le plutonium et les produits de fission / actinides tertiaires afin de les séparer et les concentrer. L'affinité chimique est apportée au monolithe au moyen d'une fonctionnalisation par un groupement ammonium quaternaire par exemple réalisée au moyen d'un procédé de photochimie, d'un procédé de greffage photochimique radicalaire, communément désigné
5 suivant la dénomination anglaise « photografting » ou d'un procédé d'imprégnation. Ces deux dernières techniques de fonctionnalisation présentent l'avantage de permettre, le cas échéant, de diversifier les groupements fonctionnels utilisables et étendre ainsi la technique de
10 séparation à la séparation d'autres types d'éléments.

Plus généralement, la colonne de séparation 103 peut comprendre un monolithe de la famille des méthacrylates, des polystyrènes vinylbenzènes ou acrylamides, la fonctionnalisation pouvant être réalisée par un des
15 procédés décrits ci-dessus, la fonctionnalité permettant la séparation spécifique de radionucléides ou éléments en phase aqueuse par l'exploitation de l'affinité chimique apportée par les groupements fonctionnels adaptés : échangeurs cationiques ou anioniques, ou des extractants neutres tels que malonamide, Oxyde de Octyl(Phényl)-N,N-Diisobutylcarbonoylméthyl-Phosphine ou CMPO, calixarène, etc.

20

Avantageusement, la phase stationnaire précédemment décrite, contenue dans la colonne 103 de la cellule d'analyse 1, peut être essentiellement synthétisée dans un microsystème en copolymère cyclo-oléfine, habituellement désigné par l'acronyme COC, matériau
25 thermoplastique présentant notamment l'avantage de résister à l'acide chlorhydrique concentré.

Le microsystème COC peut par exemple être réalisé selon une technique de moulage à chaud de grains de polymère. La cellule d'analyse 1 présente différentes conduites (ou canaux) et réservoirs dont les dimensions
30 sont optimisées de façon à permettre la synthèse et la fonctionnalisation in situ de la phase stationnaire ainsi que la séparation de l'uranium ou du plutonium contenus dans un mélange comprenant de l'uranium, du plutonium et des produits de fission / actinides trivalents dans des proportions données. Des choix de dimensions particulièrement adaptés sont décrits en détails ci-
35 après, donnés à titre d'exemples non limitatifs de la présente invention.

Dans la cellule d'analyse 1, le fluide à analyser doit pouvoir migrer au moins le long de la colonne de séparation 103 suivant une cinétique adaptée à une bonne séparation du radioélément d'intérêt considéré. A cet effet, la
5 cellule d'analyse peut être soumise à la force centrifuge, assurant le déplacement du fluide dans la colonne de séparation. Si les moyens de déplacement du fluide sont animés par la force centrifuge, ceux-ci présentent l'avantage de pouvoir être matériellement réalisés à l'extérieur du microsystème, sans impliquer de possibles problèmes liés à la résistance de
10 composants aux solvants ou aux rayonnements ou bien à des risques de fuites.

D'autres moyens de déplacement peuvent être envisagés. Par exemple une cellule d'analyse peut comprendre des moyens de déplacement formés par une pluralité d'électrodes sur lesquelles sont appliqués des
15 potentiels électriques déterminés, de manière à générer des champs électriques aptes à favoriser le déplacement d'ions contenus dans le fluide à analyser.

Ainsi que cela est décrit plus en détails ci-après, la cellule d'analyse 1 ou une pluralité de cellules d'analyse 1, celles-ci pouvant le cas échéant
20 présenter des configurations différentes pour autant de radioéléments d'intérêt différent, peuvent être soumises aux forces de centrifugation en étant disposées sur une plateforme rotative, le dispositif d'analyse comprenant alors au moins une cellule d'analyse 1 et des moyens de rotation appropriés.

