

PREMIER MINISTRE
COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**UTILISATION DU RECU
POUR LA SEPARATION DES PRODUITS
DE FISSION DE L'URANIUM**

par

R. HENRY et C. HERCZEG

Rapport CEA No **1212**

1959

CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY
SERVICE DE DOCUMENTATION
Boite postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.-t.O.)

HENRY R., HERCZEG C.

Rapport CEA n° 1212

Utilisation du recul pour la séparation des produits de fission de l'uranium.

Sommaire. - Le parcours de recul des fragments de fission est en moyenne de 8 microns dans l' U_3O_8 . En prenant des suspensions d'oxyde d'uranium dont les particules, très diluées, ont des dimensions nettement inférieures à cette valeur (diamètre moyen 0,5 micron), on a pu étudier directement la réadsorption des produits de fission sur l'oxyde d'uranium.

Les résultats de séparation ont été étudiés en fonction de la nature du milieu d'irradiation (solide ou liquide) et du milieu de séparation, de la taille des particules d'oxyde et de leur concentration dans le milieu dispersant.

Les courbes de décroissance permettent de déterminer la perturbation apportée dans les mesures par le ^{239}Np qui rest en majorité dans les grains d' U_3O_8 .

On a déterminé enfin l'emplacement des produits de fission dans le cas des mélanges solides ; ils se trouvent toujours à l'intérieur des grains du milieu récepteur.

Les résultats obtenus permettent d'envisager la séparation rapide de produits de fission à période courte à partir d'un milieu débarrassé d'uranium.

1959

12 pages

HENRY R., HERCZEG C.

Report CEA n° 1212

The use of recoil for the separation of uranium fission products.

Summary. - The recoil distance of fission fragments in U_3O_8 is about 8 microns. By using highly diluted suspensions of uranium oxide particles having dimension much smaller than this figure (mean diameter 0,5 micron), we were able to study the reabsorption of fission products on uranium oxide.

Separation results have been studied as a function of the nature of the irradiation medium (solid or liquid) and the separation medium, of particle size and of concentration of particles in the dispersing medium.

Decay curves can be used to discriminate between ^{239}Np and mixed fission products. Most of the ^{239}Np is found in the U_3O_8 particles.

The location of fission products in solid dispersing media has been determined, fission products being found always inside the dispersing medium particles.

The results obtained can be applied to the rapid separation of short-lived fission products from a uranium-free starting material.

1959

12 pages

PREMIER MINISTRE
COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**UTILISATION DU RECU
POUR LA SEPARATION DES PRODUITS
DE FISSION DE L' URANIUM**

par

R. HENRY et C. HERCZEG

Rapport CEA No **1212**

1959

CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY
SERVICE DE DOCUMENTATION
Boîte postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.-et-O.)

Utilisation du recul pour la séparation des produits de fission de l'uranium

par R. HENRY et C. HERCZEG
Commissariat à l'Energie Atomique, France
Presented by C. HENRY

Résumé

Le parcours de recul des fragments de fission est en moyenne de 8 microns dans l' U_3O_8 . En prenant des suspensions d'oxyde d'uranium dont les particules, très diluées, ont des dimensions nettement inférieures à cette valeur (diamètre moyen 0,5 micron), on a pu étudier directement la réadsorption des produits de fission sur l'oxyde d'uranium.

Les résultats de séparation ont été étudiés en fonction de la nature du milieu d'irradiation (solide ou liquide) et du milieu de séparation, de la taille des particules d'oxyde et de leur concentration dans le milieu dispersant.

Les courbes de décroissance permettent de déterminer la perturbation apportée dans les mesures par le Np^{239} qui reste en majorité dans les grains d' U_3O_8 .

On a déterminé enfin l'emplacement des produits de fission dans le cas de mélanges solides: ils se trouvent toujours à l'intérieur des grains du milieu récepteur.

Les résultats obtenus permettent d'envisager la séparation rapide de produits de fission à période courte à partir d'un milieu débarrassé d'uranium.

INTRODUCTION

L'énergie libérée dans la fission se transmet aux fragments de l'atome d'uranium initial sous la forme d'une énergie cinétique telle que ceux-ci sont projetés très loin: le parcours moyen dépasse 1cm dans l'air, il est encore de 8 microns dans l'oxyde d'uranium U_3O_8 . Il est assez facile d'obtenir des particules d'oxyde d'uranium inférieures à 8 microns, et de les disperser dans un milieu inerte: on recueille les produits de fission dans ce milieu.

