

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

**3 102 000**

②1 N° d'enregistrement national : **20 10539**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **G 21 F 9/12 (2020.12), B 01 J 20/06**

⑫

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 **Date de dépôt** : 15.10.20.

③0 **Priorité** : 15.10.19 KR 10-2019-0128001; 17.04.20  
KR 10-2020-0046862; 14.10.20 KR 10-2020-  
0132880.

④3 **Date de mise à la disposition du public de la  
demande** : 16.04.21 Bulletin 21/15.

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** :

**Demande(s) d'extension** :

⑦1 **Demandeur(s)** : KOREA ATOMIC ENERGY  
RESEARCH INSTITUTE Société de droit Coréen —  
KR.

⑦2 **Inventeur(s)** : BAE, Sang Eun, JEONG, Hwa  
Kyeung, LEE Dong Woo, PARK Tae Hong, YEON Jei  
Won, CHUNG Kun Ho, LIM Sang Ho, PARK Jai Il, CHA  
Wan Sik et KANG, Byung Man.

⑦3 **Titulaire(s)** : KOREA ATOMIC ENERGY RESEARCH  
INSTITUTE Société de droit Coréen.

⑦4 **Mandataire(s)** : REGIMBEAU.

⑤4 **APPAREIL DE TRAITEMENT DE DÉCHETS CHIMIQUES RADIOACTIFS ET PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DE  
DÉCHETS CHIMIQUES RADIOACTIFS.**

⑤7 La présente invention se rapporte à un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs comportant une unité d'adsorption comportant un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs pour adsorber et séparer des déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs, et une unité de régénération qui est en communication fluide avec l'unité d'adsorption et sert à régénérer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs en désorbant les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci, et à un procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs comportant (A) l'adsorption de déchets chimiques radioactifs sur un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs et la séparation des déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs, et (B) la désorption des déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci, et la régénération de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs.

FR 3 102 000 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : APPAREIL DE TRAITEMENT DE DÉCHETS CHIMIQUES RADIOACTIFS ET PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DE DÉCHETS CHIMIQUES RADIOACTIFS**

[0001] CONTEXTE DE L'INVENTION

#### **Domaine de l'invention**

[0002] La présente invention se rapporte à un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs et à un procédé de traitement déchets chimiques radioactifs.

[0003] Description de l'art connexe

[0004] L'iode radioactif et/ou le césium radioactif sont des nucléides radioactifs non seulement inclus dans les déchets radioactifs contenant un combustible nucléaire, mais également prédisposés à fuir lors d'un accident dans une centrale nucléaire. Lorsqu'un combustible nucléaire endommagé est généré dans des combustibles nucléaires d'une centrale nucléaire, les éléments radioactifs solubles présents à l'intérieur du combustible nucléaire endommagé sont dissous dans de l'eau de refroidissement de système primaire. Parmi ces éléments solubles, l'iode radioactif est diversement présent non seulement en tant qu'isotope ayant une courte demi-vie de plusieurs heures à environ deux mois mais également en tant qu'I-129 ayant une longue demi-vie d'environ 10 millions d'années ou plus, et le césium radioactif a également une très longue demi-vie d'environ 30 ans ou plus.

[0005] De tels iode radioactif et césium radioactif présentent une radioactivité élevée et une absorbance par l'humain élevée, et ils doivent ainsi être éliminés de l'intérieur de l'eau de refroidissement. En particulier, l'iode radioactif est hautement volatil et est facilement libéré dans l'air pendant un important accident d'une centrale nucléaire, et par conséquent un système capable de collecter l'iode radioactif est nécessaire.

[0006] Un procédé utilisant un matériau adsorbant, par exemple, un procédé d'adsorption d'iode radioactif à l'aide d'un matériau carboné tel que du charbon actif, de l'argent ou du platine, est généralement utilisé en tant que procédé pour collecter l'iode radioactif.

[0007] De plus, un procédé pour collecter le césium radioactif comprend un procédé de précipitation, un procédé d'extraction liquide-liquide, un procédé d'échange d'ions utilisant un échangeur d'ions organiques, un procédé de chromatographie, un procédé utilisant un matériau adsorbant, ou autre, et un procédé d'absorption de césium utilisant du bleu de Prusse (ou ferrocyanure de fer) et autres est connu. Le bleu de Prusse (ou ferrocyanure de fer) est un hydrate de fer et a un effet de réduction de la demi-vie du césium, si bien qu'il fonctionne pour réduire l'exposition au rayonnement causée par le césium s'il est pris sous une forme purifiée au moment de l'exposition au

césium.

[0008] En tant que telles, diverses recherches ont été réalisées afin d'éliminer l'iode radioactif et/ou le césium radioactif, mais les procédés classiques présentent des limites en termes d'adsorption sélective et très efficace, et des limites en ce que les matériaux adsorbants ne sont pas réutilisables.

## **Résumé de l'invention**

### **Problème technique**

[0009] La présente invention est dérivée pour résoudre les limitations décrites ci-dessus et pour fournir un appareil et un procédé pour traiter de manière sélective et/ou hautement efficace les déchets chimiques radioactifs, et un objectif de la présente invention consiste à fournir un appareil de traitement des déchets chimiques radioactifs qui inclut : une unité d'adsorption incluant un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs pour adsorber et éliminer sélectivement les déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs (incluant des déchets gazeux ou de l'eau usée) ; et une unité de régénération pour régénérer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs ayant des déchets chimiques radioactifs adsorbés.

[0010] De plus, un autre objectif de la présente invention consiste à fournir un procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs pour adsorber sélectivement des déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs sur un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs, et éliminer les déchets chimiques radioactifs, et régénérer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs en désorbant les déchets chimiques radioactifs.

### **Solution technique**

[0011] Un aspect de la présente invention fournit un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs incluant : une unité d'adsorption incluant un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs pour adsorber et séparer les déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs ; et une unité de régénération qui est en communication fluïdique avec l'unité d'adsorption et sert à régénérer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs en désorbant les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci.

[0012] Un autre aspect de la présente invention fournit un procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs incluant : (A) la séparation de déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs en adsorbant les déchets chimiques radioactifs sur un organe d'adsorption ; et (B) la désorption des déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs avec les déchets

chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci, pour régénérer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs.

[0013] EFFETS AVANTAGEUX

[0014] Selon un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs et un procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs, les déchets chimiques radioactifs (tels que de l'iode radioactif ou du césium radioactif) peuvent être sélectivement adsorbés avec une efficacité élevée en utilisant un adsorbant prédéterminé sur un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs pour adsorber et éliminer les déchets chimiques radioactifs.

[0015] De plus, la présente invention a un effet en ce qu'elle est capable de traiter sélectivement les déchets chimiques radioactifs avec une efficacité élevée tout en étant capable de régénérer l'organe d'adsorption à la différence des organes d'adsorption apparentés sans un appareil séparé, ou sans remplacement ou ajout d'équipement parce que les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs peuvent être désorbés de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs et les déchets chimiques radioactifs peuvent être récupérés, régénérés et réutilisés.

[0016] En outre, les déchets chimiques radioactifs désorbés et récupérés depuis l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs sont concentrés dans un liquide prédéterminé et éliminés, et ainsi il y a un effet de réduction du volume des déchets chimiques radioactifs.

### **Brève description des dessins**

[0017] [fig.1] La [fig.1] est une vue illustrant schématiquement un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon un mode de réalisation de la présente invention.

[0018] [fig.2] La [fig.2] est une vue illustrant schématiquement un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon un autre mode de réalisation de la présente invention.

[0019] [fig.3] La [fig.3] est un schéma illustrant schématiquement un procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs selon un mode de réalisation de la présente invention.

[0020] [fig.4] La [fig.4] est une image après la synthèse d'un organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1.

[0021] [fig.5] La [fig.5] est une vue illustrant une image TEM et un résultat de mesure EDS sur l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1.

[0022] [fig.6] La [fig.6] est une vue illustrant une image SEM et un résultat de mesure EDS sur l'organe d'adsorption Ni@Pt de l'exemple de fabrication 2.

[0023] [fig.7] La [fig.7] est une vue illustrant une image SEM et un résultat de mesure EDS sur l'organe d'adsorption Ni@PB/Pt de l'exemple de fabrication 5.

- [0024] [fig.8] La [fig.8] est une vue illustrant une image TEM avant (a) et après (b) frittage d'un organe d'adsorption Fe@Pt selon l'exemple expérimental 1.
- [0025] [fig.9] La [fig.9] est une vue illustrant un résultat de mesure XRD en fonction de températures de frittage de l'organe d'adsorption Fe@Pt selon l'exemple expérimental 1.
- [0026] [fig.10] La [fig.10] est une vue illustrant un résultat de mesure XRD de l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1 selon l'exemple expérimental 2.
- [0027] [fig.11] La [fig.11] est une vue illustrant un résultat de mesure XRD de l'organe d'adsorption Ni@Pt de l'exemple de fabrication 2 selon l'exemple expérimental 2.
- [0028] [fig.12] La [fig.12] est une vue illustrant un résultat de mesure XRD de l'organe d'adsorption Ni@PB/Pt de l'exemple de fabrication 5 selon l'exemple expérimental 2.
- [0029] [fig.13] La [fig.13] est une vue illustrant un résultat de mesure XRD de l'organe d'adsorption Fe@Pd de l'exemple de fabrication 4 selon l'exemple expérimental 2.
- [0030] [fig.14] La [fig.14] est une vue illustrant un résultat confirmant si l'organe d'adsorption Fe@Pd de l'exemple de fabrication 1 adsorbe l'iode selon l'exemple expérimental 3.
- [0031] [fig.15] La [fig.15] est une vue illustrant un résultat de mesure de spectroscopie UV-visible avant et après adsorption de l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1 dans une solution de 0,1 mM de KI/0,1 M de NaClO<sub>4</sub> selon l'exemple expérimental 4.
- [0032] [fig.16] La [fig.16] est une vue illustrant un résultat de mesure de spectroscopie UV-visible avant et après adsorption de l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1 dans une solution de 0,1 mM de I<sub>2</sub>/0,1 M de NaClO<sub>4</sub> selon l'exemple expérimental 4.
- [0033] [fig.17] La [fig.17] est une vue illustrant un résultat de mesure de spectroscopie UV-visible avant et après adsorption de l'organe d'adsorption Ni@Pt de l'exemple de fabrication 2 dans une solution de 0,1 mM de KI/0,1 M de NaClO<sub>4</sub> selon l'exemple expérimental 4.
- [0034] [fig.18] La [fig.18] est une vue illustrant un résultat de mesure de spectroscopie UV-visible avant et après adsorption de l'organe d'adsorption Ni@Pt de l'exemple de fabrication 2 dans une solution de 0,1 mM de I<sub>2</sub>/0,1 M de NaClO<sub>4</sub> selon l'exemple expérimental 4.
- [0035] [fig.19] La [fig.19] est une vue illustrant un résultat de mesure de spectroscopie UV-visible avant et après adsorption de l'organe d'adsorption Co@Pt de l'exemple de fabrication 3 dans une solution de 0,1 mM de KI/0,1 M de NaClO<sub>4</sub> selon l'exemple expérimental 4.
- [0036] [fig.20] La [fig.20] est une vue illustrant un résultat de mesure de spectroscopie UV-visible avant et après adsorption de l'organe d'adsorption Fe@Pd de l'exemple de fa-

brication 4 dans une solution de 0,1 mM de KI/0,1 M de NaClO<sub>4</sub> selon l'exemple expérimental 4.

[0037] [fig.21] La [fig.21] est une vue illustrant un résultat de mesure de spectroscopie UV-visible avant et après adsorption de l'organe d'adsorption Ni@PB/Pt de l'exemple de fabrication 5 dans une solution de 0,1 mM de KI/0,1 M de NaClO<sub>4</sub> selon l'exemple expérimental 4.

[0038] [fig.22] La [fig.22] est une vue illustrant un résultat de mesure du taux d'adsorption/désorption après des expériences d'adsorption/désorption répétées à l'aide de l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1 après frittage selon l'exemple expérimental 5.

[0039] [fig.23] La [fig.23] est une vue illustrant un résultat expérimental d'une expérience de courant de tension de balayage linéaire selon que l'on adsorbe un composé d'iode selon l'exemple expérimental 6.

[0040] [fig.24] La [fig.24] est une vue illustrant un résultat expérimental de courant et de tension de circulation selon l'adsorption et la dissociation d'ions de césium (Cs<sup>+</sup>) à l'aide de l'organe d'adsorption de bleu de Prusse nickel selon l'exemple expérimental 7.

[0041] [fig.25] La [fig.25] est une vue illustrant un résultat de mesure d'une concentration de césium selon la récupération électrochimique d'ions de césium à l'aide d'une électrode de carbone recouverte de bleu de Prusse nickel selon l'exemple expérimental 8.

[0042] [fig.26] La [fig.26] est une vue illustrant schématiquement un appareil de traitement déchets chimiques radioactifs fabriqué selon l'exemple expérimental 9.

[0043] [fig.27] La [fig.27] est une vue illustrant une image de fluide traité et de fluide concentré récupérés après une expérience d'adsorption/désorption selon l'exemple expérimental 9.

[0044] [fig.28] La [fig.28] est une vue illustrant un appareil de traitement déchets chimiques radioactifs fabriqué selon l'exemple expérimental 10.

[0045] [fig.29] La [fig.29] est une vue illustrant un résultat de mesure d'un potentiel selon une concentration d'iode dans un appareil de traitement déchets chimiques radioactifs selon l'exemple expérimental 11.

[0046] DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU MODE DE RÉALISATION PRÉFÉRÉ

[0047] La présente invention sera décrite en détail ci-après.

[0048] 1. Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs

[0049] La présente invention concerne un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs.

[0050] L'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs peut inclure : une unité d'adsorption incluant un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs pour

adsorber et séparer des déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs (incluant des déchets gazeux et de l'eau usée) ; et une unité de régénération qui est en communication fluïdique avec l'unité d'adsorption et sert à régénérer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs en désorbant les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption sur lequel sont adsorbés les déchets chimiques radioactifs.

[0051] La [fig.1] est une vue illustrant schématiquement un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon un mode de réalisation de la présente invention.

[0052] En se référant à la [fig.1], un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs 100 selon un mode de réalisation de l'invention peut inclure : une unité d'adsorption 10 incluant un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 pour adsorber et séparer des déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs ; et une unité de régénération 20 qui est en communication fluïdique avec l'unité d'adsorption 10 et sert à régénérer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs en désorbant les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci.

[0053] Les déchets chimiques radioactifs désignent des déchets incluant un matériau à désintégration radioactive, sont généralement générés comme produits dérivés lors d'une réaction nucléaire telle qu'une fission nucléaire, mais peuvent être générés dans des industries n'ayant pas de relation directe avec l'industrie nucléaire, et de tels déchets chimiques radioactifs peuvent être des déchets incluant divers isotopes radioactifs.

[0054] Les isotopes radioactifs (nucléide radioactif) peuvent désigner des éléments dans un agencement instable, les éléments déchargent un rayonnement ionisé lors de leur désintégration, et peuvent ainsi être nocifs pour l'homme et l'environnement.

[0055] Les déchets chimiques radioactifs peuvent spécifiquement être conceptuellement compris comme incluant des déchets contenant des isotopes radioactifs ou des isotopes radioactifs, ou en variante, les déchets chimiques radioactifs peuvent inclure au moins l'un sélectionné parmi l'iode radioactif ou le césium radioactif.

[0056] Le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs désigne généralement un liquide ou un gaz, n'est pas obligatoirement un liquide ou un gaz, mais inclut tous les matériaux présentant une fluidité. Spécifiquement, le fluide peut inclure des déchets liquides ou des déchets gazeux, et les déchets liquides peuvent inclure de de l'eau usée, mais le mode de réalisation de la présente invention ne s'y limite pas.

[0057] L'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 inclus dans l'unité d'adsorption 10 est un organe pour adsorber les déchets chimiques radioactifs du fluide contenant des déchets chimiques radioactifs, et peut inclure un élément de support et un adsorbant. À ce moment, l'adsorbant peut être mélangé ou dispersé dans l'élément de support, ou être inclus dans au moins une partie de la surface de l'élément de

support. Un procédé bien connu peut être utilisé comme procédé pour mélanger ou disperser l'adsorbant dans l'élément de support ou comme procédé pour former (étaler) l'adsorbant sur au moins une partie de la surface de l'élément de support.

