



Sur les radioéléments formés dans l'uranium irradié par les neutrons

Irène Curie, P. Savitch

► **To cite this version:**

Irène Curie, P. Savitch. Sur les radioéléments formés dans l'uranium irradié par les neutrons. *J. Phys. Radium*, 1937, 8 (10), pp.385-387. <10.1051/jphysrad:01937008010038500>. <jpa-00233530>

HAL Id: jpa-00233530

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00233530>

Submitted on 1 Jan 1937

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LE JOURNAL DE PHYSIQUE

ET

LE RADIUM

SUR LES RADIOÉLÉMENTS FORMÉS DANS L'URANIUM IRRADIÉ PAR LES NEUTRONS

Par IRÈNE CURIE et P. SAVITCH.

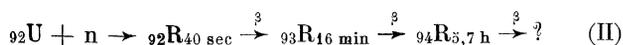
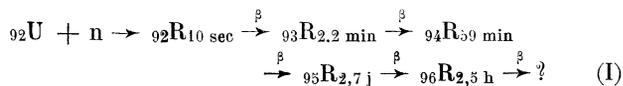
Sommaire. — Des travaux récents ont établi la formation dans l'uranium irradié de neuf radioéléments interprétés comme constituant trois séries de corps isomères dérivant de l'uranium après capture d'un neutron. Les auteurs montrent qu'il existe un autre processus (capture d'un neutron et expulsion d'une particule α probablement), donnant un radioélément de période 3,5 h, isotope du thorium.

D'autre part, l'étude de l'absorption du rayonnement β de plusieurs radioéléments indique pour ces rayons une énergie particulièrement grande que l'on suppose supérieure à 6×10^6 eV.

Fermi et ses collaborateurs ⁽¹⁾ ont montré que l'on peut obtenir, en irradiant l'uranium avec des neutrons, des radioéléments de nombre atomique supérieur à 92. Par la suite, O. Hahn, L. Meitner et F. Strassmann ont publié des travaux étendus établissant l'existence de neuf radioéléments formés dans l'uranium et décrivant leurs propriétés chimiques ⁽²⁾.

Après plusieurs tentatives d'interprétation, ces auteurs proposent le schéma suivant : les radioéléments produits dans l'uranium constituent trois séries de noyaux isomères (c'est-à-dire isotopes et isobares) dérivant de trois isomères formés par capture du neutron dans le noyau d'uranium. Les processus (I) et (II) sont produits par les neutrons lents et par les neutrons rapides, le processus (III), seulement par les neutrons lents. La filiation des radioéléments est déduite de considérations physiques et des analogies chimiques des radioéléments avec le rhénium ou l'osmium, homologues inférieurs des corps de nombre atomique 93 et 94.

Voici ces 3 processus; nous désignerons par R chaque radioélément en portant en indice la période et le nombre atomique présumé :



⁽¹⁾ FERMI, RASSETTI et D'AGOSTINO. *Ric. Sc.*, 1934, 4, p. 542.

⁽²⁾ O. HAHN, L. MEITNER et F. STRASSMANN. *Chem. Ber.*, 1937, 70, p. 1374. — L. MEITNER, O. HAHN et F. STRASSMANN. *Z. f. Physik*, 1937, 106, p. 249. — L. MEITNER. *Ann. Physik*, 1937, 29, p. 246.

Nous exposerons ici quelques résultats que nous avons obtenus sur les radioéléments artificiels produits dans l'uranium. Les mesures étaient faites avec un compteur à paroi de 0,15 mm d'épaisseur environ. Les sources de neutrons étaient des ampoules de radon + glucinium de 300 à 1 000 millicuries.

Les difficultés expérimentales sont de plusieurs sortes :

1. L'activité de l'uranium X est considérable par rapport à celle des radioéléments artificiels. Il est nécessaire dans la plupart des expériences de se servir d'uranium fraîchement purifié, et même dans ce cas, l'uranium X formé dans l'espace de quelques heures est extrêmement gênant.

2. Si les corps transuraniens sont aisément séparés de l'uranium par précipitation des sulfures en solution acide (avec Pt comme entraîneur, par exemple) ⁽¹⁾, par contre, la séparation complète des divers corps transuraniens les uns des autres est difficile.

3. Les corps transuraniens sont tous produits à peu près dans les mêmes conditions, par les neutrons rapides et par les neutrons lents. Il est donc impossible d'étudier certains d'entre eux en l'absence des autres en choisissant convenablement les conditions d'irradiation.

Nous avons observé et séparé chimiquement les corps de période de 59 min, 2,7 j, 16 min, 23 min. Nos résultats sont en accord avec les travaux de Hahn, Meitner et Strassmann. Sur les autres corps nous n'avons pas de résultats précis.