25 La disposition sur une plateforme rotative d'une pluralité de cellules d'analyse 1 permet la parallélisation de plusieurs analyses simultanées, ainsi qu'une automatisation facilitée de l'analyse. Un exemple de dispositif d'analyse comprenant une pluralité de cellules d'analyse 1 est illustré par la figure 2 décrite ci-après.

30

La figure 2 présente une vue de dessus illustrant de manière simplifiée un dispositif d'analyse comprenant une pluralité de cellules d'analyse, selon un exemple de réalisation de l'invention.

Dans l'exemple illustré par la figure 2, 4 cellules d'analyse 201a, 201b, 201c, 201d similaires à la cellule d'analyse 1 décrite précédemment en référence à la figure 1, peuvent être disposées sensiblement dans un même plan, sur un support planaire formant une plateforme 200. Bien sûr, un plus
5 ou moins grand nombre de cellules d'analyse peuvent être disposées sur la plateforme 200.

La plateforme 200 peut être de forme circulaire, et les cellules d'analyse 201a, 201b, 201c, 201d peuvent être disposées radialement suivant une symétrie autour de l'axe central de rotation de la plateforme 200.

10 Des moyens de fixation 203, par exemple formé par un orifice circulaire centré sur le centre de la plateforme 200 ainsi que dans l'exemple illustré par la figure 2, assurent la fixation de la plateforme 200 sur un arbre animé d'un mouvement de rotation, non représenté sur la figure.

Avantageusement, dans un souci de réduction de la masse de la
15 plateforme 200, des évidements 205a, 205b, 205c, 205d peuvent être réalisés entre des paires de cellules d'analyse.

Ci-après sont détaillées des données de dimensionnement et des paramètres de conception d'une cellule d'analyse et d'une plateforme selon
20 des modes de réalisation avantageux de l'invention. Il est bien entendu que les données présentées ci-après sont fournies à titre d'exemples non limitatifs de la présente invention, des dimensions plus grandes ou plus petites que les dimensions indiquées pouvant être choisies en proportion les unes des autres de manière à assurer l'analyse respectivement de plus
25 grands ou plus petits volumes de liquide.

Les conditions limites d'utilisation pour une cellule d'analyse donnée peuvent être déterminées en prenant en considération les dimensions de la colonne de séparation 103, c'est-à-dire sa hauteur h, sa largeur l et sa longueur L. Les spécifications dimensionnelles d'une cellule d'analyse
30 peuvent être définies de la manière suivante :

- le volume total maximum de l'échantillon à analyser correspond sensiblement à 7,5 fois le volume mort de la colonne de séparation 103, ce volume étant déterminant pour la spécification du volume du réservoir 101 ;

- la quantité totale maximale d'ions injectable correspond sensiblement à 50% de la capacité d'échange de la colonne de séparation 103, soit :

- la quantité totale d'ions maximale injectable $Q_{\max}$ correspond à 50 %
5 de la capacité d'échange de la colonne de séparation 103 (en mol), soit :
 $Q_{\max} = 50\% \times [(l \times L \times h) \times 100.10^{-9}] = V_{\text{injecté}} \times \sum c_i ;$

l , L et h désignant respectivement les largeur, longueur et la hauteur de la colonne de séparation 103, $V_{\text{injecté}}$ désignant le volume d'échantillon injecté et $\sum c_i$ la concentration totale des éléments contenus dans l'échantillon.

10

La plateforme 200 et les cellules d'analyse 1, 201a, 201b, 201c, 201d peuvent par exemple être formées par des éléments physiquement distincts. Par exemple, une plateforme 200 peut être équipée de réceptacles creux formant des empreintes de dimensions définies de manière à pouvoir
15 recevoir des cellules d'analyse formées sur des plaques essentiellement rectangulaires. Ce mode de réalisation présente l'avantage de pouvoir maintenir à demeure une plateforme, sur laquelle différentes cellules d'analyse peuvent être disposées au gré de l'opérateur, en fonction de ses besoins en terme d'échantillons à analyser.