[0058] L'élément de support est un organe pour fixer l'adsorbant et peut avoir une forme de treillis ou de nanoparticule, mais le mode de réalisation de la présente invention ne s'y limite pas. L'élément de support peut inclure au moins l'un sélectionné parmi le fer, la magnétite, le nickel, le cobalt, et un alliage de ceux-ci, ou inclure de l'oxyde d'au moins un sélectionné parmi le fer, la magnétite, le nickel, le cobalt, et un alliage de ceux-ci, ou autres, mais le mode de réalisation de la présente invention ne s'y limite pas.

[0059] De plus, l'élément de support peut être magnétique. C'est-à-dire, l'élément de support en forme de treillis peut être un élément de support magnétique en forme de treillis, ou l'élément de support en forme de nanoparticule peut être un élément de support magnétique en forme de nanoparticule.

[0060] À ce moment, la nanoparticule peut présenter diverses tailles de particule (rayons ou épaisseurs) d'environ 0,1 nm à environ 500 nm, et peut présenter diverses formes telles que des formes d'assiettes, d'aiguilles, de sphères, de sphères écrasées, ou de demi-sphères, mais le mode de de réalisation de la présente invention ne s'y limite pas, et les formes et tailles des particules formées selon des conditions de synthèse de nanoparticules peuvent être changées de manière variable, et un procédé bien connu peut être utilisé, tel qu'un procédé de substitution par oxydoréduction, un procédé de synthèse hydrothermale, un procédé de co-précipitation, ou un procédé de pyrolyse en tant que procédé de synthèse. Également dans le cas de l'élément de support en forme de treillis, des treillis présentant diverses dimensions peuvent être utilisés selon des conditions nécessaires, et les treillis présentent diverses formes telles que des formes d'assiettes, de lignes ou d'éponge, mais le mode de réalisation de la présente invention ne s'y limite pas.

[0061] L'adsorbant est un matériau capable d'adsorber directement les déchets chimiques radioactifs, et l'adsorbant peut inclure au moins l'un des métaux du groupe platine sélectionnés parmi le platine (Pt), le palladium (Pd), le ruthénium (Ru), l'osmium (Os), le rhodium (Rh) et l'iridium (Ir), parmi les éléments appartenant aux Groupes 8, 9 et 10 dans le tableau périodique et un alliage de ceux-ci.

[0062] L'adsorbant peut inclure au moins l'un des métaux du groupe platine tels que le platine (Pt), le palladium (Pd), le ruthénium (Ru), l'osmium (Os), le rhodium (Rh), et l'iridium (Ir).

[0063] L'adsorbant peut en outre inclure du bleu de Prusse.

[0064] Lorsque l'adsorbant inclut au moins l'un parmi les métaux de platine et le bleu de Prusse, un procédé bien connu peut être utilisé comme procédé pour mélanger ou

dispenser l'adsorbant dans l'élément de support ou comme procédé pour former (étaler) l'adsorbant sur au moins une partie de la surface de l'élément de support comme décrit ci-dessus.

- [0065] Lorsqu'il inclut au moins l'un des métaux du groupe platine et un alliage de ceux-ci, l'adsorbant peut sélectivement adsorber de l'iode radioactif, et il est souhaitable d'utiliser du platine (Pt) présentant une sélectivité élevée parmi ceux-ci. De plus, lorsqu'il inclut du bleu de Prusse comme adsorbant, l'adsorbant peut sélectivement adsorber le césium radioactif. De plus, lorsque l'au moins un des métaux du groupe platine et un alliage de ceux-ci et le bleu de Prusse sont mélangés et étalés, l'iode radioactif et le césium radioactif dans le fluide peuvent être simultanément adsorbés.
- [0066] L'adsorption est un concept incluant un phénomène dans lequel les déchets radioactifs adhèrent à la surface de l'adsorbant, et peut être entendu comme un concept incluant l'adsorption physique, l'adsorption chimique, ou l'adsorption électrochimique (force d'attraction électrostatique ou autre).
- [0067] L'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 peut inclure un organe d'adsorption qui est fritté à une température d'environ 50 °C à 900 °C, puis lavé avec au moins une solution sélectionnée parmi une solution Piranha (par exemple, mélangée selon un rapport 3:1 d'acide sulfurique et de peroxyde), de l'acide nitrique, de l'acide sulfurique et de l'acide chlorhydrique, et désallié. Spécifiquement, l'organe d'adsorption de déchets chimiques organiques 220 peut être fritté à environ 200 °C à 900 °C.
- [0068] Avant d'être fritté, l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 peut présenter une forme dans laquelle l'adsorbant est faiblement mélangé ou dispersé dans l'élément de support de l'organe d'adsorption, ou l'adsorbant est faiblement formé (étalé) sur l'élément de support. Ensuite, lorsque l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 est fritté, l'adsorbant mélangé, dispersé dans ou formé sur l'élément de support fond et s'agglomère, et une cristallisation de celui-ci se poursuit, et ainsi l'adsorbant peut être mélangé, dispersé ou formé (étalé) dans la plupart des régions de l'élément de support.
- [0069] En particulier, lors du frittage de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220, un effet peut être encore amélioré dans lequel on peut éviter à l'adsorbant de se détacher de l'élément de support lors de la régénération de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs.
- [0070] De plus, l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs peut en outre inclure un substrat magnétique afin de fixer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 à l'intérieur de l'unité d'adsorption. Le substrat magnétique peut être un substrat formé en frittant un corps magnétique tel que la ferrite ou un alliage, mais le mode de réalisation de la présente invention ne s'y limite pas, et tout

substrat magnétique peut être utilisé sans limitation tant qu'il présente une propriété magnétique.

- [0071] L'unité de régénération 20 peut inclure un organe de désorption qui est en communication fluïdique avec l'unité d'adsorption 10 et sert ainsi à désorber les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci tout en réagissant de façon électrochimique (oxydation ou réduction) avec les déchets chimiques radioactifs.
- [0072] L'organe de désorption peut inclure un système à trois électrodes dans lequel l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 sert d'électrode de travail.
- [0073] Le système à trois électrodes est caractérisé en ce qu'une électrode de référence 320, une contre-électrode 310 et une électrode de travail sont disposées dans un électrolyte.
- [0074] La contre-électrode 310 et l'électrode de référence 320 dans l'organe de désorption peuvent être positionnées dans une seconde partie d'accueil 300, et l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 peut fonctionner comme électrode de travail et être positionné au niveau d'une première partie d'accueil 200, et l'organe de désorption est caractérisé en désorbant les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220. La désorption signifie que les déchets chimiques radioactifs sont désorbés de l'organe d'adsorption, et peut être entendue comme un concept incluant la désorption physique, la désorption chimique, ou la désorption électrochimique. Par exemple, la désorption peut inclure la désorption d'un matériau adsorbé ou d'un adsorbant en étant oxydé ou réduit, ou également inclure une dissociation et séparation finales.
- [0075] À ce moment, l'organe de désorption peut en outre inclure un potentiostat 330 afin d'appliquer un potentiel à l'électrode de travail. Spécifiquement, le potentiostat 330 est l'un des appareils de mesure électrochimique, peut fonctionner de manière à maintenir le potentiel de l'électrode de travail à un niveau constant, et connecter électriquement la contre-électrode 310, l'électrode de référence 310 et l'électrode de travail, dans lequel, en appliquant un potentiel à l'aide du potentiostat 330, l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 peut fonctionner comme électrode de travail pour désorber les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 de l'organe d'adsorption.
- [0076] De plus, l'unité de régénération 20 peut en outre inclure une première unité de membrane de séparation 240 pour empêcher un écoulement entrant des déchets chimiques radioactifs désorbés de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 dans l'unité d'adsorption 10.
- [0077] Spécifiquement, la première unité de membrane de séparation 240 peut être positionnée entre la première partie d'accueil 200 et la seconde partie d'accueil 300, et ainsi fonctionner pour séparer physiquement ou chimiquement la première partie

d'accueil 200 et la seconde partie d'accueil 300, ou pour séparer physiquement ou chimiquement la contre-électrode 310 et l'électrode de référence 320 de l'électrode de travail.

- [0078] La première partie d'accueil 200 et la seconde partie d'accueil 300 sont en communication fluïdique l'une avec l'autre, et lorsque la première unité de membrane de séparation 240 n'est pas incluse entre la première partie d'accueil 200 et la seconde partie d'accueil 300, les déchets chimiques radioactifs séparés de l'électrode de travail peuvent s'écouler et être adsorbés dans la seconde partie d'accueil incluant la contre-électrode 310 et l'électrode de référence 320, et par conséquent un problème de contamination de la contre-électrode 310 et de l'électrode de référence 320 peut se produire.
- [0079] En conséquence, l'unité de régénération 20 peut inclure la première unité de membrane de séparation 240 entre la première partie d'accueil 200 et la seconde partie d'accueil 300 et ainsi empêcher les impuretés contenues dans le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs de se déplacer vers l'unité de régénération 20, et empêcher l'iode radioactif ou le césium radioactif, qui sont des déchets chimiques radioactifs contenus dans le fluide concentrés de déchets chimiques radioactifs, de s'écouler et d'être adsorbés sur la contre-électrode 310 et l'électrode de référence 320.
- [0080] À ce moment, il n'y a aucune limitation de forme, de matériau et/ou de type de la membrane de séparation incluse dans la première unité de membrane de séparation 240, et tant qu'elle est disposée entre la première unité d'accueil 200 et la seconde partie d'accueil 300 et peut empêcher le déplacement d'ions d'iode ou d'ions de césium et le déplacement d'impuretés, la membrane de séparation peut être utilisée sans limitation.
- [0081] L'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs peut en outre inclure une partie d'écoulement entrant de fluide 210 formée de telle sorte que le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs s'écoule dans l'unité d'adsorption 10 ; une partie de décharge de fluide traité 250 pour décharger le fluide traité duquel les déchets chimiques radioactifs sont éliminés par l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 ; et une partie de décharge de fluide concentré 260 pour décharger le fluide concentré de déchets chimiques radioactifs contenant les déchets chimiques radioactifs désorbés de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220.
- [0082] À ce moment, la partie d'écoulement entrant de fluide 210, la partie de décharge de fluide traité 250 et/ou la partie de décharge de fluide concentré 260 peuvent en outre chacune inclure une pompe ou une soupape, et peuvent ainsi ajuster un débit, une pression d'écoulement, ou autres ou empêcher un écoulement inverse d'un fluide dans chacun des organes.
- [0083] De plus, un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs peut inclure la première partie d'accueil 200 pour accueillir l'unité d'adsorption 10, et spéci-

fiquement, la partie d'écoulement entrant de fluide 210 peut être positionnée sur une partie supérieure (par rapport à la direction gravitationnelle) d'un côté de la première partie d'accueil 200, de telle sorte que le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs peut s'écouler à travers la partie d'écoulement entrant de fluide 210 dans la première partie d'accueil 200.

- [0084] La première partie d'accueil 200 peut en outre inclure un agitateur 230. Spécifiquement, l'agitateur 230 agit le fluide dans la première partie d'accueil 200 tandis que l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 adsorbe les déchets chimiques radioactifs du fluide contenant des déchets chimiques radioactifs accueilli dans la première partie d'accueil 200, et peut ainsi améliorer l'efficacité d'adsorption en facilitant le contact entre l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 et les déchets chimiques radioactifs dans le fluide.
- [0085] La partie de décharge de fluide traité 250 sert à décharger le fluide traité duquel les déchets chimiques radioactifs sont éliminés en étant complètement adsorbés sur l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 dans l'unité d'adsorption 10, et peut être positionnée sur un côté de la première partie d'accueil 200, et spécifiquement, positionnée plus bas (par rapport à la direction gravitationnelle) que la partie d'écoulement entrant de fluide 210, et positionnée sur une partie supérieure (par rapport à la direction gravitationnelle) de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 de l'unité d'adsorption 10 ou plus haut (par rapport à la direction gravitationnelle) que l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220.
- [0086] Lorsque la partie de décharge de fluide traité 250 est positionnée sur une partie supérieure de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 ou plus haut que l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220, le fluide traité peut être déchargé ou être facilement déchargé uniquement dans la mesure où l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 est immergé afin d'utiliser le fluide traité comme électrolyte lorsque l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220 est utilisé comme électrode de travail dans un système à trois électrodes d'une unité de régénération.
- [0087] La partie de décharge de fluide concentré 260 sert à décharger le fluide concentré de déchets chimiques radioactifs dans lequel sont concentrés les déchets chimiques radioactifs, désorbés de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220, et la partie de décharge de fluide concentré 260 peut être positionnée sur un côté de la première partie d'accueil 200, et spécifiquement, être positionnée sur une partie inférieure d'un côté de la première partie d'accueil 200. Plus spécifiquement, la partie de décharge de fluide concentré 260 peut être positionnée sur la partie de fond de la première partie d'accueil 200. En tant que telle, lorsque la partie de décharge de fluide concentré 260 est positionnée sur une partie inférieure d'un côté de la première partie

d'accueil 200, ou sur la partie de fond de la première partie d'accueil 200, le fluide concentré généré peut être complètement déchargé de la première partie d'accueil 200.

[0088] C'est-à-dire, la partie d'écoulement entrant de fluide 210, la partie de décharge de fluide traité 250 et la partie de décharge de fluide concentré 260 peuvent être disposées sur un côté de la première partie d'accueil 200, c'est-à-dire, sur le même côté, mais ne doivent pas nécessairement être sur le même côté, et la partie d'écoulement entrant de fluide 210, la partie de décharge de fluide traité 250 et la partie de décharge de fluide concentré 260 peuvent également être disposées sur les côtés mutuellement différents.

[0089] La [fig.2] est une vue illustrant schématiquement un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon un mode de réalisation de la présente invention. Selon un mode de réalisation décrit sur la [fig.2], le même numéro de référence ou numéro de référence similaire est appliqué aux composants qui sont identiques ou similaires à ceux du mode de réalisation décrit sur la [fig.1], et leur description peut être remplacée par le contenu décrit ci-dessus.

[0090] En se référant à la [fig.2], un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs 100' selon un mode de réalisation de la présente invention peut inclure : une unité d'adsorption 10' incluant un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220' pour adsorber et séparer des déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs ; et une unité de régénération 20' qui est en communication fluïdique avec l'unité d'adsorption 10' et sert à régénérer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs en désorbant les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci.

[0091] Le contenu décrit ci-dessus concernant les déchets chimiques radioactifs, l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220, l'unité d'adsorption 10, l'unité de régénération 20, la partie d'écoulement entrant de fluide 210, la partie de décharge de fluide traité 250 et la partie de décharge de fluide concentré 260 peut être appliqué à l'identique aux déchets chimiques radioactifs, à l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220', à l'unité d'adsorption 10', à l'unité de régénération 20', à une partie d'écoulement entrant de fluide 210', à une partie de décharge de fluide traité 250' et à une partie de décharge de fluide concentré 260'.

[0092] Selon la [fig.2], l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs 100' peut en outre inclure une partie de stockage de fluide 211' pour accueillir le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs. La partie de stockage de fluide 211' est en communication fluïdique avec la partie d'écoulement entrant de fluide 210' et est en communication fluïdique jusqu'à la première partie d'accueil 200' par le biais de la partie d'écoulement entrant de fluide 210'. C'est-à-dire, lorsqu'une certaine quantité du fluide contenant des déchets chimiques radioactifs est stockée dans la partie de

stockage de fluide 211', l'eau contenant des déchets chimiques radioactifs peut être injectée dans la première partie d'accueil 200' en commandant une pompe ou une soupape de la partie d'écoulement entrant de fluide 210'.

[0093] À ce moment, l'unité d'adsorption 10' peut en outre inclure une seconde unité de membrane de séparation 241' pour empêcher l'écoulement entrant d'agents de contamination (ou impuretés) dans le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs. La seconde unité de membrane de séparation 241' peut être positionnée entre la partie d'écoulement entrant de fluide 210' et la première partie d'accueil 200'. En conséquence, un filtrage peut être effectué de telle sorte que les agents de contamination (impuretés) contenus dans le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs ne s'écoulent pas dans la première partie d'accueil 200'. De plus, alors que le fluide contenant les déchets chimiques radioactifs passe, le fluide est agité et un écoulement turbulent peut être naturellement formé.