L'utilisation du recul pour la séparation des produits de fission de l'uranium a déjà été envisagée: Joliot (1), dans les premiers travaux sur la fission, a démontré l'existence du recul des fragments de fission; De Bruyn (2), en Hollande, a présenté au Congrès de Genève un projet de pile basé sur cette idée; Wolfgang (3), aux USA, a publié quelques résultats encourageants.

Nous avons essayé d'appliquer cette méthode à la séparation des produits de fission de période courte, afin de bénéficier de l'avantage présenté par l'élimination rapide de l'oxyde d'uranium.

D'après les résultats publiés par les auteurs cités ci-dessus, les difficultés doivent provenir de l'adsorption des produits de fission sur les grains d'oxyde. Nous avons donc essayé de déterminer les meilleures conditions de séparation, en modifiant successivement les facteurs pouvant influencer cette séparation.

Dans une première partie, nous avons étudié l'influence de la nature chimique du milieu dispersant et du milieu de séparation après irradiation: nous avons pu ensuite mettre au point une méthode pratique de préparation.

Pour simplifier les premiers travaux, les produits de fission ont été considérés dans leur ensemble, et le neptunium formé dans la réaction nucléaire:



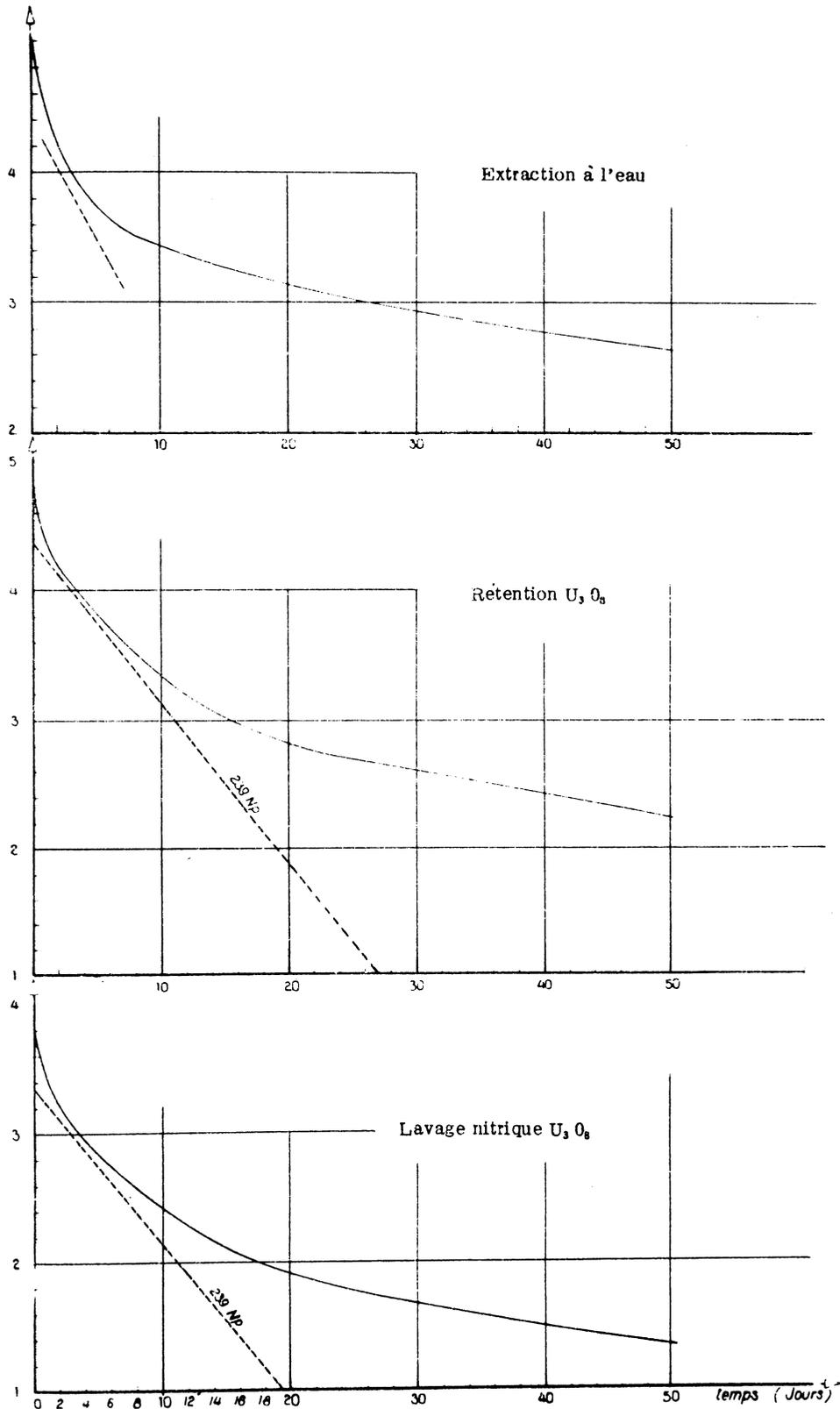


Fig. 1. Décroissance des différentes phases (Essai No. 10)

n'a pas été séparé. Nous avons pu ainsi aller beaucoup plus vite en effectuant des essais dont les résultats absolus n'avaient pas de sens réel mais qui étaient comparables entre eux grâce aux précautions prises pour que toutes les conditions d'irradiation et de séparation soient toujours identiques.

Nous avons fait, cependant, une estimation du Np^{239} à partir des courbes de décroissance établies sur les différentes phases d'un essai (Fig. 1). On admet que le neptunium se trouve uniquement dans l'oxyde d'uranium et l'acide de lavage; en effet, le recul des réactions (n, γ) est très faible (20-50 Å) et il est vraisemblable qu'une très petite partie seulement du neptunium sort des grains d'oxyde. Les courbes de décroissance citées plus haut font apparaître le neptunium dans l'oxyde d'uranium et l'acide de lavage, et non dans le milieu dispersant.