20 Dans un mode de réalisation alternatif, la plateforme 200 et les cellules d'analyse 1, 201a, 201b, 201c, 201d peuvent par exemple être formées par un unique élément physique, totalement intégré. Un tel mode de réalisation présente l'avantage de pouvoir mettre à la disposition de l'opérateur des dispositifs d'analyse prêts à l'emploi, dont la réalisation est
25 peu coûteuse, ces dispositifs d'analyse pouvant être jetés après usage.

Dans une plateforme 200 sur laquelle sont disposées une pluralité de cellules d'analyse, chaque cellule d'analyse comprend sa propre entrée d'échantillon et sa propre sortie, ce mode de réalisation présentant l'avantage d'éviter des risques de contamination entre échantillons.

30 L'ensemble constitué par une plateforme 200 rotative et les cellules d'analyse qui y sont disposée s'assimile à un microsystème séparatif du type désigné sous l'appellation « lab on CD », ou « laboratoire sur disque compact ».

Les moyens de rotation permettant de mettre en mouvement la
35 plateforme 200 peuvent par exemple être formés par un rotor piloté par un

servomoteur, ces éléments pouvant être approvisionnés auprès de fournisseurs de composants standards de l'industrie.

Avantageusement, un dispositif d'analyse peut en outre comprendre des moyens pour réaliser des rampes d'accélération, de décélération et des
5 paliers à une vitesse de rotation donnée permettant la circulation de l'échantillon fluide, puis des différents réactifs utilisés. Par exemple, des vitesses de rotation de l'ordre de 1500 à 2000 tr / minute sont mises en œuvre pour la circulation de HCL 9,5 M dans les protocoles d'analyse de l'uranium ou du plutonium développés. Ces moyens peuvent par exemple
10 être mis en œuvre par un servomoteur configuré de manière appropriée.

A nouveau en référence à la figure 1 et à la cellule d'analyse y décrite, les dimensions principales des différents éléments la constituant peuvent être choisis de la manière suivante, cet exemple n'étant pas limitatif de la présente invention :

- 15 - le diamètre du réservoir 101 peut être choisi égal à 13 mm ; la hauteur du réservoir 101 peut être choisi égal à 0,35 mm, l'ensemble définissant un volume de réservoir de 46,5 μ l ;
- la longueur L de la colonne de séparation 103 peut être choisie égale à 25 mm, la largeur l de la colonne de
20 séparation 103 peut être choisie égale à 0,5 mm, et sa hauteur peut être choisie égale à 0,2 mm, l'ensemble définissant un volume de la colonne de séparation 103 de 2,15 μ l ;
- la longueur du goulet d'étranglement 105 peut être choisie
25 égale à 5 mm, sa largeur peut être choisie égale à 0,25 mm, et sa hauteur peut être choisie égale à 0,2 mm ;
- la longueur de la portion proximale 109a de l'évent 109 peut être choisie égale à 4 mm, sa largeur peut être choisie égale à 0,5 mm, et sa hauteur peut être choisie égale à 0,35 mm ;
- 30 - la longueur de la portion proximale 109b de l'évent 109 peut être choisie égale à 15 mm, sa largeur peut être choisie égale à 0,5 mm, et sa hauteur peut être choisie égale à 0,35 mm ;
- les premier et second réceptacles 107, 111 peuvent être de forme cylindrique à section circulaire, et présenter un

diamètre choisi égal à 4 mm, et une hauteur choisie égale à 4 mm, l'ensemble définissant un volume égal à 50,25 μl ;

- l'angle θ introduit précédemment peut être choisi égal à 45° ;
les conduites d'alimentation 113 peuvent être chacune d'une longueur choisie égale à 5 mm, d'une largeur égale à 0,5 mm et d'une hauteur égale à 0,35 mm.

5

Une cellule d'analyse peut se présenter sous la forme d'une plaquette rectangulaire dont la longueur totale est de 70 mm, et la largeur totale est de 20 mm.