[0094] La formation d'un écoulement turbulent décrite ci-dessus peut fonctionner comme l'agitateur 230 illustré sur la [fig.1], et alors que le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs s'écoule dans la première partie d'accueil 200' à travers la seconde unité de membrane de séparation 241' pendant la formation, un écoulement turbulent se passe, si bien que les déchets chimiques radioactifs peuvent être facilement adsorbés sur l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220' même sans fournir séparément un agitateur dans la première partie d'accueil 200'.

[0095] De plus, l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs 100' peut en outre inclure une partie de stockage de fluide traité (non illustrée) qui peut stocker le fluide traité duquel les déchets chimiques radioactifs sont éliminés par l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220'. La partie de stockage de fluide traité peut être reliée à la partie de décharge de fluide traité 250' et être en communication fluidique avec celle-ci.

[0096] De plus, l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs 100' peut en outre inclure une partie de stockage de fluide concentré (non illustrée) qui peut stocker le fluide concentré de déchets chimiques radioactifs contenant les déchets chimiques radioactifs désorbés de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220'. La partie de stockage de fluide concentré peut être reliée à la partie de décharge de fluide concentré 260' et être en communication fluidique avec celle-ci.

[0097] L'unité de régénération 20' peut en outre inclure une première unité de membrane de séparation 242' pour empêcher l'écoulement entrant des déchets chimiques radioactifs désorbés de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs 220' dans l'unité d'adsorption 10'.

[0098] Spécifiquement, la première unité de membrane de séparation 242' peut être positionnée entre la première partie d'accueil 200' et la seconde partie d'accueil 300', et

fonctionner pour séparer physiquement ou chimiquement la première partie d'accueil 200' et la seconde partie d'accueil 300', ou pour séparer physiquement ou chimiquement la contre-électrode 310', l'électrode de référence 320' et l'électrode de travail.

[0099] 2. Procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs

[0100] La présente invention concerne un procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs.

[0101] Le procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs peut inclure : (A) l'adsorption sur un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs et la séparation des déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs (incluant de l'eau usée ou des déchets gazeux) ; et (B) la désorption des déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci, et la régénération de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs.

[0102] La [fig.3] est un schéma illustrant schématiquement un procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs selon un mode de réalisation de la présente invention.

[0103] L'étape (A) est une étape pour adsorber et séparer les déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs à l'aide de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs, de telle sorte que l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs contient un adsorbant capable d'adsorber sélectivement les déchets chimiques radioactifs et les déchets chimiques radioactifs contenus dans le fluide sont adsorbés sur l'adsorbant et séparés.

[0104] L'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs peut inclure un élément de support et un adsorbant, et l'adsorbant peut être mélangé ou dispersé dans l'élément de support, ou être contenu dans au moins une partie de la surface de l'élément de support. Des procédés bien connus peuvent être utilisés pour le procédé de fabrication de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs, c'est-à-dire, un procédé pour mélanger ou disperser l'adsorbant dans l'élément de support ou un procédé pour former (étaler) l'adsorbant sur au moins une partie de la surface de l'élément de support.

[0105] Spécifiquement, les déchets chimiques radioactifs peuvent contenir au moins l'un parmi de l'iode radioactif ou du césium radioactif.

[0106] Lorsqu'il inclut au moins l'un parmi des métaux du groupe platine et un alliage de ceux-ci, l'adsorbant peut sélectivement adsorber l'iode radioactif, et il est souhaitable d'utiliser du platine (Pt) ayant une sélectivité élevée parmi ceux-ci. De plus, lorsqu'il inclut du bleu de Prusse, l'adsorbant peut adsorber sélectivement du césium radioactif. De plus, lorsqu'au moins l'un des métaux du groupe platine et un alliage de ceux-ci et du bleu de Prusse sont mélangés et étalés, l'iode radioactif et le césium radioactif dans

le fluide peuvent être simultanément adsorbés.

- [0107] De plus, l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs peut inclure un organe d'adsorption qui est fritté à une température d'environ 50 °C à 900 °C, est ensuite lavé avec au moins une solution sélectionnée parmi une solution Piranha (par exemple, mélangée selon un rapport 3:1 d'acide sulfurique avec du peroxyde), de l'acide nitrique, de l'acide sulfurique ou de l'acide chlorhydrique, puis est désallié.
- [0108] Avant le frittage de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs, l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs peut avoir une forme dans laquelle l'adsorbant est faiblement mélangé ou dispersé dans l'élément de support de l'organe d'adsorption, ou l'adsorbant est faiblement formé (étalé) sur l'élément de support de l'organe d'adsorption. Ensuite, l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs est fritté et désallié, de telle sorte qu'il y a un effet en ce que l'efficacité d'adsorption peut être améliorée en améliorant la stabilité de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs et en augmentant la zone d'adsorption des déchets chimiques radioactifs, et on évite aux adsorbants de se détacher de l'élément de support tandis que l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs est régénéré.
- [0109] L'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs peut être fixé à un substrat magnétique à l'étape (A). Le substrat magnétique peut être un substrat formé en frittant un corps magnétique tel que de la ferrite ou un alliage, mais le mode de réalisation de la présente invention ne s'y limite pas, et le substrat magnétique peut être utilisé sans limite tant qu'il présente un magnétisme.
- [0110] Le contenu décrit ci-dessus peut être appliqué à l'identique à d'autres matières concernant les déchets chimiques radioactifs, l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs, l'élément de support et l'adsorbant.
- [0111] L'étape (A) ci-dessus inclut le fait d'amener le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs en contact avec l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs et, spécifiquement, le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs peut être directement injecté depuis un tuyau (partie d'écoulement entrant de fluide) à travers lequel le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs s'écoule, ou être injecté depuis un réservoir de stockage (partie de stockage de fluide) qui stocke le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs, dans un réservoir d'accueil (première partie d'accueil) dans laquelle est accueilli l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs.
- [0112] Selon un mode de réalisation de la présente invention, lorsque l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs 100 tel qu'illustré sur la [fig.1] est utilisé pour adsorber et séparer des déchets chimiques radioactifs, une certaine quantité du fluide contenant des déchets chimiques radioactifs est versée dans une première partie de stockage 200, puis une réaction d'adsorption peut être effectuée tout en agitant le

fluide dans la première partie d'accueil 200 à l'aide d'un agitateur 230.

- [0113] En agitant le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs, le contact entre l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs et les déchets chimiques radioactifs dans le fluide peut être assisté tout en effectuant l'étape (A) ci-dessus, et ainsi, l'efficacité d'adsorption peut être efficacement améliorée.
- [0114] Selon un autre mode de réalisation de la présente invention, lorsque l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs 100 tel qu'illustré sur la [fig.2] est utilisé pour adsorber et séparer des déchets chimiques radioactifs, le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs peut s'écouler depuis une partie de stockage de fluide 211' stockant le fluide dans une première partie d'accueil 200' par le biais d'une seconde unité de membrane de séparation 241'. À ce moment, le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs traverse la seconde unité de membrane de séparation 241' et forme ainsi un écoulement turbulent, et s'écoule dans la première partie d'accueil 200' pour présenter un effet comme l'agitateur 230 illustré sur la [fig.1] et peut ainsi faciliter l'adsorption des déchets chimiques radioactifs dans l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs et dans le fluide.
- [0115] L'étape (B) ci-dessus est une étape pour désorber les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci et régénérer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs et l'étape (B) peut spécifiquement inclure la désorption des déchets chimiques radioactifs alors que les déchets chimiques radioactifs réagissent de façon électrochimique, par un système à trois électrodes utilisant l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs en tant qu'électrode de travail.
- [0116] L'étape (B) ci-dessus peut inclure l'application d'un potentiel à l'électrode de travail à l'aide d'un potentiostat, et peut également inclure le maintien du potentiel de l'électrode de travail à un niveau constant. Les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs peuvent être désorbés en appliquant un potentiel à l'électrode de travail.
- [0117] Les déchets chimiques radioactifs désorbés peuvent être dissous dans une petite quantité de solvant. En conséquence, les déchets chimiques radioactifs sont concentrés dans une petite quantité de solvant, de telle sorte que le volume des déchets chimiques radioactifs peut être considérablement réduit, et l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs peut être réutilisé en désorbant et séparant les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs.
- [0118] Le solvant peut inclure une partie de fluide traité duquel ont été éliminés les déchets chimiques radioactifs ayant été adsorbés sur l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs. En variante, le solvant peut inclure une nouvelle solution électrolytique incluant de l'eau contenant des ions non radioactifs après que tout le fluide

traité a été déchargé depuis la première partie d'accueil.

- [0119] L'étape (B) ci-dessus peut inclure la séparation de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs d'un substrat magnétique auquel est fixé l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs duquel les déchets chimiques radioactifs ont été désorbés. Comme décrit ci-dessus, l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs est séparé du substrat magnétique auquel est fixé l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs, de telle sorte que l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs peut être complètement détaché de l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs et être réutilisé.
- [0120] Un procédé bien connu pour retirer le magnétisme du substrat magnétique peut être utilisé pour le procédé pour séparer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs du substrat magnétique.
- [0121] De plus, le procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs peut inclure une surveillance pour mesurer un potentiel de circuit ouvert déterminé par l'électrode de travail, la contre-électrode et l'électrode de référence dans le système à trois électrodes.
- [0122] Spécifiquement, la concentration des déchets chimiques radioactifs contenus dans l'appareil utilisé pour le procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs est mesurée et surveillée, et lors de la surveillance, la concentration des déchets chimiques radioactifs peut être vérifiée en mesurant le potentiel en temps réel à l'aide du système à trois électrodes.
- [0123] Le procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs peut inclure le fait de déterminer s'il faut réaliser l'étape (A) et/ou l'étape (B) ci-dessus en fonction de la valeur de potentiel mesurée en tant que telle.
- [0124] C'est-à-dire, le procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs peut inclure, tout en incluant la surveillance pour mesurer un potentiel de circuit ouvert déterminé par l'électrode de travail, la contre-électrode et l'électrode de référence dans le système à trois électrodes, le fait de déterminer s'il faut effectuer l'étape (A) et/ou l'étape (B) ci-dessus en fonction de la valeur de potentiel mesurée.
- [0125] Plus spécifiquement, lors de la surveillance, la concentration des déchets chimiques radioactifs peut être vérifiée en utilisant l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs comme électrode de travail, et en mesurant le potentiel de circuit ouvert en temps réel à l'aide d'un potentiostat, et la surveillance peut inclure le fait de déterminer s'il faut effectuer chaque étape en fonction de la valeur de potentiel mesurée.
- [0126] C'est-à-dire, la concentration des déchets chimiques radioactifs peut être mesurée et évaluée, de telle sorte que les déchets chimiques radioactifs dans le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs peuvent être complètement éliminés et déchargés, et la performance de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs est vérifiée en temps réel, de telle sorte que lorsque les déchets chimiques radioactifs dépassent

une capacité d'adsorption, les déchets chimiques radioactifs sont désorbés (ou dissociés) de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs, de telle sorte que l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs peut être régénéré et réutilisé.

[0127] En outre, un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs incluant l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs est installé dans un système de refroidissement à l'intérieur d'une centrale nucléaire, de telle sorte qu'une surveillance, une adsorption et une séparation des déchets chimiques radioactifs peuvent être effectuées.

[0128] C'est-à-dire, un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs est installé dans un système de refroidissement à l'intérieur d'une centrale nucléaire, et un système d'électrode est formé à l'extérieur et une surveillance est effectuée, de telle sorte qu'un écoulement sortant des déchets chimiques radioactifs peut être évité en adsorbant les déchets chimiques radioactifs présents dans le système de refroidissement, et un accident grave peut être évité à l'avance en détectant l'écoulement sortant des déchets chimiques radioactifs.

[0129] De plus, le potentiel de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs est mesuré en temps réel, de telle sorte que lorsque l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs installé dans le système de refroidissement ne peut plus effectuer de fonction d'adsorption (lors d'un dépassement d'une capacité d'adsorption), les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs sont désorbés, dissociés et éliminés, de telle sorte que l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs installé peut être réutilisé sans être remplacé.

[0130] Ci-après, des exemples et exemples expérimentaux seront décrits en détail pour aider à comprendre la présente invention. Cependant, les exemples et exemples expérimentaux ci-dessous sont illustrés simplement pour aider à comprendre la présente invention, et la présente invention ne se limite pas seulement aux exemples et exemples expérimentaux ci-dessous.

[0131] Exemple de fabrication 1. Fabrication de nanoparticules magnétiques ferreuses recouvertes de platine (Fe@Pt)

[0132] 1) Afin de fabriquer un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs, de la poudre de nanoparticules magnétiques contenant du fer a été préparée en utilisant du chlorure de fer et du borohydrure de sodium. Ensuite, du chloroplatinate de potassium a été ajouté aux nanoparticules magnétiques préparées pour préparer des nanoparticules magnétiques ferreuses recouvertes de platine.

[0133] 2) Ensuite, afin d'améliorer la stabilité des nanoparticules préparées, les nanoparticules ont été frittées à environ 50 °C à 900 °C dans un four haute-température sous une atmosphère d'hydrogène gazeux. Les nanoparticules frittées ont été lavées et désallées dans une solution Piranha (acide sulfurique:peroxyde = 3:1) pour préparer un organe d'adsorption à nanoparticules magnétiques ferreuses (Fe@Pt).

- [0134] Une image après synthèse de l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1 est illustrée sur la [fig.4], et une image de microscope électronique par transmission (TEM) (a) de l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1 et des résultats de mesure de spectroscopie à rayons X à dispersion d'énergie (EDS) (b) et (c) sont illustrés sur la [fig.5].
- [0135] Selon la [fig.4], on a pu confirmer qu'un aimant a été rapproché de l'organe d'adsorption de l'exemple de fabrication 1 et l'adsorbant a été attiré vers l'aimant et mis en adhérence avec celui-ci. En conséquence, on a pu confirmer qu'un organe d'adsorption incluant des nanoparticules magnétiques comme éléments de support a été synthétisé.
- [0136] Selon la [fig.5], on a pu confirmer par le biais d'une image TEM que l'organe d'adsorption de l'exemple de fabrication 1 a été synthétisé. De plus, on a pu confirmer à partir des résultats de mesure par EDS que du fer et du platine étaient contenus dans l'organe d'adsorption synthétisé, et ainsi on a pu confirmer qu'un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt a été fabriqué.
- [0137] Exemple de fabrication 2. Fabrication de nanoparticules magnétiques de nickel recouvertes de platine (Ni@Pt)
- [0138] En dehors de l'utilisation de chlorure de nickel à la place de chlorure de fer de l'exemple de fabrication 1-1), la fabrication a été effectuée de la même manière que dans l'exemple de fabrication 1-1) et un organe d'adsorption à nanoparticules magnétiques de nickel recouvertes de platine (Ni@Pt) a été fabriqué.
- [0139] Une image par microscope à balayage (SEM) (a) de l'organe d'adsorption Ni@Pt de l'exemple de fabrication 2 et des résultats de mesure EDS (b) et (c) sont illustrés sur la [fig.6].
- [0140] Selon la [fig.6], on a pu confirmer par le biais d'une image SEM que l'organe d'adsorption de l'exemple de fabrication 2 a été synthétisé. De plus, on a pu confirmer à partir des résultats de mesure EDS que du nickel et du platine étaient contenus dans l'organe d'adsorption synthétisé, et ainsi on a pu confirmer qu'un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Ni@Pt a été fabriqué.
- [0141] Exemple de fabrication 3. Fabrication de nanoparticules magnétiques de cobalt recouvertes de platine (Co@Pt)
- [0142] En dehors de l'utilisation de chlorure de cobalt à la place de chlorure de fer de l'exemple de fabrication 1-1), la fabrication a été effectuée de la même manière que dans l'exemple de fabrication 1-1) et un organe d'adsorption à nanoparticules magnétiques de cobalt recouvertes de platine (Co@Pt) a été fabriqué.
- [0143] Exemple de fabrication 4. Fabrication de nanoparticules magnétiques ferreuses recouvertes de palladium (Fe@Pd)
- [0144] En dehors de l'utilisation de chlorure de palladium (II) à la place du chloroplatinate