⁽¹⁾ HAHN, L. MEITNER et STRASSMANN. *Loc. cit.*

Existence d'un autre processus de transformation. — Nous avons ensuite entrepris d'étudier les rayonnements des radioéléments artificiels à travers des écrans suffisamment épais pour arrêter presque complètement les rayons β de l'uranium X .

Dans les conditions expérimentales où nous nous trouvons, la préparation étant placée à quelques millimètres du compteur, les rayons β de UX sont absorbés de moitié dans $0,4 \text{ g/cm}^2$ de cuivre environ. A travers $0,5 \text{ g/cm}^2$ de cuivre, il reste environ 5 pour 100 de l'intensité initiale, à travers $0,75 \text{ g/cm}^2$, environ 2 pour 100, résidu attribuable en grande partie aux rayons γ .

Nous avons mesuré l'uranium irradié à travers des écrans de $0,5 \text{ g/cm}^2$ ou davantage. Le rayonnement de UX étant presque complètement absorbé on pouvait mesurer des préparations d'uranium après une irradiation longue. On employait l'uranium en couche épaisse et en quantité assez importante, 4 g sur une surface de 10 cm^2 .

Les périodes observables sont :

a) Des périodes courtes, celle de 2 min et une autre plus courte, probablement celle de 40 sec.

b) La période de 16 min.

c) Une période de 3,5 h environ.

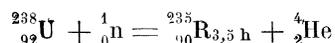
Nous avons fait alors sur l'uranium irradié des opérations chimiques suivies de mesures à travers les écrans.

Si l'on précipite par H_2S en solution acide les éléments transuraniens et si l'on mesure les sulfures à travers les écrans, on observe aisément $R_{16 \text{ min}}$. Le corps $R_{3,5 \text{ h}}$ ne se trouve pas dans les sulfures.

De nombreuses expériences nous ont montré que $R_{3,5 \text{ h}}$ se sépare de l'urane et des éléments transuraniens et accompagne l'uranium X .

Les expériences sont difficiles en raison même de cette circonstance. Pour mesurer à travers des écrans nous avons dû irradier et traiter des quantités de 15 à 25 g d'uranium, ce qui entraîne souvent des opérations chimiques très longues. Les mesures sont gênées par une importante correction due à un reste de rayonnement β , γ de UX .

Il n'est pas douteux cependant que le corps $R_{3,5 \text{ h}}$ est un isotope du thorium, formé probablement par capture du neutron et expulsion d'une particule α .



Le dérivé de ce corps doit être un isotope actif du protactinium.

Ce radioélément se produit sous l'action des neutrons rapides et des neutrons lents à peu près dans les mêmes conditions que les éléments transuraniens. Les conditions de formation sont si analogues à celles de $R_{16 \text{ min}}$ que nous avons tout d'abord pensé qu'il dérivait de ce corps, quand l'identification chimique n'était pas faite.

Le corps $R_{3,5 \text{ h}}$ n'a pas été observé par Hahn, Meitner et Strassmann, ni par nous-mêmes avant l'emploi des

écrans, en raison de la gêne apportée par la présence de l'uranium X . Cependant il ne s'agit pas d'un mode de transformation rare.

Nous avons mesuré à l'électromètre Hoffmann la différence des courants d'ionisation produits dans deux chambres exactement semblables par deux préparations épaisses d'urane, dont l'une est irradiée et l'autre non irradiée. Le courant dû à la formation de UX dans les préparations est ainsi compensé automatiquement à chaque instant (¹). Dans ces expériences où les corps à rayons pénétrants sont avantagés à cause de l'épaisseur de la préparation, mais où les rayons mous peuvent agir (la fenêtre d'entrée de la chambre est en Al de $0,4 \text{ mm}$ d'épaisseur), la période de 3,5 h apparaît comme le caractère dominant après la disparition de $R_{16 \text{ min}}$, si l'on a fait une irradiation longue bien entendu.

Avec une préparation mince irradiée à saturation, nous pensons que le nombre de rayons β émis par $R_{3,5 \text{ h}}$ pourrait être de l'ordre de un quart du nombre initial de rayons β émis par $R_{16 \text{ min}}$.

Energie des rayons β d'après les expériences d'absorption. — Nous avons étudié à travers des écrans d'épaisseurs variées le rayonnement des préparations d'uranium irradié, ou des portions séparées chimiquement. Certains rayonnements sont observables à travers des épaisseurs de cuivre de 2 à 3 mm.

Il ne s'agit pas uniquement de rayons γ pénétrants. Le rayonnement de $R_{2 \text{ min}}$, $R_{16 \text{ min}}$, $R_{3,5 \text{ h}}$ décroît encore beaucoup quand on ajoute 1 à 2 mm de cuivre après les $0,75 \text{ g/cm}^2$ qui arrêtent les rayons β de UX . L'absorption est à peu près la même quand on remplace un des écrans de cuivre par un écran de même masse d'or ou d'aluminium, ce qui montre qu'il ne s'agit pas de rayons γ mous.