- 10 Maintenant en référence à la figure 2 décrite précédemment, les cellules d'analyse peuvent être disposées radialement sur la plateforme 200, et la distance séparant le centre de rotation de la plateforme 200 et une largeur de cellule la plus proche du centre de la plateforme 200 peut être choisie égale à 30 mm.

- 15 La plateforme 200 peut être de forme essentiellement circulaire, et présenter un diamètre de 200 mm. La distance séparant le bord de la plateforme et une largeur de cellule la plus éloignée du centre de la plateforme 200 peut être choisie égale à 10 mm.

- 20 Au lieu de procéder à une élution successive des produits de fission / actinides trivalents, du plutonium et de l'uranium, il est proposé par la présente invention d'utiliser un dispositif d'analyse selon l'un des modes de réalisation décrits ci-dessus, pour la purification spécifique de l'uranium, du plutonium ou des produits de fission / actinides tertiaire selon un procédé
25 avantageux décrit ci-après, chaque type de radioélément étant associé à des paramètres spécifiques. Des séparations d'un radioélément déterminé dans des échantillons différents ou la répétition d'une même séparation du même radioélément provenant du même échantillon peuvent être menées en parallèle.

- 30 Un procédé de séparation du plutonium à partir d'un dispositif d'analyse suivant la présente invention peut par exemple comprendre les étapes opératoires suivantes :

- un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium à la valence IV, Pu(IV);

16

- dépôt de l'échantillon dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et les actinides trivalents ;
- 5 - élution des produits de fission, des actinides trivalents et de l'uranium par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors les produits de fission, les actinides trivalents et l'uranium ;
- 10 - élution du plutonium IV par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à 1 mol.l^{-1} , l'éluat obtenu comprenant alors le plutonium, radioélément d'intérêt pour ce procédé.

- 15 D'une manière similaire, un premier procédé de séparation de l'uranium à partir d'un dispositif d'analyse suivant la présente invention peut par exemple comprendre les étapes opératoires suivantes :
 - un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium à la valence IV, Pu(IV);
 - 20 - dépôt de l'échantillon dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et les actinides trivalents ;
 - élution des produits de fission dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et les actinides trivalents ;
 - 25 - élution de l'uranium par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors l'uranium, radioélément d'intérêt pour ce procédé.
 - 30

D'une manière alternative, un second procédé de séparation de l'uranium à partir d'un dispositif d'analyse suivant la présente invention peut par exemple comprendre les étapes opératoires suivantes :

- un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium trivalent Pu(III);
- dépôt de l'échantillon en milieu acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides trivalents dont le plutonium Pu(III);
- élution des produits de fission et des actinides trivalents dont le plutonium Pu(III) par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides trivalents dont le plutonium Pu(III);
- élution de l'uranium par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à 1 mol.l^{-1} , l'éluat obtenu comprenant alors de l'uranium, radioélément d'intérêt pour ce procédé.

D'une manière alternative, un procédé de séparation de produits de fission et des actinides trivalents à partir d'un dispositif d'analyse suivant la présente invention peut par exemple comprendre les étapes opératoires suivantes :

- un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium à la valence IV, Pu(IV);
- dépôt de l'échantillon dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides trivalents ;
- élution des produits de fission et des actinides trivalents par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides trivalents ; radioéléments d'intérêt pour ce procédé.