Tous nos essais ayant été mesurés après un temps de décroissance toujours identique ($9h30 \pm 20$ min.) et avec le même compteur G-M. les proportions de neptunium et des produits de fission de l'essai de la Fig. 1 sont, après le même temps de décroissance et dans les mêmes conditions de mesure:

oxyde d'uranium	neptunium: 19,3%
	prod. de fiss. 16,5
lavage nitrique	neptunium: 1,4
	prod. de fiss. 2,1
milieu récepteur	prod. de fiss. 60,7

Les conditions d'irradiation étant identiques pour tous les essais, nous admettons pour Np^{239} une proportion constante de 20%. Les rendements de séparation seront donnés après déduction de cette valeur.

I - ETUDE DES CONDITIONS CHIMIQUES DE SEPARATION

Nous savons déjà que les difficultés peuvent venir des phénomènes d'adsorption. Pour faciliter notre étude, nous avons choisi une dimension particulière de l'oxyde d'uranium suffisamment petite pour que la probabilité de rétention dans les grains d'oxyde soit très faible (Fig. 2a). Afin d'éviter la réintroduction dans un autre grain d'un atome de fission pendant son refroidissement, la dilution dans un milieu inerte est assez élevée: il y a 1% en volume d'oxyde d'uranium dans les mélanges irradiés. Pour la même raison, les milieux de dispersion sont des solides ou des gels. Dans les conditions où nous nous plaçons, le phénomène de recul devrait théoriquement donner 100% de séparation: les variations observées seront dues à d'autres causes.

Afin de pouvoir comparer efficacement nos résultats, les précautions suivantes sont prises: l'oxyde d'uranium utilisé est préparé par broyage et séparé par sédimentation pour obtenir une dimension à peu près constante. Tous les essais sont effectués avec 100 mg d'oxyde pris sur le même lot. Les irradiations ont eu une durée constante de $9 \pm \frac{1}{2}$ heures, et sont faites dans le même flux de neutrons: $\phi = 10^{14}$ n/cm²/s. Les mélanges sont traités 2h après la fin de l'irradiation par dissolution du milieu inerte dans ce que nous appellerons le milieu d'extraction. Après un lavage qui est joint au milieu d'extraction, l'oxyde d'uranium est dissous dans l'acide nitrique à chaud.

