

Les éléments 107 - 108 - 109

par Alfred MATHIS
Lycée Jean Rostand - 67000 Strasbourg

RÉSUMÉ

Le 7 mai 1992 s'est déroulé à Darmstadt en Allemagne la cérémonie du baptême des éléments 107 - 108 et 109. Dans cet article on trouvera quelques indications sur ces éléments et sur les conditions de leur découverte. Les noms donnés à ces éléments sont également explicités.

1. LES NOMS DES ÉLÉMENTS 107 - 108 - 109

Il a fallu attendre douze ans pour que ces éléments puissent enfin obtenir leur nom et que celui-ci soit reconnu au niveau international [1].

Ces trois éléments ont été découverts à l'Institut d'Étude des Ions Lourds (Gesellschaft für Schwerionenforschung GSI) de Darmstadt en Allemagne et par l'équipe de Dubna en Russie.

Selon le souhait des chercheurs de l'Institut de Darmstadt, ces éléments portent les noms présentés dans le tableau 1. On y trouvera aussi entre parenthèses les anciennes dénominations.

Numéro atomique de l'élément	Nom	Symbole	Date de la découverte
107	N I E L S B O H R I U M (Unnilseptium)	Ns (Uns)	24 février 1981
108	H A S S I U M (Unniloctium)	Hs (Uno)	14 mars 1984
109	M E I T N E R I U M (Unnilennium)	Mt (Une)	29 août 1982

Tableau 1

La dénomination des nouveaux éléments est toujours délicate, surtout lorsqu'ils ont été découverts dans plusieurs centres d'étude. Il en est ainsi des éléments 104 et 105 dont la priorité de la découverte

est revendiquée aussi bien par le laboratoire Lawrence Berkeley de San Francisco que par le laboratoire Flerov de Bubna près de Moscou. C'est pour cette raison que ces éléments n'ont pas encore de nom propre reconnu par l'ensemble de la communauté scientifique internationale.

Il en va autrement pour les éléments 107 à 109 pour lesquels la commission «Transfermium working group de l'IUPAC/IUPAP» (International Union of Pure and Applied Chemistry/Physics) a reconnu la fiabilité, le caractère complet et la priorité des résultats de l'équipe de Darmstadt conduite par Peter ARMBRUSTER et Gottfried MÜNZENBERG [2], [3] en 1992.

Les noms donnés ont été proposés pour honorer deux physiciens et une région :

– *Niels BOHR* (1885-1962)

Ses travaux sur le modèle planétaire de l'atome et sur la quantification de l'énergie de l'atome ont contribué à la connaissance des éléments. Il participa également au développement de la physique nucléaire. Prix Nobel de chimie en 1922.

– *Lise MEITNER* (7 novembre 1878 - 27 octobre 1968)

Elle fit ses études à Vienne (Wien en Autriche) à une époque où il n'était pas évident pour une femme de faire des études de physique. En 1907 elle va rejoindre Max PLANCK à Berlin au Kaiser Wilhelm Institut et y travaillera pendant trente-et-un ans jusqu'en 1938. C'est pendant cette période qu'elle fit la découverte en 1927, avec Otto HAHN, du protactinium.

Son nom doit être nécessairement associé à ceux de Otto HAHN et Fritz STRASSMANN avec qui elle a étroitement collaboré. C'est sur sa proposition que Otto HAHN entreprit les expériences de bombardement neutronique de l'uranium. Le phénomène de fission a donc été découvert également par Lise MEITNER et pas seulement par Otto HAHN et Fritz STRASSMANN comme cela est le plus souvent indiqué. C'est enfin elle qui, en collaboration avec son neveu Hans Otto FRISCH, en 1939 en Suède, calcula, en utilisant le modèle nucléaire de la goutte liquide imaginé par WEIZÄCKER [4], l'énergie libérée au cours de la fission de l'uranium 235 [5], [6].

- *Élément 108 : HASSIUM*

Ce nom rappelle la région où l'élément a été découvert. Il s'agit du «Land de Hessen» (province de Hesse) où se situe la ville de Darmstadt. Le gouvernement de cette province a également contribué financièrement à l'équipement des laboratoires et en particulier à l'accélérateur d'ions lourds [7].