REVENDICATIONS

- 1- Dispositif d'analyse de radioéléments dans un échantillon radioactif, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une cellule d'analyse micro-
5 fluidique (1) essentiellement plane comprenant au moins :
- un réservoir (101) configuré pour accueillir une quantité prédéterminée d'un fluide à analyser contenant une quantité de l'échantillon à analyser,
 - 10 • une colonne de séparation (103) comprenant un monolithe organique, reliée au réservoir (101) adaptée pour la séparation d'un radioélément d'intérêt, parmi l'uranium (U), le plutonium (Pu) et des produits de fission (PF)
 - 15 • des moyens de déplacement adaptés pour faire déplacer le fluide à travers la colonne de séparation (103),
 - des moyens pour accueillir le fluide (107) après passage à travers la colonne de séparation (103) situés en aval de la colonne de séparation (103), dans le sens de l'écoulement du fluide à analyser.
 - 20
- 2- Dispositif d'analyse selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de déplacement sont animés par la force centrifuge.
- 3- Dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications
25 précédentes, caractérisé en ce que le monolithe organique est fonctionnalisé par un groupement ammonium quaternaire.
- 4- Dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications
30 précédentes, caractérisé en ce que le monolithe organique est un monolithe de la famille des méthacrylates, des polystyrènes vinylbenzènes ou acrylamides.
- 5- Dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite au moins une cellule

d'analyse micro-fluidique (1) est essentiellement synthétisée dans un microsystème en copolymère cyclo-oléfine.

5 6- Dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une plateforme (200) essentiellement plane et de forme circulaire, sur laquelle est disposée ladite au moins une cellule d'analyse (1, 201a, 201b, 201c, 201d).

10 7- Dispositif d'analyse selon la revendication 6, caractérisé en ce que la plateforme (200) et ladite au moins une cellule d'analyse (1, 201a, 201b, 201c, 201d) sont formées par une unique pièce physique.

15 8- Dispositif d'analyse selon la revendication 6, caractérisé en ce que la plateforme (200) et ladite au moins une cellule d'analyse (1, 201a, 201b, 201c, 201d) sont formées par des pièces physiquement distinctes, la plateforme (200) étant équipée de réceptacles creux formant des empreintes de dimensions définies de manière à pouvoir recevoir ladite au moins une cellule
20 d'analyse (1, 201a, 201b, 201c, 201d), chaque cellule d'analyse étant formée sur une plaque essentiellement rectangulaire.

25 9- Dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque cellule d'analyse (1) comprend en outre un goulet d'étranglement (105) formé par une conduite dans le prolongement de la colonne de séparation (103), les moyens pour accueillir le fluide après passage à travers la colonne de séparation étant situés en aval du goulet d'étranglement (105).

30 10- Dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque cellule d'analyse (1) comprend en outre un évent (109) formé par une conduite en communication fluide avec lesdits moyens pour accueillir le fluide (107).

11- Dispositif d'analyse selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'évent (109) comprend une portion proximale (109a) prolongée par une portion distale (109b), la portion proximale (109a) partant desdits
5 moyens pour accueillir le fluide (107) suivant un angle aigu par rapport à l'axe principal de la colonne de séparation (103), puis incurvée de manière à ce que la portion distale (109b) soit sensiblement parallèle à la colonne de séparation (103).

12- Dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque cellule d'analyse (1) comprend en outre au moins une conduite d'alimentation (113) pour l'introduction du fluide à analyser dans la cellule d'analyse (1) et la
15 conduite du fluide vers le réservoir (101).

13- Procédé d'analyse de radioéléments dans un échantillon radioactif à partir d'un dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications précédentes, adapté pour l'analyse du plutonium, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- 20 • un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium à la valence IV (Pu(IV));
- dépôt de l'échantillon dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et les actinides trivalents ;
25
- élution des produits de fission, des actinides trivalents et de l'uranium par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors les produits de fission, les actinides trivalents et l'uranium ;
30
- élution du plutonium à la valence IV (Pu(IV)) par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à 1 mol.l^{-1} , l'éluat obtenu comprenant alors le plutonium.

14- Procédé d'analyse de radioéléments dans un échantillon radioactif à partir d'un dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, adapté pour l'analyse de l'uranium, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- 5 - un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium à la valence IV (Pu(IV));
- dépôt de l'échantillon dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et les actinides
- 10 trivalents ;
- élution des produits de fission dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et les actinides trivalents ;
- 15 - élution de l'uranium par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors l'uranium.