Il semble que ces trois corps émettent des rayons β observables encore au delà de 2 mm de cuivre, absorbés de moitié dans $0,5$ à $0,7 \text{ g/cm}^2$ de cuivre.

Les rayons β de UX , d'énergie maximum environ $2 \times 10^6 \text{ eV}$, sont absorbés de moitié dans $0,4 \text{ g/cm}^2$ de Cu et leur parcours est de $0,7 \text{ g/cm}^2$ dans Cu. Malgré la faible précision de la méthode d'absorption dans les conditions où nous avons été obligés de travailler, on peut estimer que les rayons β de $R_{2 \text{ min}}$, $R_{16 \text{ min}}$ et $R_{3,5 \text{ h}}$ doivent avoir une énergie de beaucoup supérieure à celle des rayons β de UX , au moins de l'ordre de $6 \times 10^6 \text{ eV}$.

Pour $R_{16 \text{ min}}$, il semble y avoir deux groupes de rayons β ; l'un de pénétration semblable aux rayons de UX , soit environ $2 \times 10^6 \text{ eV}$, représente les neuf dixièmes de l'intensité, l'autre est très pénétrant et mélangé de rayons γ .

L. Meitner a observé à l'appareil Wilson, pour ce corps, des rayons d'énergie voisine de $3 \times 10^6 \text{ eV}$. Il est probable que ces rayons correspondent, non à la

(¹) Ces chambres à compensation seront décrites ultérieurement.

limite supérieure du spectre, mais à la région moyenne du groupe pénétrant.

Les rayons β pénétrants de $R_{3,5\text{ h}}$ sont peut-être ceux d'un dérivé à vie plus courte, isotope de Pa.

Sur les processus de formation des radioéléments dans l'uranium. — Il ne semble pas possible d'interpréter les nombreux radioéléments formés dans l'uranium, sans faire appel à l'hypothèse de l'isométrie.

Si l'on a des corps A, B, C de numéro atomique 92, 93, 94 respectivement et des corps A', B', C', isomères des premiers, correspondant à des énergies inférieures, rien ne s'oppose à ce que l'on observe, outre les transformations $A \xrightarrow{\beta} B$ et $A' \xrightarrow{\beta} B'$ des transformations partielles $A \xrightarrow{\beta} B'$ et même $A' \xrightarrow{\beta} B$ si la différence d'énergie des isomères est faible par rapport aux énergies d'émission de rayons β ; on peut aussi envisager la possibilité de transformations $A \xrightarrow{\gamma} A'$ et $B \xrightarrow{\gamma} B'$ avec émission de rayons γ ; de même pour les transformations des corps B ou B' en C ou C'. Les atomes de C ou C' pourraient être formés par l'intermédiaire de B ou de B' à partir des corps A ou A', de plusieurs manières différentes.

Les expériences faites par Hahn, Meitner et Strassmann pour établir les filiations ne semblent pas exclure ces possibilités. Par exemple, d'après ces auteurs, $R_{2,7\text{ j}}$ dérive de $R_{30\text{ min}}$ et non de $R_{3,7\text{ h}}$ d'après sa formation observée pour des temps d'irradiation courts;

ces expériences montrent que $R_{2,7\text{ j}}$ est produit par $R_{30\text{ min}}$; il est douteux qu'elles soient assez précises pour permettre d'affirmer qu'il ne s'en est pas produit une partie par l'intermédiaire de $R_{3,7\text{ h}}$.

Nous ne voyons donc pas de raison suffisante pour admettre que les corps transuraniens constituent deux chaînes indépendantes d'isomères.

La formation de tous les radioéléments (sauf $R_{23\text{ min}}$) dans des proportions peu différentes par les neutrons rapides ou lents est passablement difficile à expliquer, surtout en ce qui concerne le processus de formation de l'isotope du thorium. Il faut imaginer que le neutron pénètre dans le noyau, puis, quelle que soit l'énergie de ce neutron, le noyau tomberait dans l'état d'énergie correspondant à l'un ou l'autre des isomères isotopes de U, ou expulserait une particule α , chacune de ces possibilités ayant des probabilités de même ordre de grandeur.

Il faut dire qu'à partir du moment où l'on admet la possibilité de l'isométrie, on peut faire des suppositions très variées sur les transformations possibles. On pourrait en particulier supposer que l'un des isotopes de l'uranium formés par l'action des neutrons est un isomère de l'uranium ordinaire. Il est probable que seule l'étude des rayonnements γ ou corpusculaires émis au moment du choc du neutron permettra de comprendre mieux ce phénomène complexe.

Ce travail a été exécuté au Laboratoire Curie, de l'Institut du Radium de Paris.