On mesure les rendements de séparation sur sources évaporées après addition de soude, avec l'aide d'un compteur G.M. ayant une fenêtre de 20 mg/cm². Ces mesures sont faites après 9 heures de décroissance. En respectant ces conditions, nos essais sont reproductibles à $\pm 3\%$.

Nous avons utilisé des milieux dispersants organiques et minéraux et des milieux d'extraction neutres ou acides.

Milieux de dispersion organiques (tableau 1)

Nous avons essayé successivement la paraffine, un gel de gélatine à 20%, l'acide ascorbique et l'acétate d'ammonium. La paraffine a été dissoute dans le benzène, les autres milieux dans l'acide nitrique 0,5 N. Avec la paraffine, complètement inerte vis à vis des produits de fission, sauf, probablement, l'iode, le rendement de séparation est bas (29%). Il est beaucoup plus élevé avec les milieux de dispersion offrant des possibilités d'association avec les cations de fission: la gélatine, l'acide ascorbique et l'acétate d'ammonium donnent tous trois un rendement de séparation voisin de 90%.

Milieux de dispersion minéraux

Nous avons essayé le carbonate et le nitrate d'ammonium: les essais 5 et 6 du tableau 1 indiquent un meilleur rendement avec le nitrate. Le milieu d'extraction est l'eau distillée. Avec l'acide nitrique 0,5 N (essai 8) qui limite l'adsorption, la séparation est accrue de 18% mais nous sommes encore 15% en-dessous des séparations en milieu organique.

Ainsi, le rendement de séparation est influencé par la nature chimique du milieu de dispersion: les milieux présentant des possibilités de formation de composés chimiques avec les produits de fission donnent un meilleur rendement de séparation. Cet avantage devient un inconvénient quand on désire séparer les produits de fission entre eux. A ce moment, on a intérêt à avoir un milieu de dispersion aussi inerte que possible.

Pour cette raison, et aussi à cause de la dégradation rapide des matières organiques sous irradiation, le nitrate d'ammonium a été préféré. On a étudié alors l'influence de paramètres secondaires sur le rendement de séparation:

- présence d'eau dans le milieu d'irradiation: aucune influence (essais 6-7 et 8-9).
- présence des agents complexants sous irradiation (essai 10).

D'après les résultats obtenus en milieu organique, on peut espérer trouver un meilleur rendement: avec 1% d'acide EDTA, il y a une nette amélioration par extraction à l'eau: on obtient une valeur identique à une irradiation simple suivie d'une dissolution dans HNO_3 0,5 N. Le complexant n'a pas un rôle plus important que l'acide nitrique. Ceci peut s'expliquer par l'existence de réactions chimiques des atomes en fin de refroidissement: l'augmentation du rendement dans les milieux organiques peut être dû à des réactions des atomes "chauds" avec les molécules organiques. Ce type de réaction est rarement possible dans le mélange à 1% d'EDTA à cause de la faible concentration de ce dernier. A la mise en solution, il y a compétition entre la formation du complexe et l'adsorption sur l'oxyde.

Lavage par solvants organiques (essais 11-12)

Il est intéressant de savoir si la rétention a lieu durant l'irradiation ou lors de la mise en solution: le mélange irradié est lavé d'abord avec des solvants organiques, puis avec des solutions organiques de complexants. La radioactivité ainsi récupérée est très faible, de l'ordre de 1%, tout se retrouve dans la solution de dissolution de NH_4NO_3 . Il semble donc que les produits de la rétention sont dans les cristaux de nitrate d'ammonium avec les produits de fission séparables: ils se fixent sur l'oxyde d'uranium au moment de l'extraction, mais ils ont acquis auparavant les formes chimiques qui sont la cause de cette fixation.

II - DETERMINATION PRATIQUE DES CONDITIONS DE SEPARATION

Pour que la méthode puisse être utilisée comme moyen de séparation des produits de fission, il était nécessaire de la mettre en oeuvre d'une manière simple.

Nous avons effectué des broyages sur les mélanges d'oxyde d'uranium et de nitrate d'ammonium, et nous avons utilisé directement les produits obtenus. Ces mélanges présentent certainement une dispersion meilleure que les mélanges faits précédemment, malgré toutes les précautions prises. La taille des grains d'oxyde est irrégulière mais suffisamment fine (Fig. 2b).



Fig. 2b. U_3O_8 broyé ayant servi aux essais du tableau 11.