2. HISTORIQUE SUCCINCT DE LA DÉCOUVERTE DES ÉLÉMENTS LOURDS

Pendant longtemps l'uranium ($Z = 92$) a été l'élément le plus lourd connu. La découverte dans les années 1930 de la constitution des noyaux des atomes, laisse envisager la synthèse d'éléments plus lourds par addition au noyau de neutrons ou de protons.

De cette façon furent synthétisés entre 1940 et 1952 des éléments, depuis le neptunium ($Z = 93$) jusqu'au Fermium ($Z = 100$).

De nouvelles méthodes de synthèse, en particulier l'utilisation d'ions lourds accélérés, permirent, entre 1958 et 1974, de synthétiser par fusion de noyaux les éléments 101 à 106 [3], [8].

3. CONDITIONS D'OBTENTION DES ÉLÉMENTS 107 À 109

L'outil de travail de l'équipe de Darmstadt est un accélérateur d'ions lourds. Sur la trajectoire d'ions lourds accélérés, par exemple de chrome ou de fer, se trouve une feuille très fine formée de bismuth ou de plomb extrêmement pur formant la cible.

Un filtre de vitesse, placé après la cible, sépare ensuite les particules non intéressantes ayant une vitesse de l'ordre de 0,1 c des particules obtenues lors de la réaction entre les ions incidents et les noyaux cibles de la feuille [8]. Ces particules ont une vitesse de l'ordre de 0,02 c. Compte tenu des dimensions des noyaux cibles (target), des orbitales électroniques et des noyaux projectiles, le nombre de collisions sera faible.

La figure 1 donne le schéma de principe du filtre de vitesse appelé SHIP pour Separator for Heavy Ion Reaction Products [9], [10].

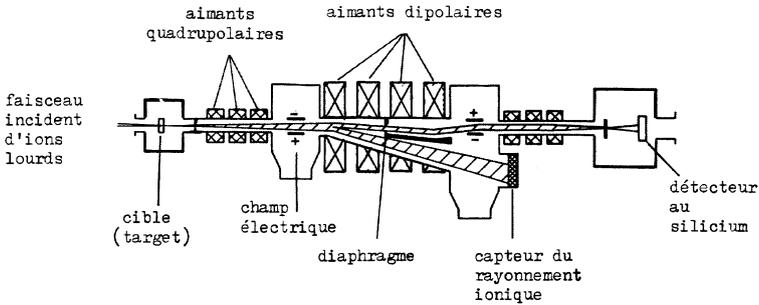


Figure 1 : Filtre de vitesse.

Avec une période de l'ordre de la milliseconde et un taux d'apparition d'environ un noyau par mois il faut évidemment une méthode de détection fiable.

C'est précisément au niveau de la méthode de détection que se situe la différence de fiabilité des résultats obtenus par les équipes de Darmstadt et de Dubna.

La figure 2 représente schématiquement le déroulement de la réaction de fusion permettant d'aboutir aux éléments lourds ainsi que des réactions concurrentes.

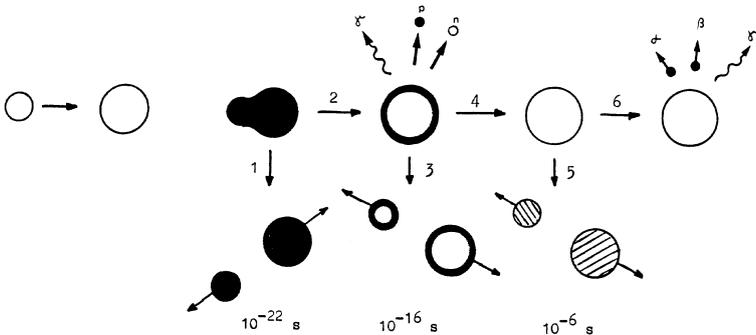


Figure 2 : Réaction de fusion et réactions concurrentes.