- de potassium de l'exemple de fabrication 1-1), la fabrication a été effectuée de la même manière que dans l'exemple de fabrication 1-1) et un organe d'adsorption à nanoparticules magnétiques ferreuses recouvertes de palladium (Fe@Pd) a été fabriqué.
- [0145] Exemple de fabrication 5. Fabrication de nanoparticules magnétiques de nickel recouvertes de platine et de bleu de Prusse (Ni@PB/Pt)
- [0146] Afin de fabriquer un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs qui adsorbe simultanément l'iode radioactif et le césium radioactif, du chloroplatinate de potassium a été ajouté aux nanoparticules de nickel et a été amené à réagir, puis du bleu de Prusse (ferrocyanure de potassium,  $K_4Fe(CN)_6$ ; 'PB') a en outre été ajouté au produit de réaction et amené à réagir à température ambiante pour fabriquer un organe d'adsorption à nanoparticules magnétiques de nickel recouvertes de platine et de bleu de Prusse (Ni@PB/pt) a été fabriqué.
- [0147] Une image par microscope électronique à balayage (SEM) (a) de l'organe d'adsorption Ni@PB/Pt de l'exemple de fabrication 5 et des résultats de mesure EDS (c), (d) et (e) sont illustrés sur la [fig.7].
- [0148] Selon la [fig.7], on a pu confirmer par le biais d'une image SEM que l'organe d'adsorption de l'exemple de fabrication 5 a été synthétisé. De plus, on a pu confirmer d'après les résultats de mesure EDS que du fer et du platine étaient contenus dans l'organe d'adsorption synthétisé, et on a pu ainsi confirmer qu'un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Ni@PB/Pt a été fabriqué.
- [0149] Exemple expérimental 1. Mesure avant/après frittage d'organe d'adsorption Fe@Pt
- [0150] La [fig.8] illustre une image TEM de l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1 avant (a) /après (b) frittage, et la [fig.9] illustre des résultats de mesure XRD (diffraction à rayons X) selon des températures de frittage.
- [0151] Selon la [fig.8], on a pu confirmer que du platine a été étalé sur les surfaces de nanoparticules magnétiques avant le frittage (a) de l'organe d'adsorption de l'exemple de fabrication 1, et on a pu confirmer que du platine a été fondu et mutuellement combiné, et qu'une cristallisation s'est produite après le frittage (b). C'est-à-dire, selon la [fig.8], on a pu confirmer que l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs a été fritté.
- [0152] Selon la [fig.9], on a pu confirmer que la cristallisabilité a varié en fonction d'une augmentation de la température de frittage.
- [0153] Exemple expérimental 2. Mesures XRD d'organes d'adsorption des exemples de fabrication 1, 2, 4 et 5
- [0154] Les FIGS. 10 à 13 illustrent respectivement les résultats de mesure XRD sur les organes d'adsorption qui sont obtenus en frittant, à une température d'environ 200 °C, l'organe d'adsorption Fe@Pt (fritté à environ 200 °C) de l'exemple de fabrication 1, l'organe d'adsorption Ni@Pt de l'exemple de fabrication 2, l'organe d'adsorption

Fe@Pd de l'exemple de fabrication 4, et l'organe d'adsorption Ni@PB/Pt de l'exemple de fabrication 5.

[0155] Selon la [fig.10], des pics de fer, d'oxyde de fer et de platine ont pu être confirmés à partir des résultats de mesure XRD sur l'organe d'adsorption Fe@Pt, et ainsi, on a pu confirmer que l'organe d'adsorption Fe@Pt ou Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@Pt recouvert de platine sur la surface de celui-ci a été fabriqué.

[0156] Selon la [fig.11], à partir des résultats de mesure XRD sur l'organe d'adsorption Ni@Pt, des pics de platine ont pu être confirmés, et ainsi, on a pu confirmer que du platine a été étalé sur l'organe d'adsorption.

[0157] Selon la [fig.12], à partir des résultats de mesure XRD sur l'organe d'adsorption Ni@PB/Pt, des pics de nickel, de platine, de bleu de Prusse ont pu être confirmés, et ainsi, on a pu confirmer que du platine et du bleu de Prusse ont été étalés sur la surface de nickel de l'organe d'adsorption.

[0158] Selon la [fig.13], à partir des résultats de mesure XRD sur l'organe d'adsorption Fe@Pd, des pics de fer, de palladium et d'oxyde de fer ont pu être confirmés, et ainsi, on a pu confirmer que du platine a été étalé sur l'organe d'adsorption.

[0159] Exemple expérimental 3. Évaluation d'adsorption de l'organe d'adsorption de l'exemple de fabrication 1

[0160] Une solution dans laquelle de l'iode a été dissous selon une concentration d'environ 0,1 mM, 0,5 mM, et 1 mM a été préparée, l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1 a ensuite été ajouté et on a confirmé si une adsorption a été effectuée, et les résultats de cela ont été illustrés sur la [fig.14].

[0161] Selon la [fig.14], on a pu confirmer que plus la concentration d'iode est élevée avant l'ajout de l'organe d'adsorption, plus la couleur d'une solution aqueuse devient forte.

[0162] Ensuite, on a pu confirmer que, après l'ajout de l'organe d'adsorption de l'exemple de fabrication 1, la couleur de la solution a disparu et est devenue transparente. C'est-à-dire, on a pu confirmer que l'iode a été adsorbé sur le platine (Pt).

[0163] Exemple expérimental 4. Évaluation de spectroscopie UV-visible des organes d'adsorption des exemples de fabrication 1 à 5

[0164] 1) L'organe d'adsorption de l'exemple de fabrication 1 a été ajouté à une solution d'environ 0,1 mM de KI / environ 0,1 M de NaClO<sub>4</sub> et une solution d'environ 0,1 mM de I<sub>2</sub> / environ 0,1 M de NaClO<sub>4</sub>, des résultats de mesure par spectroscopie UV-visible avant/après l'ajout ont été respectivement illustrés sur les FIGS. 15 et 16, et les résultats de mesure de plasma à couplage inductif (ICP) après deux répétitions d'adsorption/désorption sur l'organe d'adsorption de l'exemple de fabrication 1 ont été illustrés dans le Tableau 1 ci-dessous.

[0165]

[Tableaux1]

	0,1 mM KI/0,1 M NaClO <sub>4</sub>	0,1 mM I <sub>2</sub> /0,1 M NaClO <sub>4</sub>
Avant ajout d'adsorbant Fe@Pt	--	--
Taux de récupération d'iode après désorption électrochimique (première + seconde)	97,8 %	98,0 %

- [0166] Selon la [fig.15], on a pu confirmer que dans une solution aqueuse contenant du KI, des pics ont été observés entre environ 200 et 250 nm qui étaient les longueurs d'onde d'adsorption des composés d'iode avant ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1, et confirmer que les pics des composés d'iode n'ont pas été observés après ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt et l'iode a été adsorbé.
- [0167] Ensuite, l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt qui a adsorbé l'iode a été désorbé à l'aide d'un système à trois électrodes, puis une spectroscopie UV-visible a été mesurée, et à partir des résultats de celle-ci, on a pu confirmer que des pics d'iode ont à nouveau été observés. En conséquence, on a pu confirmer que l'iode adsorbé sur l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt a été désorbé et dissocié de l'organe d'adsorption par le biais d'une désorption électrochimique.
- [0168] De plus, selon le Tableau 1, on a pu confirmer qu'un taux de récupération d'iode très élevé d'environ 97,8 % a été montré après répétition de la désorption électrochimique deux fois (deux fois d'adsorption/désorption). En conséquence, on a pu confirmer que, même lorsque l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt a été utilisé de façon répétée, l'adsorption d'iode a été effectuée et l'organe d'adsorption a été réutilisable.
- [0169] Selon la [fig.16], on a pu confirmer que dans une solution aqueuse contenant de l'I<sub>2</sub>, des pics de composés d'iode ont été observés avant ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1, et confirmer que les pics des composés d'iode n'ont pas été observés après ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt et l'iode a été adsorbé. De plus, on a pu confirmer que des pics d'iode ont été à nouveau observés après désorption, si bien qu'on a pu confirmer que l'adsorbant de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt a adsorbé et désorbé de façon stable l'iode même lorsque le type chimique d'iode a changé.
- [0170] De plus, selon le Tableau 1, on a pu confirmer que le taux de récupération d'iode très

élevé d'environ 98 % a été montré même après répétition de la désorption électrochimique deux fois, si bien qu'on a pu confirmer que l'adsorbant a été utilisable et réutilisable même lorsque le type chimique d'iode a changé.

[0171] 2) L'organe d'adsorption Ni@Pt de l'exemple de fabrication 2 a été ajouté à une solution d'environ 0,1 mM de KI / environ 0,1 M de NaClO<sub>4</sub> et une solution d'environ 0,1 mM d'I<sub>2</sub> / environ 0,1 M de NaClO<sub>4</sub>, et des résultats de mesure de spectroscopie UV-visible avant/après l'ajout ont été respectivement illustrés sur les FIGS. 17 et 18.

[0172] Selon la [fig.17], on a pu confirmer que dans une solution aqueuse contenant du KI, des pics de composés d'iode ont été observés avant ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Ni@Pt de l'exemple de fabrication 2, et confirmer que des pics des composés d'iode n'ont pas été observés après ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Ni@Pt et l'iode a été adsorbé.

[0173] De plus, l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Ni@Pt qui a adsorbé l'iode a été désorbé à l'aide d'un système à trois électrodes, puis une spectroscopie UV-visible a été mesurée, et d'après les résultats de celle-ci, on a pu confirmer que des pics d'iode ont à nouveau été observés. En conséquence, on a pu confirmer que l'iode adsorbé sur l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt a été désorbé et dissocié de l'organe d'adsorption par le biais d'une désorption électrochimique.

[0174] Selon la [fig.18], on a pu confirmer que dans une solution aqueuse contenant de l'I<sub>2</sub>, des pics de composés d'iode ont été observés avant ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Ni@Pt de l'exemple de fabrication 2, et confirmer que des pics des composés d'iode n'ont pas été observés après ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Ni@Pt et l'iode a été adsorbé. De plus, on a pu confirmer que des pics d'iode ont été à nouveau observés après désorption, si bien qu'on a pu confirmer que l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Ni@Pt a adsorbé et désorbé de façon stable l'iode même lorsque le type chimique d'iode a changé.

[0175] 3) 2) L'organe d'adsorption Co@Pt de l'exemple de fabrication 3 a été ajouté à une solution d'environ 0,1 mM de KI / environ 0,1 M de NaClO<sub>4</sub>, et des résultats de mesure de spectroscopie UV-visible avant/après l'ajout ont été illustrés sur la [fig.19].

[0176] Selon la [fig.19], on a pu confirmer que dans une solution aqueuse contenant du KI, des pics de composés d'iode ont été observés avant ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Co@Pt de l'exemple de fabrication 3, et confirmer que des pics des composés d'iode n'ont pas été observés après ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Co@Pt et l'iode a été adsorbé.

[0177] 4) L'organe d'adsorption Fe@Pd de l'exemple de fabrication 4 a été ajouté à une solution d'environ 0,1 mM de KI / environ 0,1 M de NaClO<sub>4</sub>, des résultats de mesure

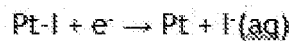
de spectroscopie UV-visible avant/après l'ajout ont été illustrés sur la [fig.20].

- [0178] Selon la [fig.20], on a pu confirmer que dans une solution aqueuse contenant du KI, des pics de composés d'iode ont été observés avant ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pd de l'exemple de fabrication 4, et confirmer que des pics des composés d'iode n'ont pas été observés après ajout de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pd et l'iode a été adsorbé.
- [0179] 5) L'organe d'adsorption Ni@PB/Pd de l'exemple de fabrication 5 a été ajouté à une solution d'environ 0,1 mM de CsI / environ 0,1 M de NaClO<sub>4</sub>, et des résultats de mesure de spectroscopie UV-visible avant/après l'ajout ont été illustrés sur la [fig.21].
- [0180] Selon la [fig.21], on a pu confirmer que, d'après les résultats de mesure de spectroscopie UV-visible sur une solution aqueuse contenant environ 0,1 mM de CsI, des pics ont été observés entre des longueurs d'onde d'adsorption d'environ 200-250 nm, et confirmer que les pics sont devenus petits après ajout de l'organe d'adsorption Ni@PB/Pd de l'exemple de fabrication 5 et la concentration de CsI a diminué dans la solution aqueuse. C'est-à-dire, on a pu confirmer qu'il était possible d'adsorber le césium et l'iode ensemble en utilisant l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Ni@PB/Pd.
- [0181] Exemple expérimental 5. Évaluation de taux de désorption après répétition d'expériences d'adsorption/désorption sur l'organe d'adsorption de l'exemple de fabrication 1
- [0182] La [fig.22] illustre les résultats de mesure du taux de désorption en répétant des expériences d'adsorption/désorption sur un iodure (I<sup>-</sup>) environ 100 fois dans une solution d'environ 0,1 mM de KI / environ 0,1 M de NaClO<sub>4</sub> à l'aide de l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1 obtenu par frittage à environ 200 °C.
- [0183] Selon la [fig.22], on a pu confirmer que même lorsque des expériences d'adsorption/désorption ont été répétées environ 100 fois sur l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1 et que l'organe d'adsorption a été réutilisé, le taux d'adsorption/désorption était d'environ 97 % ou plus, et ainsi on a pu confirmer que même lorsque l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs a été réutilisé de façon répétée, les fonctions d'adsorption et de désorption ont été maintenues.
- [0184] Exemple expérimental 6. Adsorption et désorption électrochimique d'iode
- [0185] Une électrode de platine non fixée à un ion d'iode a été immergée dans une solution aqueuse d'environ 0,1 M de NaClO<sub>4</sub> comme organe d'adsorption, du carbone vitreux a été immergé comme contre-électrode et une électrode d'Ag/AgCl a été immergée comme électrode de référence, et ainsi, une cellule électrochimique à trois électrodes a été construite. Dans cette cellule, une expérience de voltamétrie à balayage linéaire a été effectuée à une vitesse de balayage d'environ 50 mV/s d'environ 0 V à environ -

0,9 V. L'électrode de platine a été sortie de la cellule électrochimique et mise dans une quantité d'eau excessive (environ 100 mL) dans laquelle environ 0,001 mM de composés d'iode tels que KI, I<sub>2</sub> et CH<sub>3</sub>I ont été dissout, puis a été agitée pendant environ 30 minutes. Ensuite, l'électrode de platine a été récupérée et immergée dans la cellule électrochimique, et une voltamétrie à balayage linéaire a été effectuée, et les résultats de celle-ci ont été illustrés sur la [fig.23].

[0186] Selon la [fig.23], on a pu confirmer qu'un courant de niveau de fond s'écoule dans les résultats lorsque l'électrode de platine n'était pas immergée dans la solution de composé d'iode, alors que dans l'électrode sur laquelle l'iode a été adsorbé, un courant de réduction s'écoule entre environ -0,6 V et environ -0,85 V. Le courant s'est écoulé parce que l'iode adsorbé sur la surface de l'électrode de platine s'est dissocié en ions d'iode par le biais d'une réaction telle que la formule de réaction 1 ci-dessous. Cela signifie que, lorsqu'un composé d'iode est adsorbé sur la surface de l'électrode de platine, les ions d'iode sont réduits et dissociés dans un électrolyte lorsqu'un potentiel supérieur à plus négatif qu'environ -0,6 V est appliqué.

[0187] [Chem.1]



[0188] Exemple expérimental 7. Réactions d'adsorption et de dissociation d'ion de césium (Cs<sup>+</sup>) de bleu de Prusse selon un potentiel électrochimique

[0189] Une électrode de carbone vitreux recouverte d'un organe d'adsorption de bleu de Prusse nickel a été immergée dans une solution dans laquelle du CsNO<sub>3</sub> a été dissous pour former un appareil électrochimique à trois électrodes avec l'électrode de carbone servant d'électrode de travail, puis une expérience de voltamétrie cyclique a été effectuée, et les résultats de celle-ci ont été illustrés sur la [fig.24].

[0190] Selon la [fig.24], on a pu confirmer qu'un écoulement de courant redox a été observé par rapport à environ +0,45 V. C'est un courant généré tandis que les ions de fer du bleu de Prusse sont oxydés et réduits comme illustré dans la formule de réaction 2 ci-dessous. Dans ce processus, un ion de césium (Cs<sup>+</sup>) s'infiltré dans le bleu de Prusse comme contre-ion.

[0191] C'est-à-dire, à un potentiel plus négatif qu'environ +0,45 V, l'ion de Cs<sup>+</sup> s'infiltré dans le bleu de Prusse, et à un potentiel plus positif qu'environ +0,45 V, l'ion de Cs<sup>+</sup> est dissocié.