15- Procédé d'analyse de radioéléments dans un échantillon radioactif à partir d'un dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, adapté pour l'analyse de l'uranium, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium trivalent (Pu(III));
- 25 - dépôt de l'échantillon en milieu acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides trivalents dont le plutonium trivalent (Pu(III));
- élution des produits de fission et des actinides trivalents dont
- 30 le plutonium trivalent (Pu(III)) par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides trivalents dont le plutonium trivalent (Pu(III));

- élution de l'uranium par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à 1 mol.l^{-1} , l'éluat obtenu comprenant alors de l'uranium.

5 16- Procédé d'analyse de radioéléments dans un échantillon radioactif à partir d'un dispositif d'analyse selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, adapté pour l'analyse des produits de fission et des actinides trivalents, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- 10 - un premier cycle d'oxydoréduction transformant le plutonium en plutonium à la valence IV (Pu(IV));
- dépôt de l'échantillon dans une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides
- 15 trivalents ;
- élution des produits de fission et des actinides trivalents par une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration égale à $9,5 \text{ mol.l}^{-1}$, l'éluat obtenu comprenant alors des produits de fission et des actinides trivalents.

20

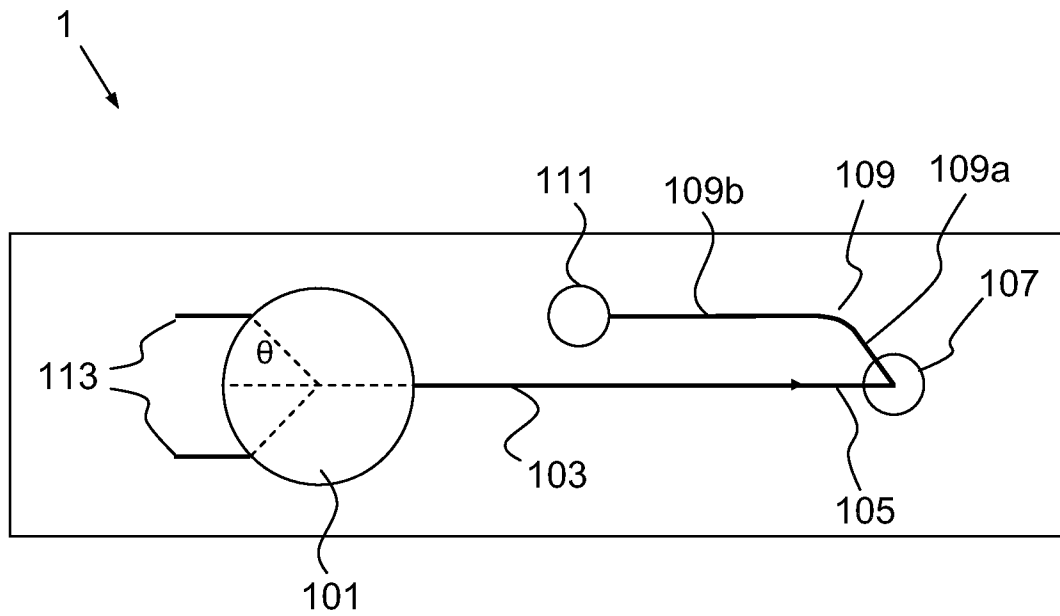


FIG.1

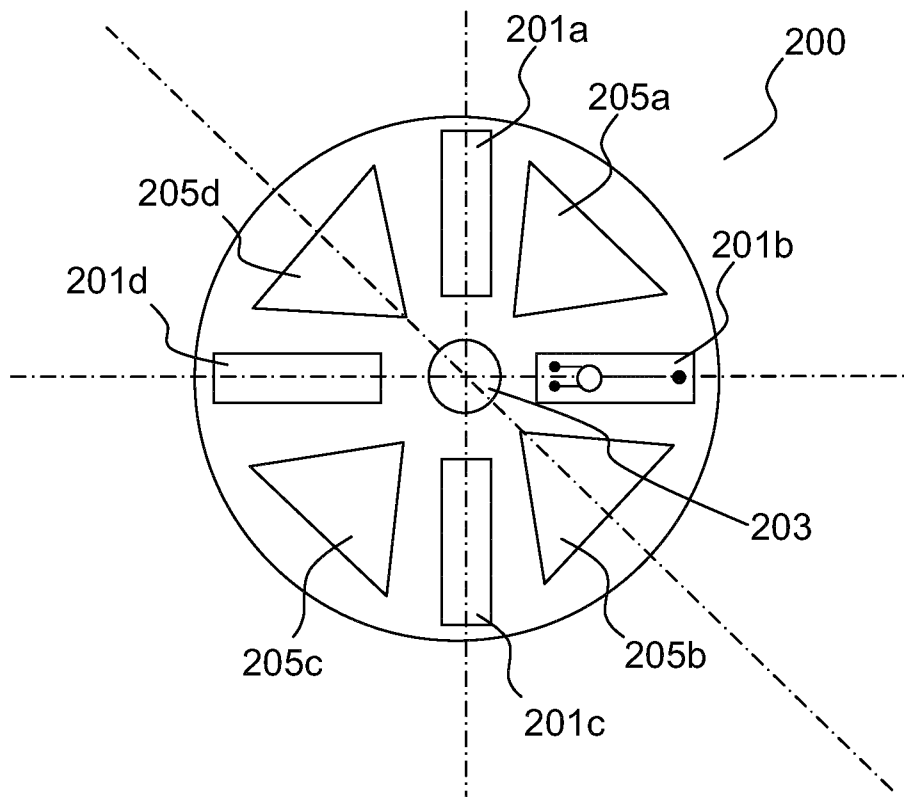


FIG.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/064506

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01N30/60 G01N30/38 B01L3/00 B01L9/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N B01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2007/138076 A1 (DARIDON ANTOINE [CH] ET AL) 21 June 2007 (2007-06-21) abstract paragraph [0007] paragraphs [0069] - [0071] paragraphs [0076] - [0081] figure 7	1-12