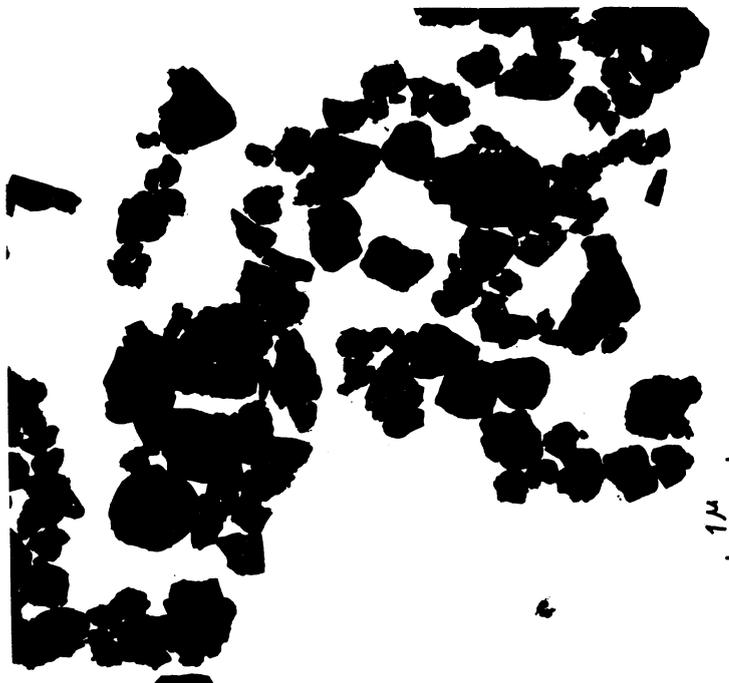


Fig. 2a. U_3O_8 broyé et sédimenté ayant servi aux essais du tableau 1.

TABLEAU I.
Séparation des produits de fission dans différents milieux.
U₃O₈ : 100 mg. dimension environ 0,5 micron.

Durée d'irradiation: 9 ± ½h. Flux $\Phi = 10^{14}$ n/cm²/s.

Essai N°	Milieu d'irradiation	Milieu d'extraction	Séparation PF %
1	5 ml. paraffine	Benzène	29
2	5 ml. gélatine 30%	NO ₂ HO, 5N	86
3	2,5 g acide ascorbique + 1 ml. OH ₂	"	89
4	2,5 g CH ₃ CO ₂ NH ₄ + 0,25 ml. OH ₂	"	90
5	500 mg CO ₃ (NH ₄) ₂	OH ₂	48
6	2,5 g NO ₃ NH ₄	OH ₂	57
7	2,5 g NO ₃ NH ₄ + 0,5 ml. OH ₂	OH ₂	57
8	2,5 g NO ₃ NH ₄	NO ₂ H 0,5 N	75
9	2,5 g NO ₃ NH ₄ + 0,5 ml. OH ₂	"	73
10	2,5 g NO ₃ NH ₄ + 25 mg EDTA + 0,5 ml. OH ₂	OH ₂ puis NO ₂ H	75
11	2,5 g NO ₃ NH ₄	Ether anhydre Ether + acide citrique 2% OH ₂ + acide citrique 2%	4 0,7 0,4 79
12	2,5 g NO ₃ NH ₄	Benzène Benzène + dithizone OH ₂ + acide citrique 2%	1,1 0,1 71

TABLEAU II.

Essai avec U_3O_8 broyé (100 mg)
 Durée d'irradiation $9 \pm \frac{1}{2}h.$
 Flux $\Phi = 10^{14}n/cm^2/s$
 Résultats reproductibles à $\pm 3\%$.

Essai N°	Milieu d'irradiation	Milieu d'extraction	Extraction %
13	2,5 NO_3NH_4 Broyage 1 h	OH_2	77
14	2,5 g NO_3NH_4 Broyage 3 h	OH_2	70
15	2,5 g NO_3NH_4 Broyage 1 h	NO_3H 0,5 N	86
16	2,5 g NO_3NH_4 Broyage 3 h	"	93
17	2,5 g NO_3NH_4 U_3O_8 naturel	"	56
18	0,5 g NO_3NH_4 Broyage 1 h	"	74
19	1 g NO_3NH_4 Broyage 1 h	"	81
20	2,5 g NO_3NH_4 Broyage 1 h	Acide citrique 2%	86

Divers essais ont été effectués portant sur la durée de broyage, la nature du milieu d'extraction et les proportions d'oxyde et de nitrate.