Schéma représentant différents modes de transformations d'un « assemblage de deux noyaux » :

- désassemblage immédiat (voie 1),
- formation d'un noyau (voie 2) qui peut :
 - subir une réaction de fission avec ou sans émission de particules (voie 3),
 - donner naissance à un nouveau noyau (voie 4),

ce noyau peut à son tour subir une fission (voie 5) ou émettre un rayonnement radioactif (voie 6).

Lors du choc il y a formation d'un «assemblage». Cet assemblage peut immédiatement se détruire. Il peut aussi former un nouveau noyau qui peut à son tour se scinder immédiatement ou seulement après émission de particules.

Les noyaux ne donnant lieu à aucune de ces réactions pourront être détectés par leurs désintégrations α .

La probabilité pour obtenir le noyau de l'élément lourd diminue avec le numéro atomique par suite de l'augmentation des forces de répulsion électrostatiques [8].

4. DÉTECTION DES ÉLÉMENTS LOURDS

La détection classique avec des méthodes chimiques ne peut se faire que jusqu'à l'élément 104 inclus. Ces méthodes ont montré que la période des actinides s'arrête bien avec l'élément 103 le Lawrencium.

L'élément 104 est le premier élément transactinide.

On identifie les éléments lourds par l'intermédiaire des produits de désintégration radioactive [8], [9].

L'équipe de Dubna a utilisé une autre méthode surtout applicable dans le cas où le noyau lourd donne une fission spontanée. On identifie alors les produits de cette fission. Cette méthode est cependant beaucoup moins fiable que la précédente.

La méthode d'étude des produits de désintégration consiste à trouver des corrélations entre les désintégrations α successives pour identifier, grâce aux énergies mises en jeu, le noyau initial (noyau père) à partir des différents noyaux de désintégration.

La figure 3 représente les désintégrations successives de l'isotope 262 de l'élément 107.

C'est un détecteur au silicium qui permet de déterminer l'énergie, le moment et l'endroit de l'impact du noyau et des rayonnements alpha émis lors des désintégrations successives.

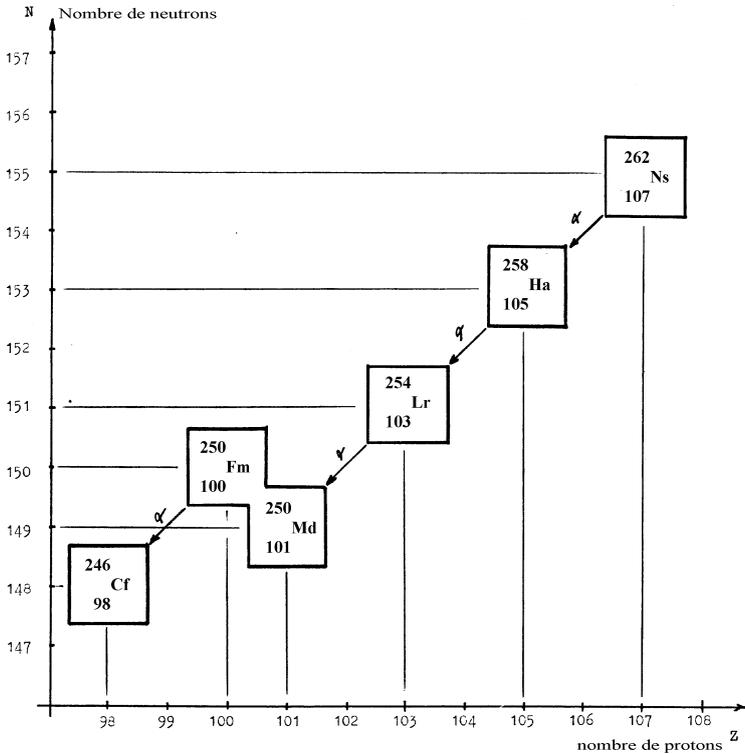


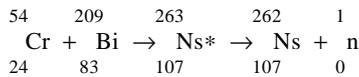
Figure 3 : Séquences de décomposition radioactives à partir du Nielsbohrium.