Y	----- DATTA A ET AL: "Liquid chromatographic behavior of lanthanides and actinides on monolith supports", RADIOCHIMICA ACTA, OLDENBOURG WISSENSCHAFTSVERLAG GMBH, MUNICH - DE, vol. 99, no. 5, May 2011 (2011-05), pages 275-283, XP009171553, ISSN: 0033-8230, DOI: 10.1524/RACT.2011.1816 abstract ----- -/-	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 July 2013

Date of mailing of the international search report

23/10/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bravin, Michel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/064506

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/096867 A1 (ANDERSSON PER [SE] ET AL) 20 May 2004 (2004-05-20)	1,2,6-12
Y	abstract paragraphs [0060] - [0062] paragraphs [0075] - [0076] paragraphs [0079] - [0088] paragraphs [0105] - [0112] paragraphs [0115] - [0128] figures 1a, 2, 3 -----	2-12
Y	YOANN LADNER ET AL: "New "one-step" method for the simultaneous synthesis and anchoring of organic monolith inside COC microchip channels", LAB ON A CHIP, vol. 12, no. 9, 13 February 2012 (2012-02-13), pages 1680-1685, XP055061295, ISSN: 1473-0197, DOI: 10.1039/c2lc21211k abstract page 1680, column 1, line 1 - column 2, line 20 page 1681, column 2, line 4 - line 28 -----	3-5
Y	EP 1 994 987 A2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 26 November 2008 (2008-11-26) abstract figures 3-6 -----	8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2013/064506

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see supplemental sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-12

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The international searching authority has determined that the international application contains multiple (groups) of inventions, namely:

1. Claims 1-12

A radioelement analysis device.