[0192] [Chem.2]



[0193] Exemple expérimental 8. Réactions d'adsorption et de désorption d'ion de césium ion (Cs<sup>+</sup>) à l'aide du bleu de Prusse

[0194] Comme dans l'exemple expérimental 7, une électrode de carbone vitreux recouverte

d'un organe d'adsorption de bleu de Prusse nickel a été immergée dans une solution dans laquelle du  $\text{CsNO}_3$  a été dissous pour former un appareil électrochimique à trois électrodes avec l'électrode de carbone servant d'électrode de travail, puis un potentiel non supérieur à environ +0,45 V a été appliqué pour adsorber un ion de  $\text{Cs}^+$  sur l'organe d'adsorption de bleu de Prusse nickel. Ensuite, l'électrode de carbone vitreux a été retirée d'une cellule électrochimique et lavée avec de l'eau distillée plusieurs fois.

- [0195] De plus, un autre appareil électrochimique à trois électrodes a été construit avec l'électrode de carbone vitreux servant d'électrode de travail et recouverte d'un organe d'adsorption de bleu de Prusse nickel sur lequel l'ion de  $\text{Cs}^+$  a été adsorbé, puis un potentiel d'au moins environ +0,45 V a été appliqué pour dissocier l'ion de  $\text{Cs}^+$ , la concentration en  $\text{Cs}^+$  d'une solution contenant l'ion de  $\text{Cs}^+$  dissocié a été mesurée à l'aide d'un spectromètre à émission atomique de plasma à couplage inductif (ICP-AES), et le graphique de concentration du césium a été illustré sur la [fig.25] selon une récupération électrochimique du césium utilisant l'électrode de carbone vitreux recouverte de bleu de Prusse.
- [0196] Selon la [fig.25], on a pu confirmer qu'un processus de récupération électrochimique de  $\text{Cs}^+$  a été effectué de façon répétée 1, 2, et 3 fois à l'aide de l'électrode de carbone vitreux recouverte d'un organe d'adsorption de bleu de Prusse, si bien que non seulement les ions de  $\text{Cs}^+$  peuvent être déplacés d'un grand contenant vers un petit contenant, mais également la faible concentration d'ions de  $\text{Cs}^+$  peut être concentrée dans un petit volume. C'est-à-dire, on a pu confirmer que, afin d'adsorber et concentrer les ions de  $\text{Cs}^+$  en une grande quantité de fluide contenant des déchets chimiques radioactifs, le bleu de Prusse a pu être utilisé comme organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs réutilisable.
- [0197] Exemple expérimental 9. Élimination des déchets chimiques radioactifs à l'aide d'un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs
- [0198] Une quantité d'eau excessive (déchets fluides d'environ 18 L) dans laquelle environ 14 ppm d' $\text{I}_2$  a été dissous a été injectée dans une première partie d'accueil de l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs incluant l'organe d'adsorption Fe@Pt de l'exemple de fabrication 1, puis a été agitée pendant environ 2 heures, et l'iode a été adsorbé sur l'organe d'adsorption Fe@Pt.
- [0199] Ensuite, comme illustré sur la [fig.26], un aimant installé dans une partie inférieure a été surélevé et l'organe d'adsorption Fe@Pt a été fixé à une électrode de travail sur le côté aimant inférieur par rapport à une solution.
- [0200] Après décharge du fluide dont l'iode a été éliminé (fluide traité), un potentiel a été appliqué à l'organe d'adsorption Fe@Pt adhérent à l'électrode de travail pour ainsi dissocier et concentrer l'iode adsorbé sur l'organe d'adsorption Fe@Pt dans une petite quantité de fluide restant dans l'appareil de traitement, et le fluide (fluide concentré)

dans lequel l'iode a été concentré a été récupéré.

- [0201] La [fig.27] est une image après ajout d'une petite quantité d'acide chlorhydrique et de peroxyde dans le fluide traité (marqué par « après désorption ») et le fluide concentré (marqué par « après désorption ») selon l'exemple expérimental 9.
- [0202] En conséquence, on a pu confirmer que l'iode dissout dans un grand volume de fluide a pu être éliminé avec une efficacité élevée à l'aide de l'appareil et du procédé pour traiter les déchets chimiques radioactifs selon la présente invention, et être concentré dans une petite quantité de solution. De plus, on a pu confirmer que, d'après le résultat de mesure de la concentration avant et après l'adsorption d'iode (élimination) à l'aide d'un analyseur de masse, environ 99,8 % d'environ 14 ppm d'iode dissous dans une grande quantité de solution aqueuse a pu être éliminé en utilisant ce système.
- [0203] Exemple expérimental 10. Élimination de déchets chimiques radioactifs à l'aide d'un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs
- [0204] La [fig.28] est une image dans laquelle un appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon un mode de réalisation de la présente invention est fabriqué.
- [0205] Afin d'éliminer les déchets chimiques radioactifs à l'aide de l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs de la [fig.28], un fluide contenant de l'iode radioactif stocké dans une partie de stockage d'eau usée (partie de stockage de fluide) a été injecté dans une première partie d'accueil incluant un organe d'adsorption à filet recouvert de platine, puis le fluide traité duquel l'iode radioactif a été éliminé a été récupéré par le biais d'une partie de décharge de fluide traité.
- [0206] À ce moment, étant donné qu'une membrane poreuse a été disposée entre la partie de stockage de fluide et la première partie d'accueil, le fluide contenant l'iode radioactif traverse la membrane poreuse et filtre les impuretés contenues dans le fluide contenant l'iode radioactif lors de son injection dans la première partie d'accueil, et le fluide a formé un écoulement turbulent en traversant la membrane poreuse, et ainsi, il s'est présenté un effet d'agitation avec un agitateur quand le fluide a formé un écoulement turbulent. Ensuite, le fluide contenant l'iode radioactif stocké dans la partie de stockage de fluide a entièrement été injecté dans la première partie d'accueil pour adsorber l'iode radioactif sur l'organe d'adsorption, puis un fluide traité supplémentaire est resté dans l'organe d'adsorption de telle sorte que l'organe d'adsorption a pu être immergé, une contre-électrode et une électrode de référence ont été connectées pour appliquer un potentiel à une électrode de travail avec l'organe d'adsorption servant d'électrode de travail, et ainsi, alors que l'iode adsorbé sur l'organe d'adsorption s'est dissocié et concentré dans un fluide traité supplémentaire, l'eau concentrée en iode a en fin de compte été déchargée à l'extérieur et l'organe

d'adsorption a été régénéré.

- [0207] Exemple expérimental 11. Surveillance de l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs
- [0208] Un système à trois électrodes a été construit en utilisant une électrode de platine comme électrode de travail dans un électrolyte sans iode. Une solution d'environ 4 % en poids d'acide borique qui était de l'eau de refroidissement pour une centrale nucléaire a été utilisée comme électrolyte, et les résultats de mesure d'un potentiel de circuit ouvert tout en ajoutant une solution d'iode ( $I_2$  ou I) dans l'électrolyte ont été illustrés sur la [fig.29].
- [0209] Selon la [fig.29], on a pu confirmer qu'un potentiel de circuit ouvert initial s'est maintenu à environ +0,35 V, et dès qu'on a ajouté de l'iode ( $I_2$ ) ou un iodure (I-), la valeur de potentiel a brusquement varié.
- [0210] De plus, on a pu confirmer que lorsqu'on a ajouté la solution d'iode ( $I_2$ ), la valeur de potentiel a brusquement augmenté et s'est stabilisée à environ 0,55 V, et que lorsqu'on a ajouté un iodure (I-), la valeur de potentiel s'est stabilisée à environ 0,08 V.
- [0211] C'est-à-dire, on a pu confirmer que, lorsque de l'iode a été adsorbé, le potentiel de circuit ouvert a brusquement varié, et en conséquence, on a pu directement surveiller la présence de déchets chimiques radioactifs (par exemple, iode, etc.) dans l'appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs de la présente invention.

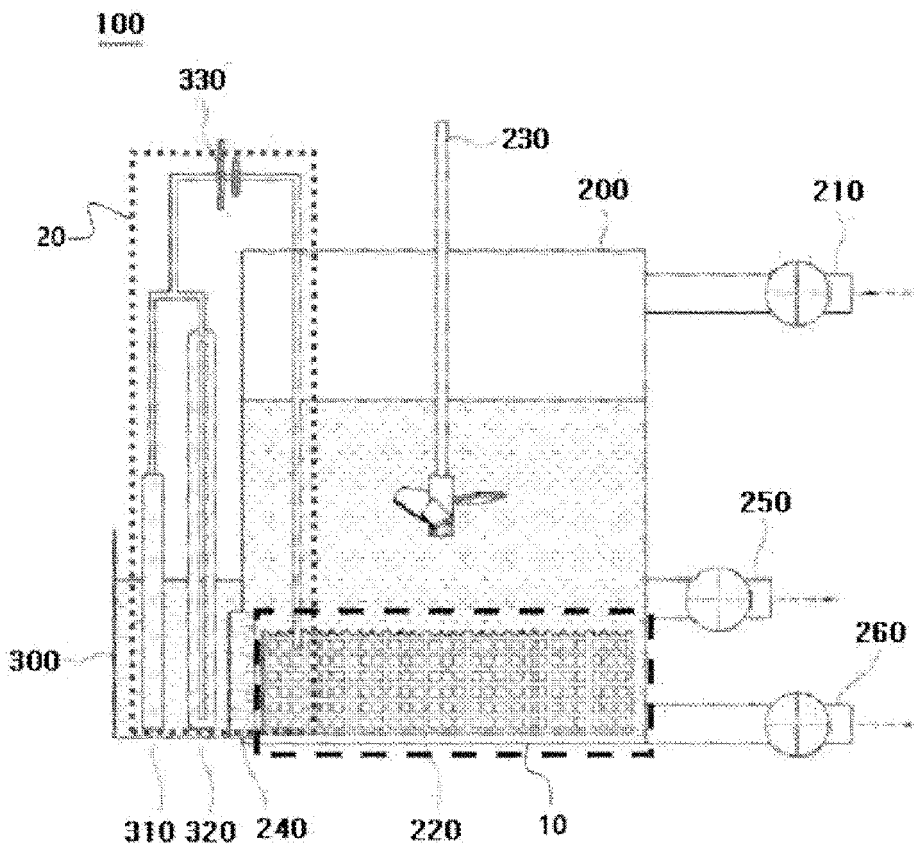
## Revendications

- [Revendication 1] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs comprenant : une unité d'adsorption comprenant un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs pour adsorber et séparer des déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs ; et une unité de régénération qui est en communication fluïdique avec l'unité d'adsorption et sert à régénérer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs en désorbant les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci.
- [Revendication 2] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 1, dans lequel les déchets chimiques radioactifs comprennent au moins l'un parmi de l'iode radioactif et du césium radioactif.
- [Revendication 3] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 1, dans lequel l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs comprend un élément de support et un adsorbant, et l'adsorbant est mélangé ou dispersé dans l'élément de support, ou contenu dans au moins une partie de la surface de l'élément de support.
- [Revendication 4] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 3, dans lequel l'élément de support présente au moins une forme sélectionnée parmi une forme de treillis et une forme de nanoparticule, et l'élément de support comprend au moins l'un sélectionné parmi le fer, la magnétite, le nickel, le cobalt, un alliage de ceux-ci, et un oxyde de ceux-ci.
- [Revendication 5] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 3, dans lequel l'adsorbant comprend au moins l'un sélectionné parmi le platine (Pt), le palladium (Pd), le ruthénium (Ru), l'osmium (Os), le rhodium (Rh), l'iridium (Ir), et un alliage de ceux-ci.
- [Revendication 6] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 5, dans lequel l'adsorbant comprend en outre du bleu de Prusse.
- [Revendication 7] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 1, dans lequel l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs est fritté de 50 °C à 900 °C puis lavé et désallié avec au moins une solution sélectionnée parmi une solution Piranha, de l'acide nitrique, de l'acide sulfurique et de l'acide chlorhydrique.

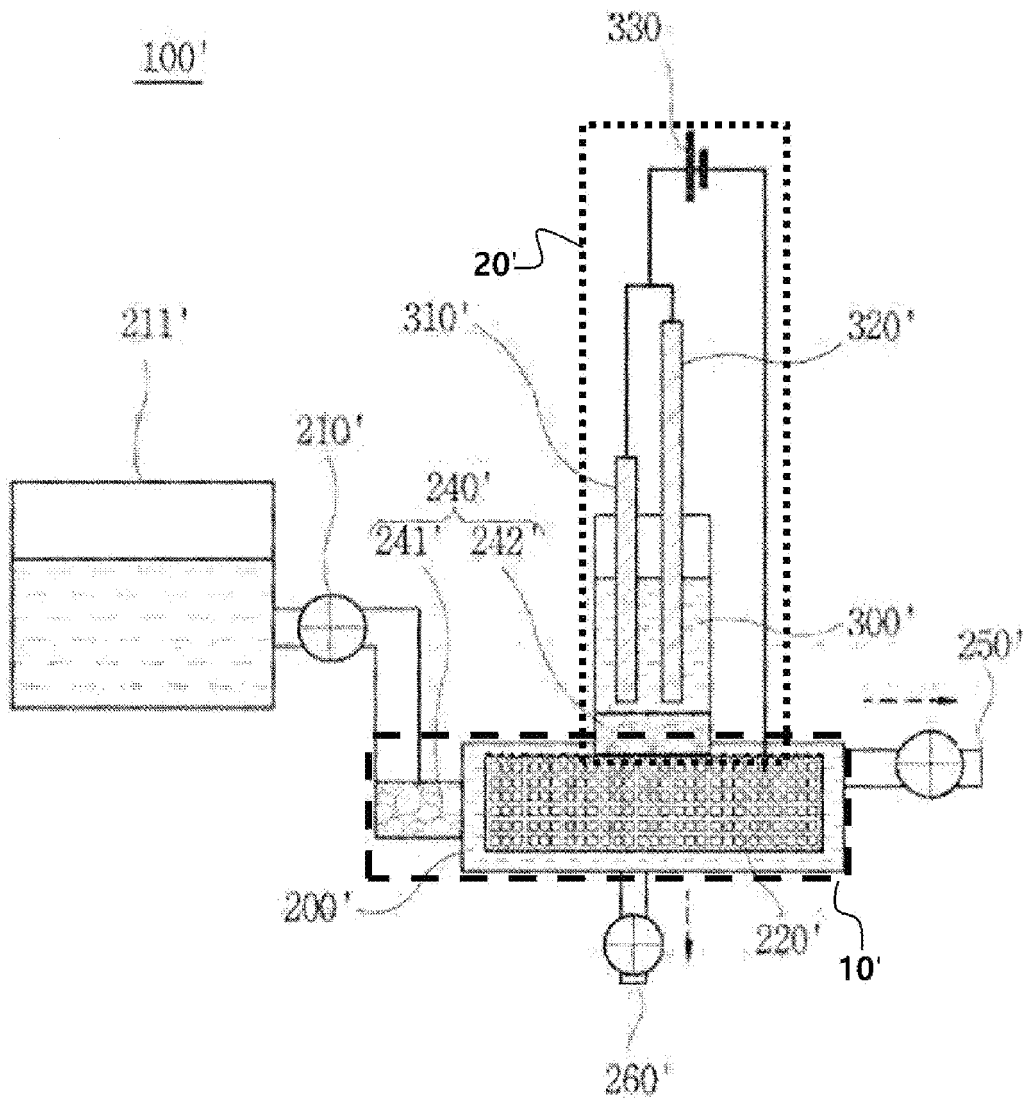
- [Revendication 8] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 1, comprenant en outre un substrat magnétique pour fixer l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs à l'intérieur de l'unité d'adsorption.
- [Revendication 9] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 1, dans lequel l'unité de régénération comprend un organe de désorption pour désorber les déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci tout en réagissant de façon électrochimique avec les déchets chimiques radioactifs.
- [Revendication 10] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 9, dans lequel l'organe de désorption comprend un système à trois électrodes avec l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs servant d'électrode de travail.
- [Revendication 11] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 1, dans lequel l'unité de régénération comprend en outre une première unité de membrane de séparation pour empêcher l'écoulement entrant des déchets chimiques radioactifs désorbés de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs dans l'unité d'adsorption.
- [Revendication 12] Appareil de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 1, dans lequel l'unité d'adsorption comprend en outre une seconde unité de membrane de séparation pour empêcher l'écoulement entrant d'agents de contamination dans le fluide contenant des déchets chimiques radioactifs.
- [Revendication 13] Procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs comprenant :  
(A) l'adsorption de déchets chimiques radioactifs sur un organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs et la séparation des déchets chimiques radioactifs d'un fluide contenant des déchets chimiques radioactifs ; et  
(B) la désorption des déchets chimiques radioactifs de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs avec les déchets chimiques radioactifs adsorbés sur celui-ci, et la régénération de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs.
- [Revendication 14] Procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 13, dans lequel les déchets chimiques radioactifs comprennent au moins l'un parmi de l'iode radioactif et du césium radioactif.
- [Revendication 15] Procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 13, dans lequel

- l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs comprend un élément de support et un adsorbant, et  
l'adsorbant est mélangé ou dispersé dans l'élément de support, ou contenu dans au moins une partie de la surface de l'élément de support.
- [Revendication 16] Procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 15, dans lequel  
l'élément de support présente au moins une forme sélectionnée parmi une forme de treillis et une forme de nanoparticule, et  
l'élément de support comprend au moins l'un sélectionné parmi le fer, la magnétite, le nickel, le cobalt, un alliage de ceux-ci, et un oxyde de ceux-ci.
- [Revendication 17] Procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 15, dans lequel l'adsorbant comprend au moins l'un sélectionné parmi le platine (Pt), le palladium (Pd), le ruthénium (Ru), l'osmium (Os), le rhodium (Rh), l'iridium (Ir), et un alliage de ceux-ci.
- [Revendication 18] Procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 13, dans lequel  
l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs est fixé à un substrat magnétique à l'étape (A), et  
l'étape (B) comprend la séparation de l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs du substrat magnétique auquel est fixé l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs, duquel les déchets chimiques radioactifs ont été désorbés.
- [Revendication 19] Procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 13, dans lequel à l'étape (B), les déchets chimiques radioactifs sont désorbés tout en étant mis en réaction électrochimique par un système à trois électrodes avec l'organe d'adsorption de déchets chimiques radioactifs servant d'électrode de travail.
- [Revendication 20] Procédé de traitement de déchets chimiques radioactifs selon la revendication 19, comprenant le fait de déterminer s'il faut effectuer l'étape (A) ou l'étape (B) selon une valeur de potentiel mesurée tout en contrôlant la mesure d'un potentiel de circuit ouvert déterminé par l'électrode de travail, une contre-électrode et une électrode de référence dans le système à trois électrodes.