- des broyages de 1h et 3h, au broyeur à billes, ont donné des résultats assez surprenants: le rendement de séparation est meilleur dans les extractions à l'eau pour les broyages les plus courts. Il y a certainement augmentation de la rétention par augmentation de la surface des grains d' U_3O_8 .

- effectivement, dans les séparations utilisant HNO_3 0,5 N, les résultats sont inversés, le broyage le plus long donnant le chiffre d'extraction le plus élevé. Dans les deux cas, elle augmente nettement.

- les proportions d'oxyde ne peuvent guère être augmentées dans ce mélange. Après les mélanges à 4% (en poids) des essais précédents, nous avons essayé des mélanges à 10 et 20%. Les rendements baissent chaque fois de 5% environ (essais 18-19).

- en utilisant l'acide nitrique dilué, on solubilise une petite partie de l'uranium à cause de la présence de très fines particules, surtout après 3 heures de broyage, qui se prêtent à une attaque rapide. Afin de vérifier l'absence d'influence de cette solubilisation sur le rendement, nous avons effectué un essai en utilisant l'acide citrique dilué (No.20). Le rendement reste constant dans le cas d'un broyage de 1h.

En fait, si l'on observe un meilleur rendement de séparation avec les produits de broyage bruts qu'avec les mélanges du tableau 1, il faut certainement l'attribuer à une dispersion meilleure de l'oxyde dans le nitrate.

DISCUSSION

Il serait intéressant de savoir quels sont les produits de fission responsables de la rétention, et pour quelle raison ils se fixent sur l'oxyde d'uranium.

Afin de répondre à la première question, nous avons séparé quelques produits de fission: après une irradiation d'un mélange à 4% d'oxyde d'uranium dans le nitrate d'ammonium, on a séparé sur les deux phases (solution nitrique du nitrate, et dissolution nitrique de U_3O_8) les éléments suivants: iode, tellure, terres rares, strontium, baryum.

On obtient les rétentions suivantes:

Iode	53%
Tellure	12,2
Terres Rares	11,7
Baryum	3,9
Strontium	2,9

Ces produits de fission représentent au moment de la mesure, après 7 jours de décroissance, 70% de l'activité totale, si on compte avec eux les produits de filiation qui se sont formés entre le moment de la séparation et celui de la mesure.

On a fait une analyse du spectre d'énergie gamma. Dans la fraction de l'iode, on retrouve les énergies, de I^{131} T^{132} et Xe^{133} . Dans la fraction du tellure, on retrouve Te^{132} et I^{132} .

Ainsi, les anions, l'iode surtout et le tellure forment une grande part de la rétention, les terres rares représentant le reste. En effet, le rendement global de séparation est de 85%, et les fractions de rétention des éléments ci-dessus forment 15% de l'activité totale.

Les causes de la rétention peuvent être multiples. Nous ignorons d'abord quelle forme chimique prennent les éléments donnant lieu à la rétention. Les fragments de fission sont très fortement ionisés lors de leur formation: ils portent une charge +5 ou +6 selon la masse. Cette charge est probablement neutralisée au moins en partie, en fin de refroidissement. Quand l'atome a perdu la plus grande partie de son énergie, il reste prisonnier d'une "cage" où ont lieu un grand nombre de chocs. Le volume cristallin entourant l'atome en fin de parcours est ainsi très fortement perturbé, et le produit de fission refroidi peut réagir avec les atomes ou les ions excités (4).

Il n'est pas certain que l'état chimique ainsi acquis soit stable et définitif. Des réactions peuvent se produire à la mise en solution, soit avec le solvant si l'atome est encore ionisé, soit avec d'autres ions et molécules.

D'après les résultats présentés dans la première partie, nous savons que les produits de la rétention semblent se trouver dans la phase nitrate jusqu'à la dissolution, mais qu'ils possèdent déjà un état chimique conduisant à la rétention. La baisse de la rétention dans les milieux organiques peut s'expliquer par une réaction entre l'iode radioactif "chaud" et les molécules organiques; l'influence nulle de l'addition d'un complexant au nitrate pendant l'irradiation est alors compréhensible.