2. Claims 13-16

Methods for analyzing fission products.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/064506

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007138076	A1	21-06-2007	NONE

US 2004096867	A1	20-05-2004	CA 2441206 A1 26-09-2002
		EP 1384076 A1 28-01-2004	
		JP 4323806 B2 02-09-2009	
		JP 5023043 B2 12-09-2012	
		JP 2004529336 A 24-09-2004	
		JP 2009063590 A 26-03-2009	
		US 2004096867 A1 20-05-2004	
		US 2011033953 A1 10-02-2011	
		WO 02075312 A1 26-09-2002	

EP 1994987	A2	26-11-2008	EP 1994987 A2 26-11-2008
		KR 20080103232 A 27-11-2008	
		US 2009143250 A1 04-06-2009	
		US 2011257037 A1 20-10-2011	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2013/064506

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01N30/60 G01N30/38 B01L3/00 B01L9/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01N B01L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2007/138076 A1 (DARIDON ANTOINE [CH] ET AL) 21 juin 2007 (2007-06-21) abrégé alinéa [0007] alinéas [0069] - [0071] alinéas [0076] - [0081] figure 7 -----	1-12
Y	DATTA A ET AL: "Liquid chromatographic behavior of lanthanides and actinides on monolith supports", RADIOCHIMICA ACTA, OLDENBOURG WISSENSCHAFTSVERLAG GMBH, MUNICH - DE, vol. 99, no. 5, mai 2011 (2011-05), pages 275-283, XP009171553, ISSN: 0033-8230, DOI: 10.1524/RACT.2011.1816 abrégé ----- -/-	1-12
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 31 juillet 2013		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 23/10/2013
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Bravin, Michel

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2004/096867 A1 (ANDERSSON PER [SE] ET AL) 20 mai 2004 (2004-05-20)	1,2,6-12
Y	abrégé alinéas [0060] - [0062] alinéas [0075] - [0076] alinéas [0079] - [0088] alinéas [0105] - [0112] alinéas [0115] - [0128] figures 1a, 2, 3 -----	2-12
Y	YOANN LADNER ET AL: "New "one-step" method for the simultaneous synthesis and anchoring of organic monolith inside COC microchip channels", LAB ON A CHIP, vol. 12, no. 9, 13 février 2012 (2012-02-13), pages 1680-1685, XP055061295, ISSN: 1473-0197, DOI: 10.1039/c2lc21211k abrégé page 1680, colonne 1, ligne 1 - colonne 2, ligne 20 page 1681, colonne 2, ligne 4 - ligne 28 -----	3-5
Y	EP 1 994 987 A2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 26 novembre 2008 (2008-11-26) abrégé figures 3-6 -----	8

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALEDemande internationale n°
PCT/EP2013/064506**Cadre n°. II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)**

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :

2. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :

3. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n°. III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. ☐ Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.

2. ☐ Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.

3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os}:

4. ☒ Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os}.
1-12

- Remarque quant à la réserve**
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
- ☐ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1-12

Dispositif d'analyse de radioéléments

2. revendications: 13-16

Procédés d'analyse de produits de fission

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2013/064506

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2007138076	A1	21-06-2007	AUCUN	

US 2004096867	A1	20-05-2004	CA 2441206 A1	26-09-2002
			EP 1384076 A1	28-01-2004
			JP 4323806 B2	02-09-2009
			JP 5023043 B2	12-09-2012
			JP 2004529336 A	24-09-2004
			JP 2009063590 A	26-03-2009
			US 2004096867 A1	20-05-2004
			US 2011033953 A1	10-02-2011
			WO 02075312 A1	26-09-2002

EP 1994987	A2	26-11-2008	EP 1994987 A2	26-11-2008
			KR 20080103232 A	27-11-2008
			US 2009143250 A1	04-06-2009
			US 2011257037 A1	20-10-2011