[Fig. 1]

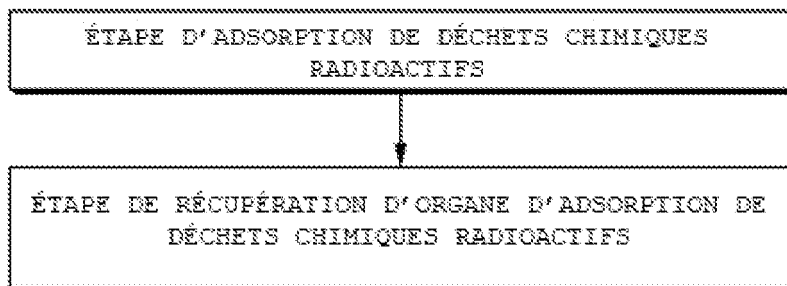


[Fig. 2]

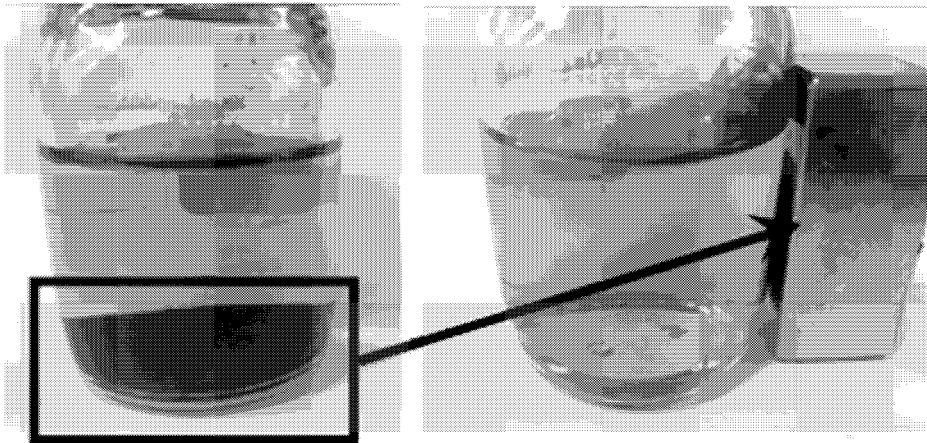


[Fig. 3]

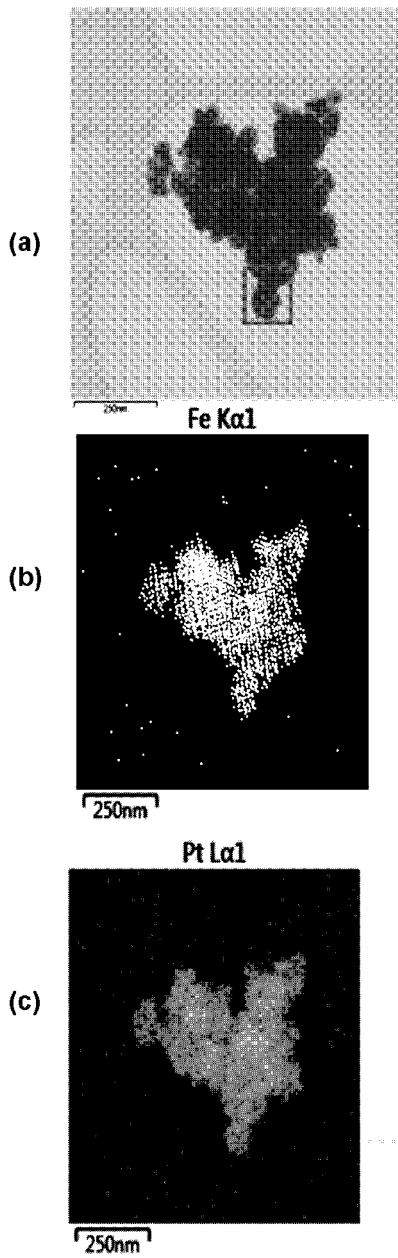
S100



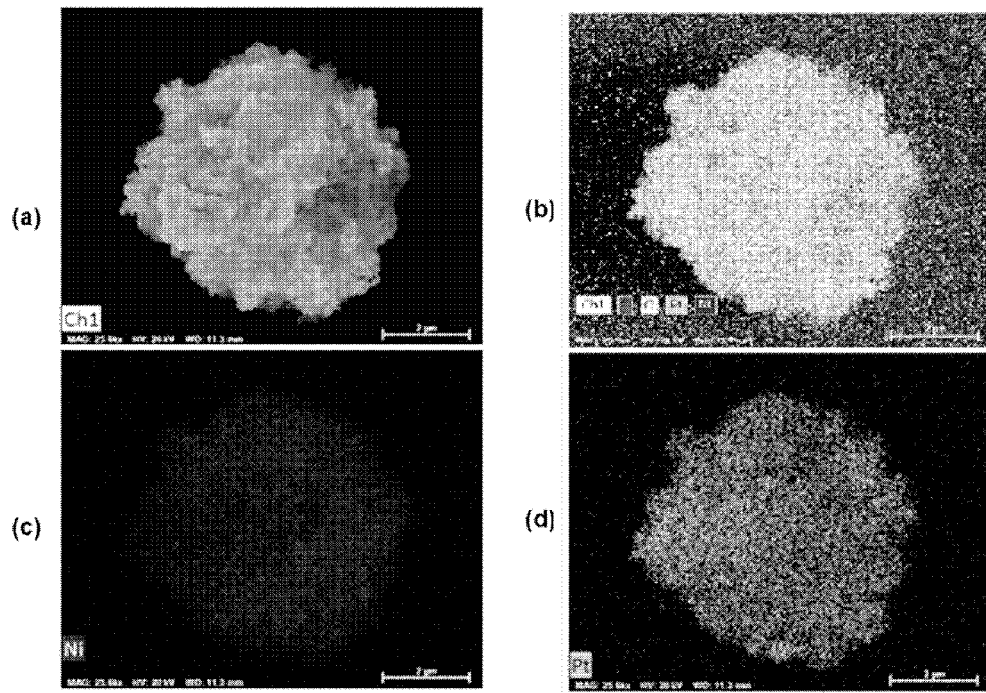
[Fig. 4]



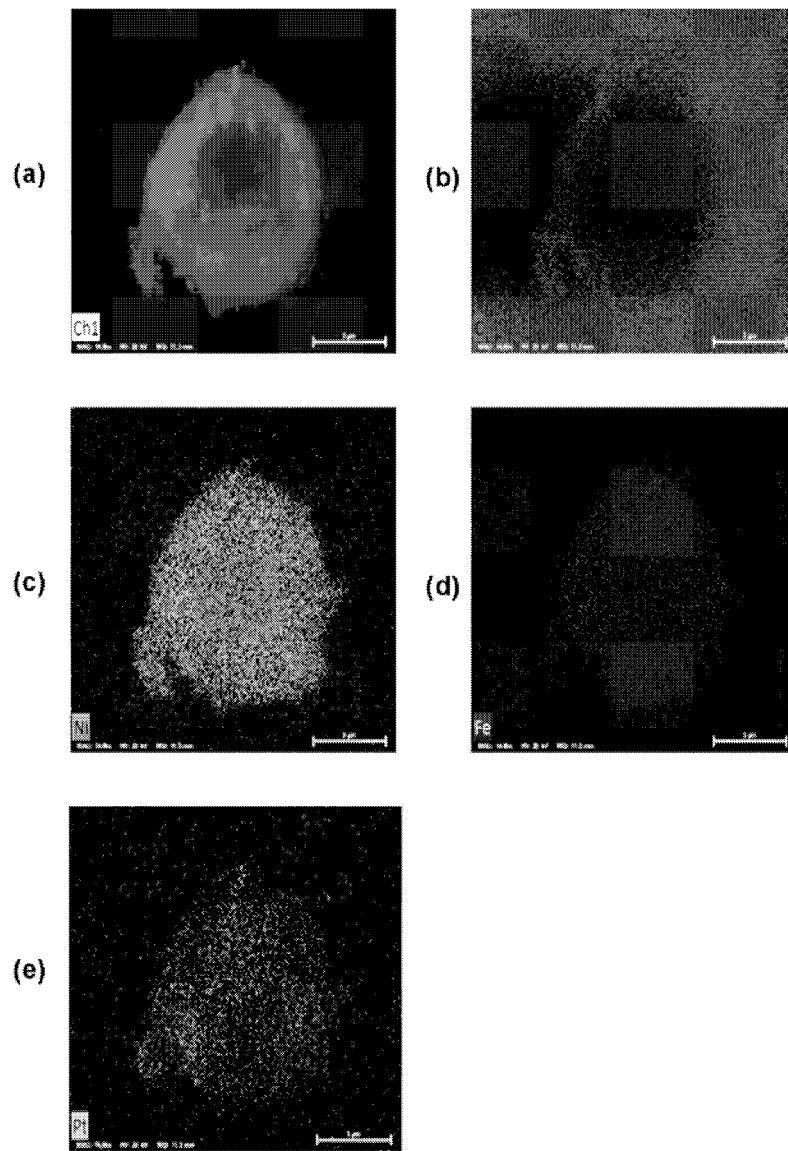
[Fig. 5]



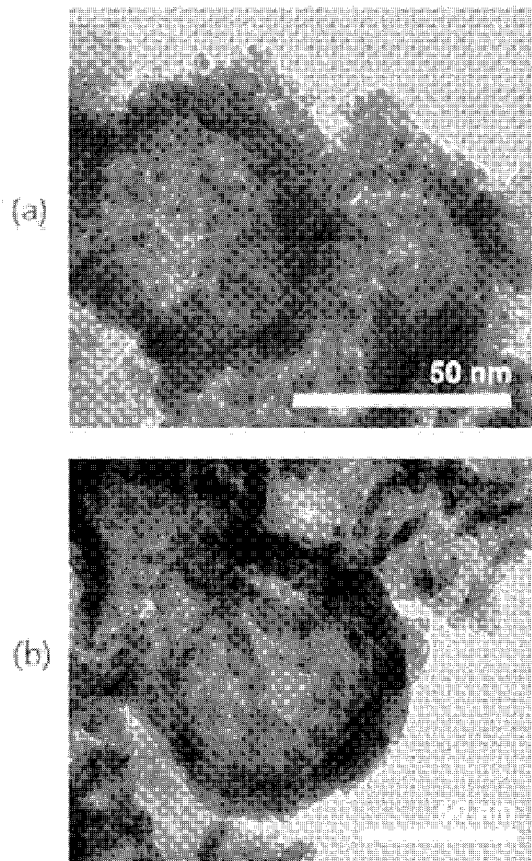
[Fig. 6]



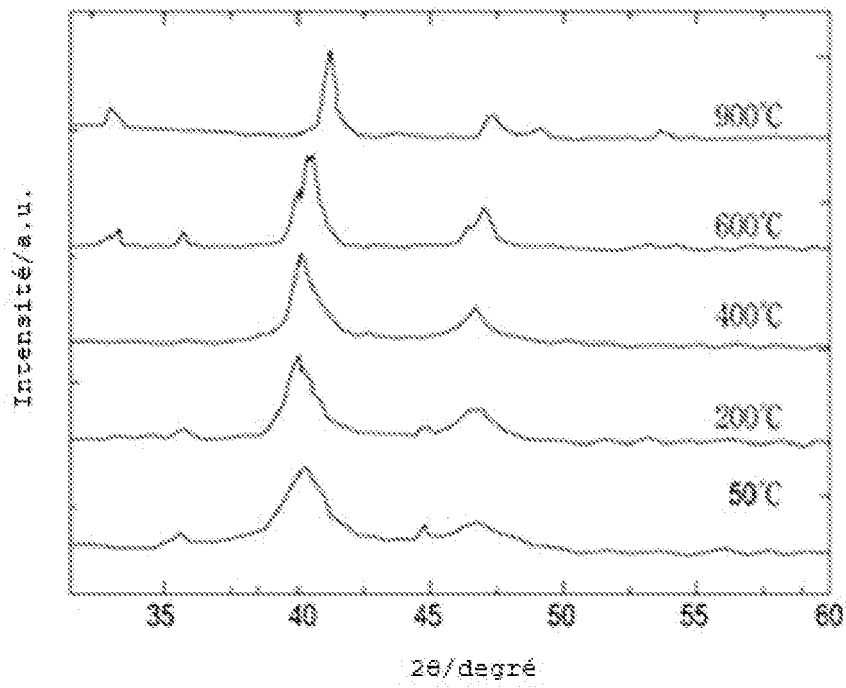
[Fig. 7]



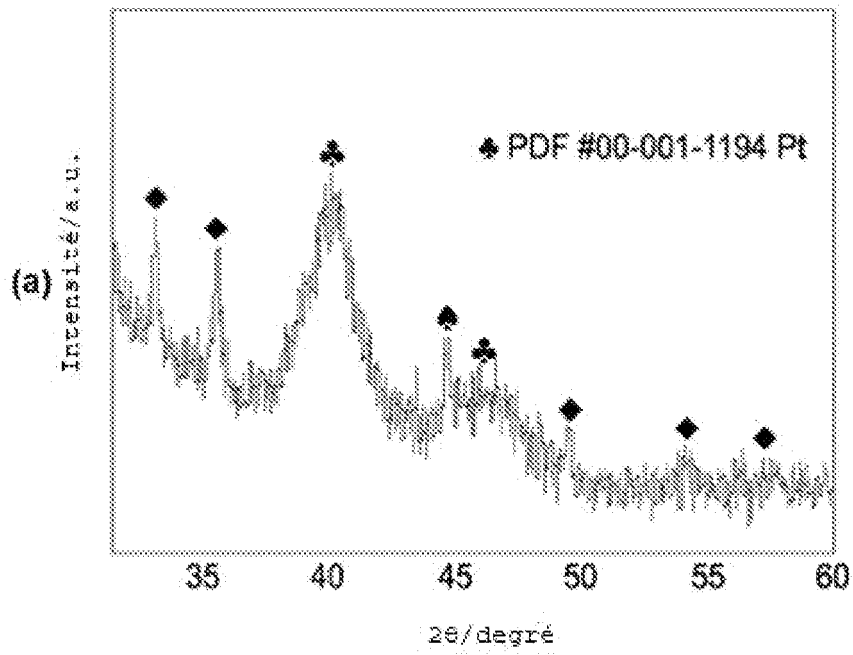
[Fig. 8]