L'explication de la rétention nécessite d'autres essais: on a effectué une étude de la rétention de l'iode, qui présente la valeur la plus élevée, en fonction de l'addition d'iode entraîneur avant et après irradiation. (Tableau III)

Nous observons dans tous les cas une rétention fortement diminuée: l'influence de l'addition d'iode après irradiation indique le rôle important de l'adsorption de l'iode radioactif sur l'oxyde d'uranium lors de la solubilisation du nitrate. L'augmentation de la rétention avec des quantités croissantes d'iodure peut être due à la diminution de la solubilité d'un iodure insoluble (Ru, Rh, Pd, Ag,). L'essai 8, tableau III, où l'on a ajouté des ions Ag⁺ avant irradiation indique bien que la formation d'un composé insoluble à l'état de trace peut jouer un rôle dans la rétention de l'iode.

L'état de surface de l'oxyde d'uranium doit également être considéré: par chauffage, avant irradiation, du mélange étudié au dessus de 100°C. pendant quelques minutes, on diminue de 53 à 23% la rétention de l'iode. Le broyage donne en effet des surfaces nouvelles particulièrement actives. Nous avons gardé ces surfaces pour tous nos essais car il est probable qu'un nombre suffisant de fissions les renouvelle en grande partie.

L'étude de la variation de la rétention en fonction de l'addition d'iode entraîneur avant irradiation nous donne une indication sur les réactions chimiques ayant lieu durant le recul: la relation observée entre la diminution de la rétention et l'augmentation de "scavenger" s'explique en effet facilement par l'existence de réactions chaudes entre l'iode de recul et l'iode entraîneur. De nouvelles recherches doivent nous fournir les éléments nécessaires

TABLEAU III

Essai avec U₃O₈ broyé. Durée d'irradiation 9 ± ½ h. Flux 10¹¹ n/cm² s. Mesures effectuées après 7 jours de décroissance.

Essai No.	% Rétention iode: dans U ₃ O ₈	Conditions d'irradiation
1	53.0	mélange 100mg U ₃ O ₈ + 2,5 NH ₄ NO ₃ traitement classique.
2	8.8	addition de 2,5 mg I ⁻ (NI ₄) avant irradiation.
	4.3	addition de 25 mg I ⁻ avant irradiation.
	4.0	addition de 250 mg I ⁻ avant irradiation.
	7.8	addition de 2,5 mg I ⁻ après irradiation.
	10.9	addition de 25 mg I ⁻ après irradiation.
7	21.8	addition de 250 mg I ⁻ après irradiation.
8	80.7	addition de 2,5 mg Ag ⁺ avant irradiation.

pour préciser si la baisse de rétention observée est due à des réactions chaudes conduisant à un état chimique différent de I^{131} , ou à une compétition avec des réactions chaudes entre l'iode radioactif et d'autres produits de fission.

Nous remercions Mlle. G. Oelsner pour la contribution très importante qu'elle a apportée à la dernière partie de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

1. Joliot F., "Preuve expérimentale de la rupture explosive des noyaux d'uranium et de thorium sous l'action des neutrons". *C.R. Acad.Sci. (Paris)* 208 (1939) 341-343.
"Sur une méthode physique d'extraction des radio-éléments de bipartition des atomes lourds et mise en évidence d'un radiopraséodyme de période de 13 jours". *C.R. Acad.Sci. (Paris)* 218 (1944) 733-735.
2. De Bruyn H., Schee
B.L.A. v.d., Went J.J., "Power reactors fuelled with "dry" suspensions of uranium oxide". *Geneve P/938* (1955) 141-145 et 174.
3. Wolfgang R., "Nuclear recoil as a means of fission product separation". *J. Inorg. Nucl. Chem.* 2, 3 (1956) 180-183.
4. Libby W.F., "Chemistry of energetic atoms produced by nuclear reactions". *J. Am. Chem. Soc.* 69, 10 (1947) 2523.

ABSTRACT

The recoil distance of fission fragments in U_3O_8 is about 8 microns.

By using highly diluted suspensions of uranium oxide particles having dimension much smaller than this figure (mean diameter 0,5 micron), we were able to study the readsorption of fission products on uranium oxide.

Separation results have been studied as a function of the nature of the irradiation medium (solid or liquid) and the separation medium, of particle size and of concentration of particles in the dispersing medium.

Decay curves can be used to discriminate between Np^{239} and mixed fission products. Most of the Np^{239} is found in the U_3O_8 particles.

The location of fission products in solid dispersing media has been determined, fission products being found always inside the dispersing medium particles.

The results obtained can be applied to the rapid separation of short-lived fission products from a uranium-free starting material.

RESUMEN

En el U_3O_8 el recorrido de retroceso de los fragmentos de la fisión es un promedio de 8 micras. Se han utilizado suspensiones de óxido de uranio mucho más finas (0,5 micras) y muy diluidas, de tal manera que se ha podido estudiar directamente la readsorción de los productos de fisión sobre el óxido de uranio.

Los resultados de la separación han sido estudiados en función de la naturaleza del medio de irradiación (sólido o líquido) y del medio de separación, de las dimensiones de las partículas de óxido y de su concentración en el medio dispersor.

Las curvas de decrecimiento permiten determinar la perturbación inducida en las medidas por el Np^{239} que queda en su mayoría en los granos del U_3O_8 .

Se ha determinado finalmente la localización de los productos de fisión en el caso de mezclas sólidas: se encuentran siempre en el interior de los granos del medio receptor.

Los resultados obtenidos permiten considerar la posibilidad de la separación rápida de los productos de fisión de corto período a partir de un medio desprovisto de uranio.

DISCUSSION

W.F. LIBBY (U.S.A.): Do your lowest retentions agree with the value calculated from the theoretical range of the fission product atoms in the solid U_3O_8 and the particle size of the U_3O_8 ?

REPONSE: Nous n'avons pas fait de calculs sur la probabilité de rétention des produits de fission dans les grains d'oxyde d'uranium étudiés. D'après les chiffres moyens du recul et de la dimension des particules, il semble que la rétention théorique soit toujours beaucoup plus faible que les rétentions expérimentales trouvées par nous.

F.S. ROWLAND (U.S.A.): As you know, in the experiments of Wolfgang, 99% or more of the fission products were separated from uranium oxide suspended in gelatin. Your gelatin experiment showed a separation efficiency of only 86%. Do you have an explanation for the higher efficiency found in Wolfgang's experiments?

REPONSE: Je pense que les expériences de M. Wolfgang et les nôtres sont à peu près identiques, sauf pour les résultats indiqués. Il faut rappeler que les irradiations faites par Wolfgang sont plus courtes (1 minute) alors que les nôtres durent 8 heures. Il est probable que cette différence dans les irradiations peut expliquer la différence observée dans les résultats. Il peut se passer des réactions extrêmement différentes pour les irradiations de 8 heures.

J. GUERON (France): Les résultats présentés combinent, comme l'indiquent les auteurs, l'effet prismatique du recul avec des réactions qui se produisent au moment de la dissolution du solide diluant. Les auteurs ont-ils fait, ou peuvent-ils faire, des essais dans lesquels l'oxyde d'uranium serait séparé du solide excipient par lévigation dans des liquides ou tous deux seraient pratiquement insolubles?

REPONSE: Nous avons déjà tenté d'effectuer des séparations de deux solides (oxyde d'uranium avec charbon ou alumine) mais nous nous sommes heurtés jusqu'à présent à des difficultés d'ordre technique. Nous retenons la suggestion de M. Guéron sur l'utilité de telles séparations pour connaître le phénomène primaire du recul de fission.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТДАЧИ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ
ДЕЛЕНИЯ УРАНА

Генри и Герцег

Пробег продуктов деления вследствие отдачи в U_3O_8 в среднем составляет 8 микрон. Брали суспензии окиси урана, очень мелкие (0,5 мк) и очень разбавленные, таким образом, чтобы можно было непосредственно изучать реадсорбцию продуктов деления на окиси урана.

Были изучены результаты распределения в зависимости от среды, в которой происходило излучение (твердое тело или жидкость), и среды разделения, величины частиц окиси и их концентрации в эмульсии.

Кривые убывания позволяют определить нарушения, вносимые Np^{239} , который в основном остается в зернах U_3O_8 .

Наконец, определили расположение продуктов деления в случае твердых смесей: они всегда располагаются внутри зерен воспринимающей среды.

Полученные результаты позволяют наблюдать быстрое разделение продуктов деления за короткий период при выходе из среды, освобожденной от урана.