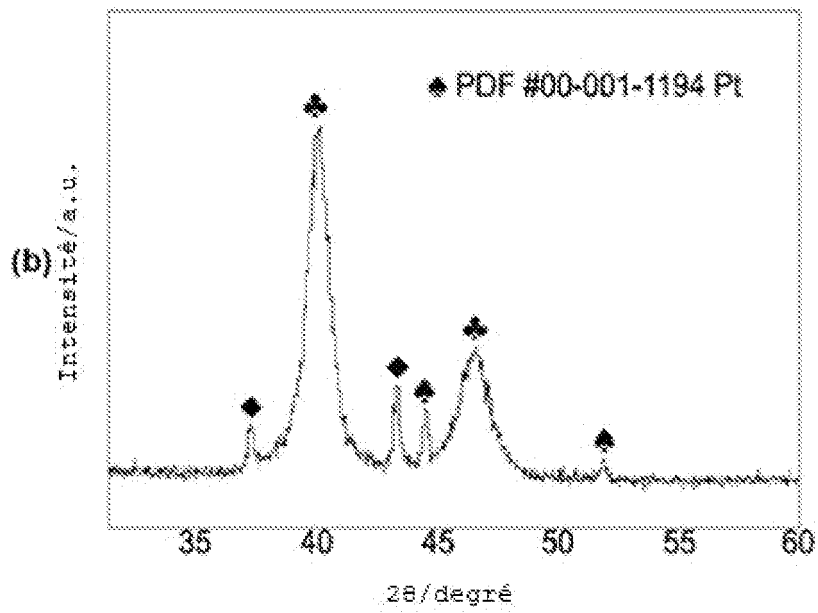
[Fig. 9]



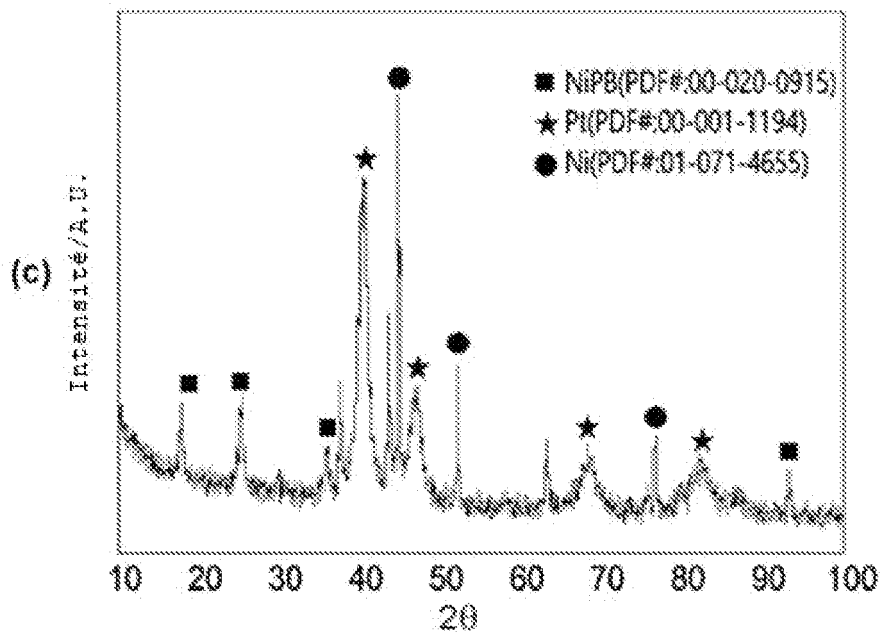
[Fig. 10]



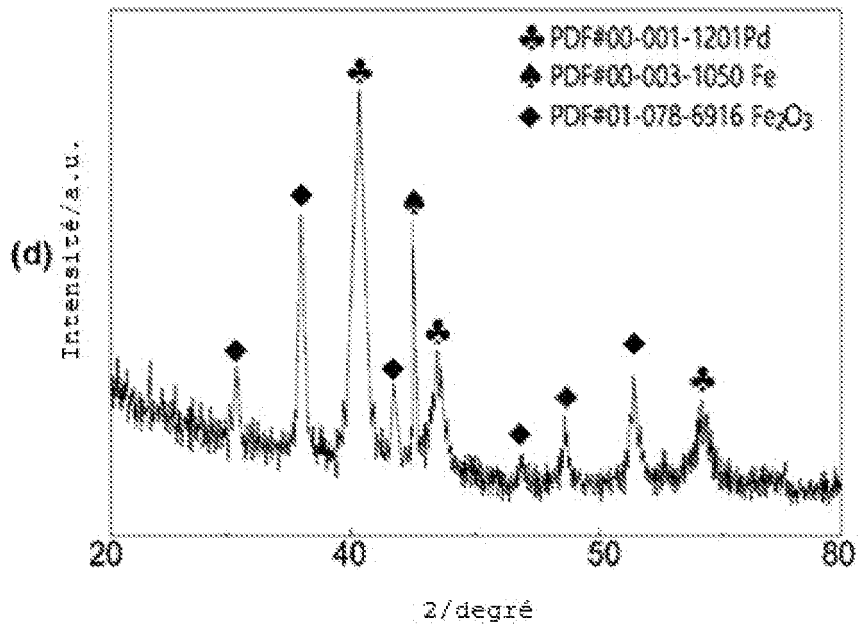
[Fig. 11]



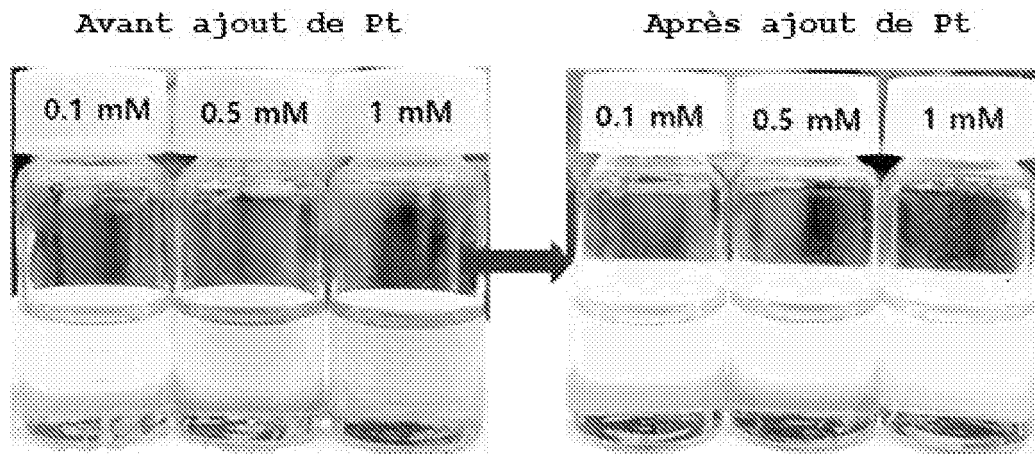
[Fig. 12]



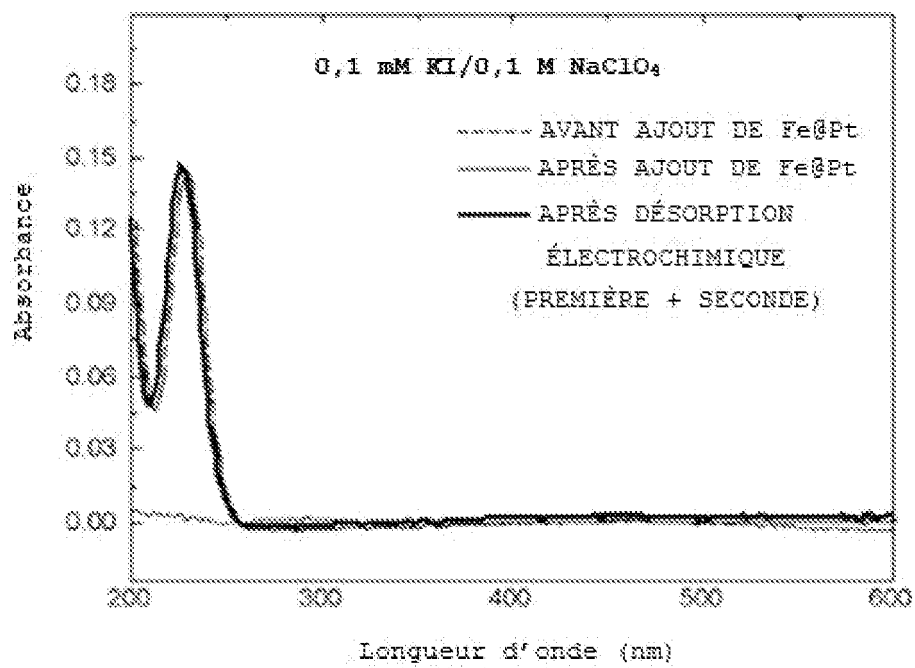
[Fig. 13]



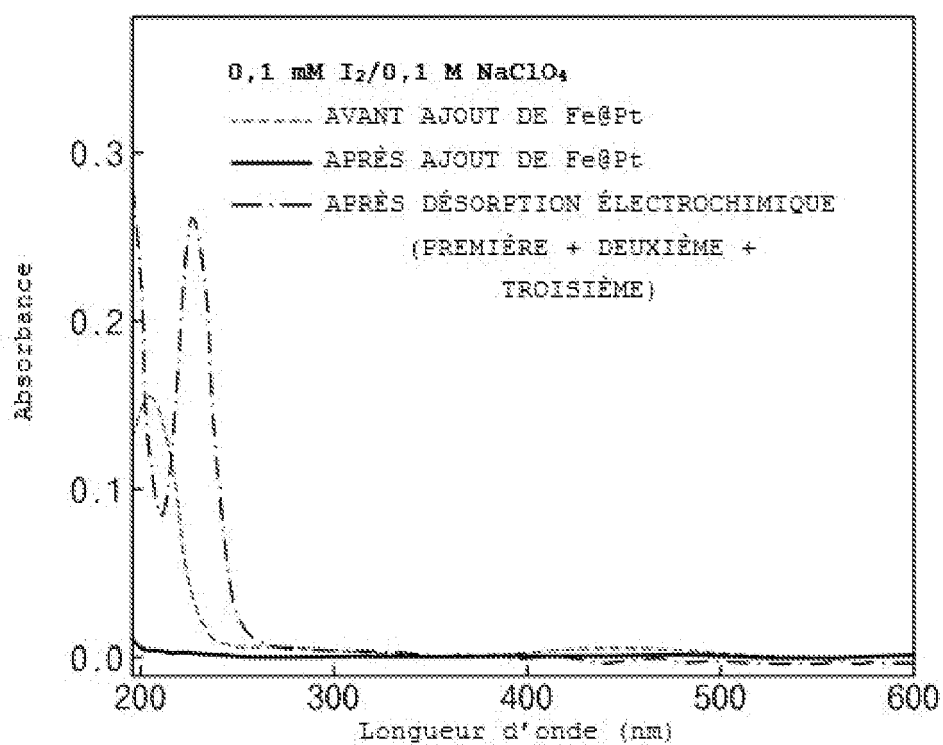
[Fig. 14]



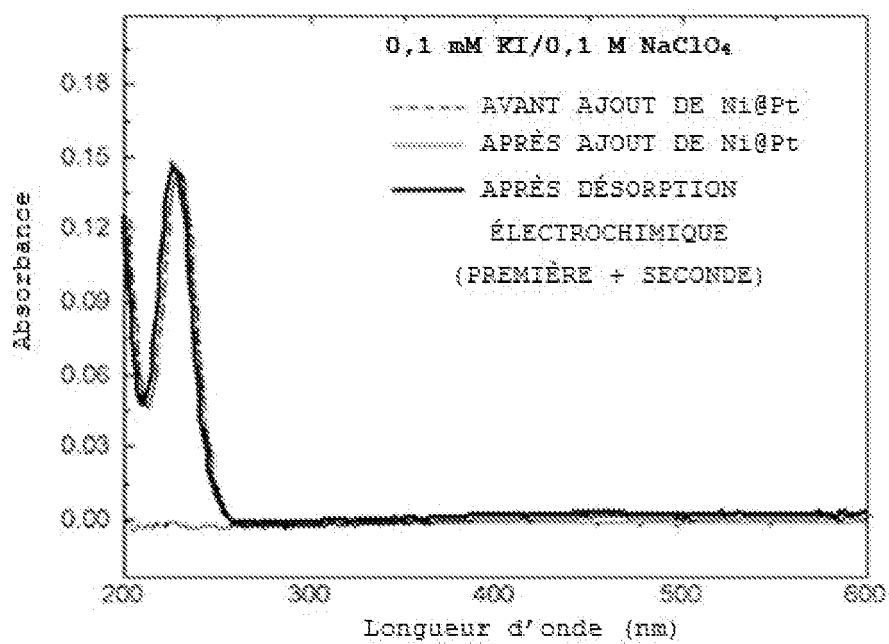
[Fig. 15]



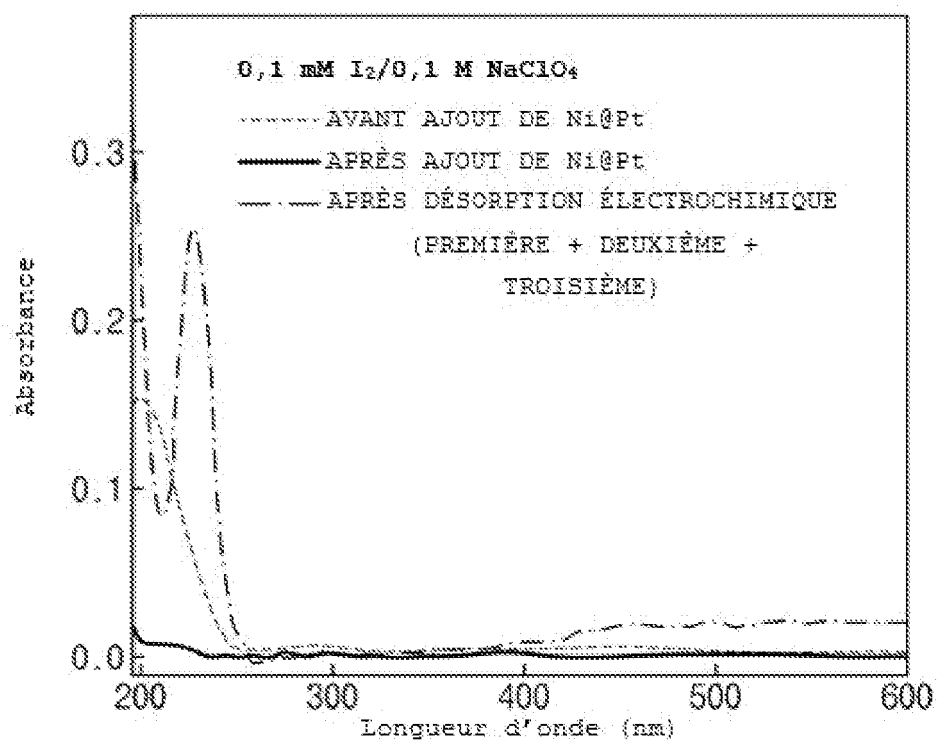
[Fig. 16]



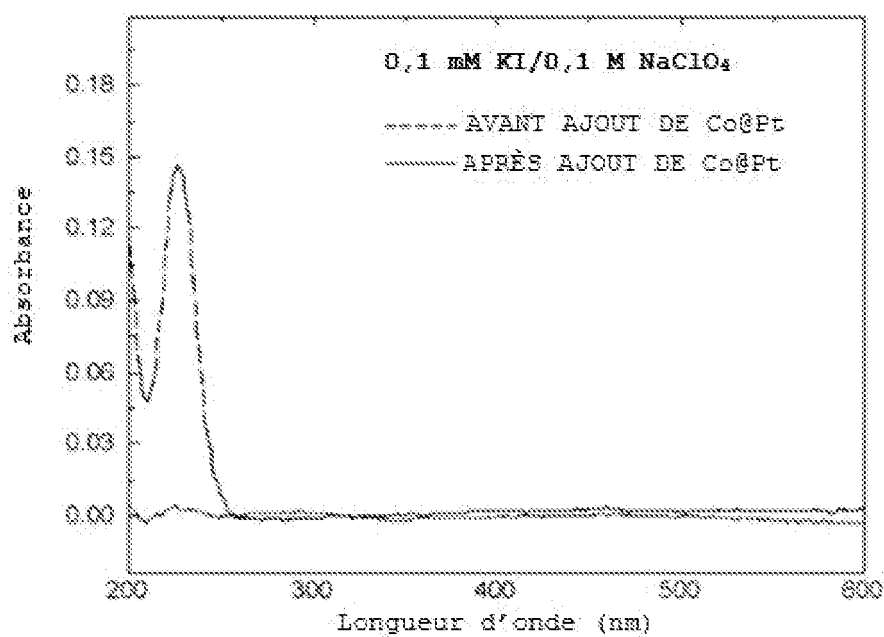
[Fig. 17]



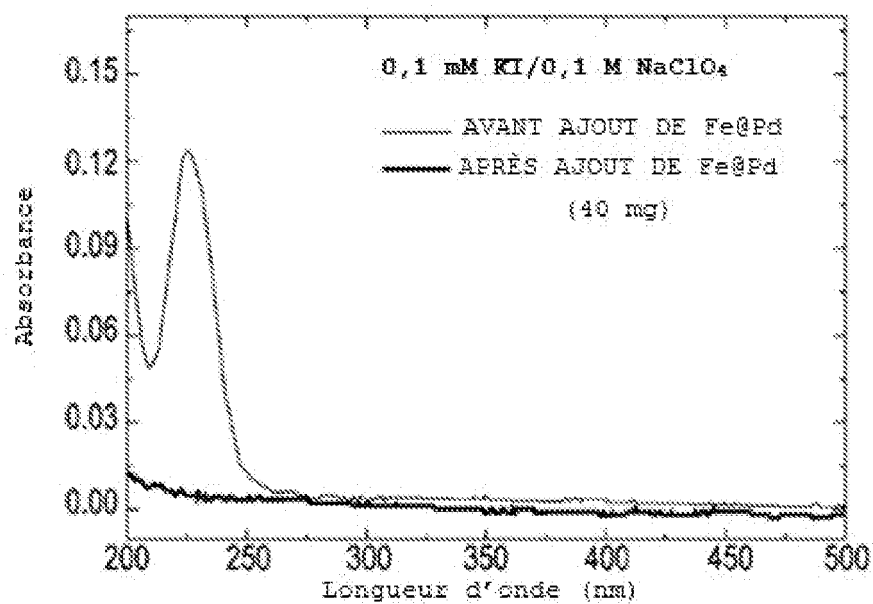
[Fig. 18]



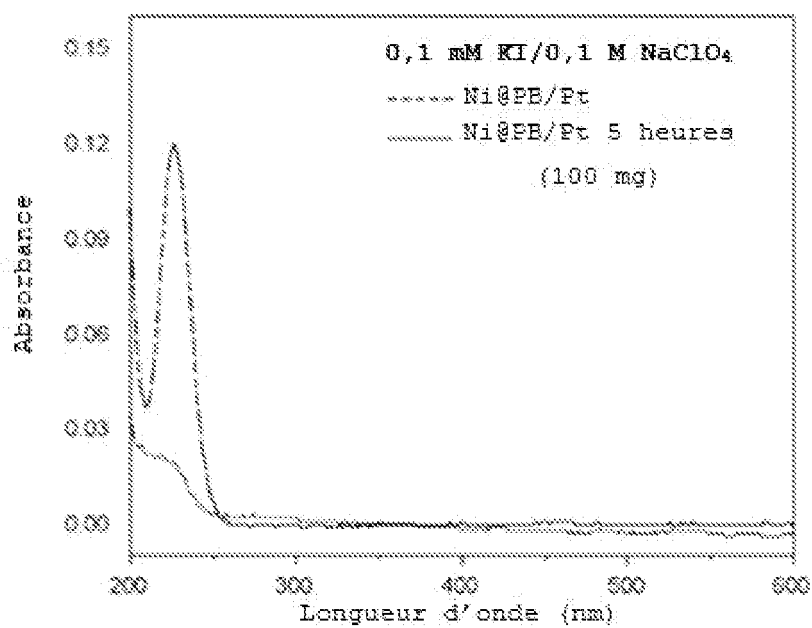
[Fig. 19]



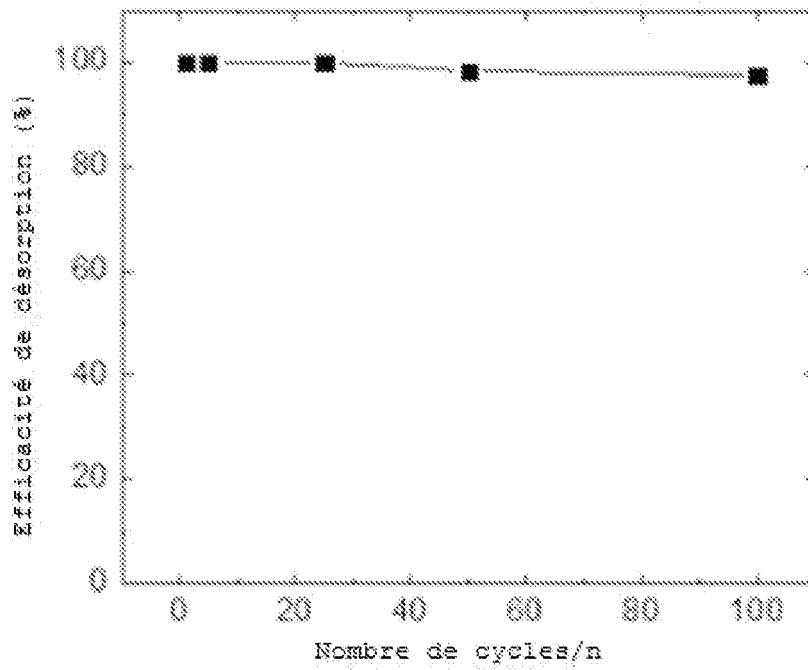
[Fig. 20]



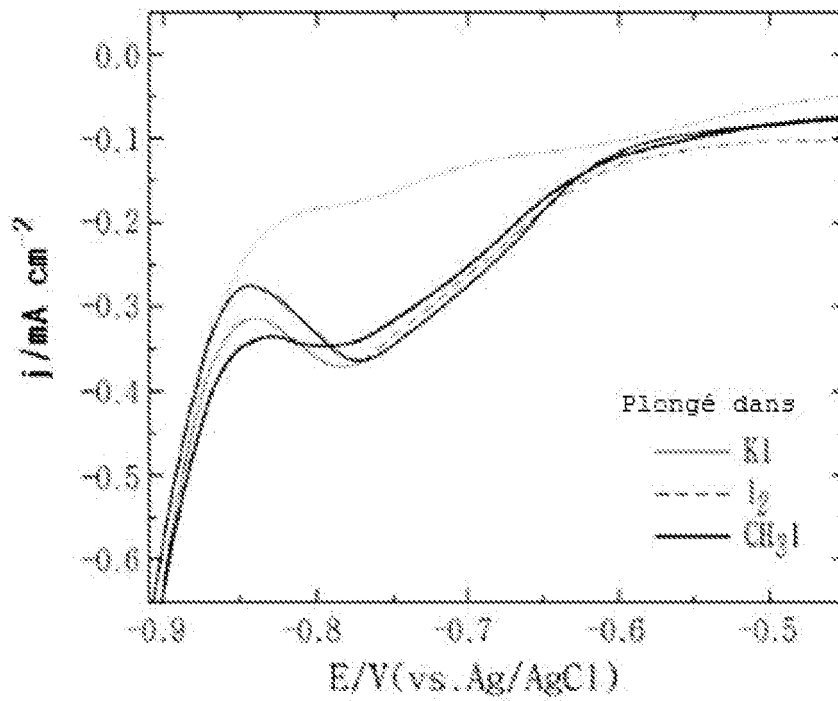
[Fig. 21]



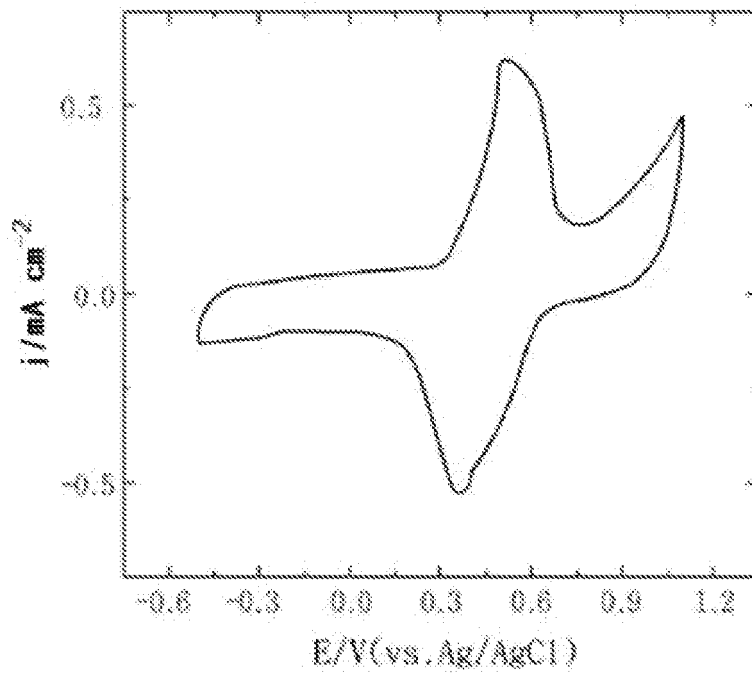
[Fig. 22]



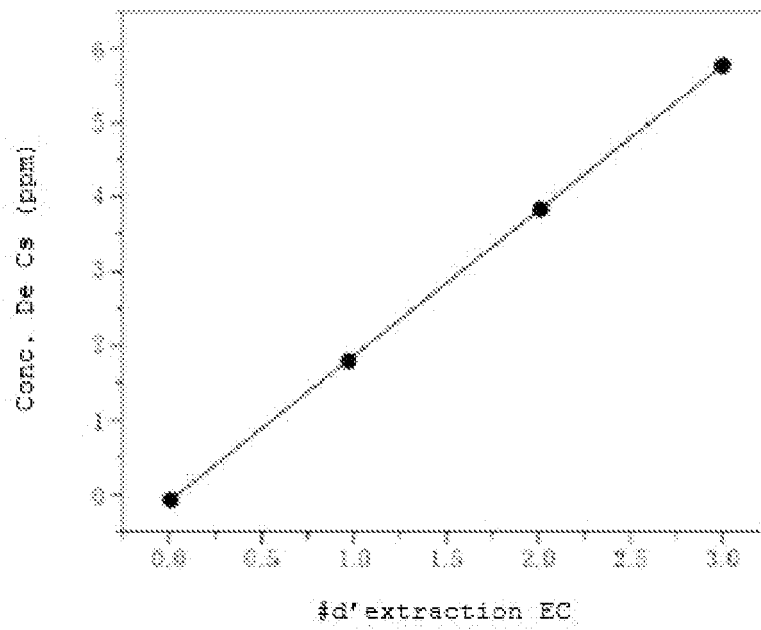
[Fig. 23]



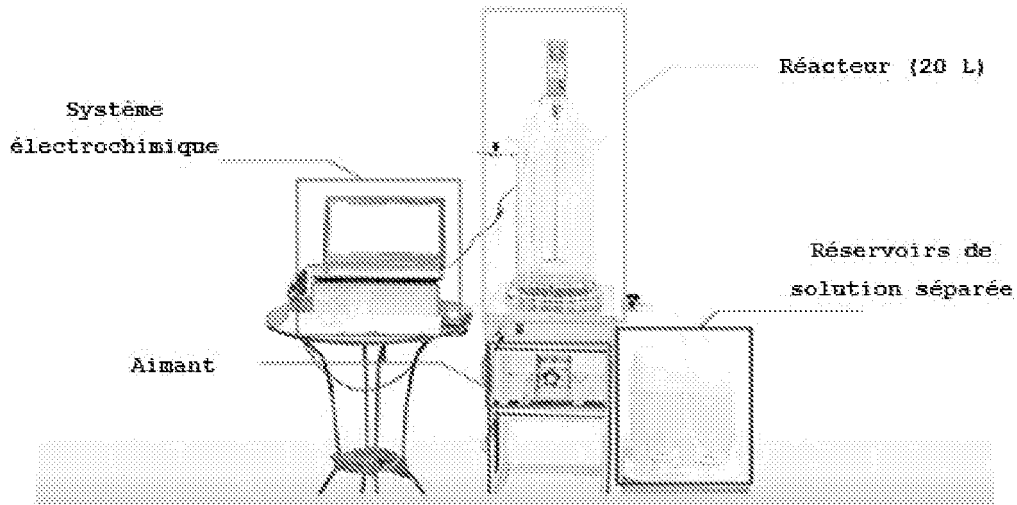
[Fig. 24]



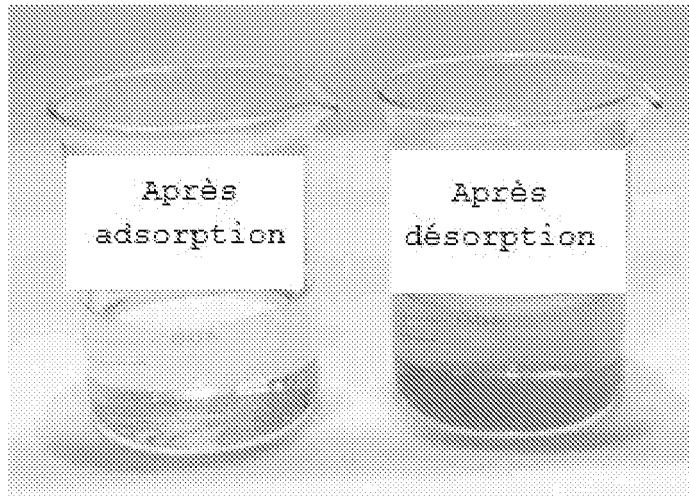
[Fig. 25]



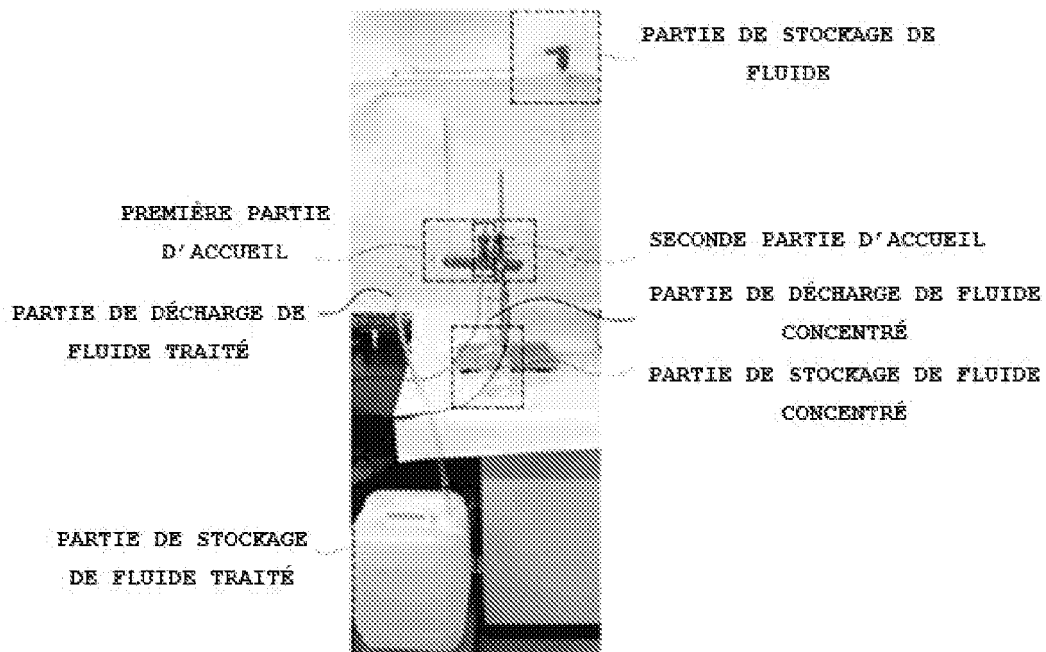
[Fig. 26]



[Fig. 27]



[Fig. 28]



[Fig. 29]