5. CARACTÉRISTIQUES DES ÉLÉMENTS 107 - 108 - 109

5.1. Étude de Nielsbohrium (élément 107)

5.1.1. Réaction de formation

L'équipe de Darmstadt, contrairement à celle de Dubna, a réalisé cette synthèse par fusion froide (voir annexe) en bombardant une feuille de bismuth 209 avec des noyaux de chrome 54. On obtient la réaction :



C'est pour favoriser la désactivation neutronique par rapport à la fission du noyau 263 que l'équipe de Darmstadt a réalisé une fusion dite froide.

5.1.2. Conditions expérimentales

L'expérience a été réalisée en bombardant une feuille de bismuth (209) d'épaisseur correspondant à $0,7 \text{ mg.cm}^{-2}$, pendant soixante-dix heures.

10^{17} noyaux projectiles ont atteint un noyau cible.

Il se forme environ 10^{10} noyaux de fusion, mais environ 20 ne subissent pas la fission spontanée et seulement 6 ont pu être détectés.

5.1.3. Propriétés du Nielsbohrium

On connaît les deux isotopes 261 et 262.

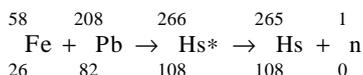
L'isotope 261 émet un rayonnement alpha de 10,40 MeV et sa période est de 11,8 ms.

L'isotope 262 est également émetteur alpha avec une énergie de 10,37 MeV. Sa période est de 8 ms.

5.2. Étude du Hassium (élément 108)

5.2.1. Réaction de formation

C'est le dernier élément à avoir été synthétisé. La cible était une feuille de plomb bombardée par des noyaux de fer 58. On a la réaction :



5.2.2. Conditions expérimentales

A partir de 10^{18} noyaux projectiles ayant rencontré un noyau cible on a obtenu seulement trois noyaux de l'élément 108 [11].

5.2.3. Propriétés du Hassium

On connaît les deux isotopes 264 et 265.

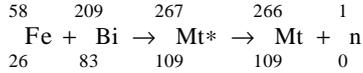
L'isotope 264 émet un rayonnement alpha d'énergie 11,0 MeV et sa période est de 76 μs (microsecondes).

L'isotope 265 est également émetteur alpha avec une énergie de 10,36 MeV et une période de 1,8 ms [12].

5.3. Étude du Meitnerium (élément 109)

5.3.1. Réaction de formation

La cible est aussi une feuille formée de bismuth 209 très pur et les projectiles sont des noyaux de fer 58. On a la réaction :



5.3.2. Conditions expérimentales

L'épaisseur de la feuille de bismuth utilisée correspond à $0,5 \text{ g.cm}^{-2}$, elle est bombardée par des noyaux de fer 58 accélérés. Ces derniers ont une énergie de 299 MeV [10].

5.3.3. Propriétés du Meitnerium

On connaît pour le moment un seul isotope de l'élément 109, c'est l'isotope 266. Il est émetteur alpha avec une énergie de 11,10 MeV et sa période est de 3,4 ms [10].

5.4. Fiches d'identité des éléments 107 - 108 - 109

Le tableau 2 donne une vue d'ensemble des propriétés connues des trois derniers éléments synthétisés.

Nielsbohrium	Hassium	Meitnerium
Rn $5f^{14} 6d^5 7s^2$	Rn $5f^{14} 6d^6 7s^2$	Rn $5f^{14} 6d^7 7s^2$
261 Ns 107 émetteur α 10,40 MeV 11,8 ms	264 Hs 108 émetteur α 11,0 MeV 76 μ s	266 Mt 109 émetteur α 11,10 MeV 3,4 ms
262 Ns 107 émetteur α 10,37 MeV 8,0 ms	265 Hs 108 émetteur α 10,36 MeV 1,8 ms	

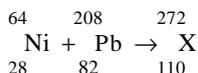
Tableau 2 : Fiches d'identité des éléments 107 - 108 - 109.

Ces éléments se placent donc dans la septième période de la classification périodique des éléments et dans les colonnes 7, 8 et 9.

6. PERSPECTIVES

A Darmstadt, en particulier, on fait déjà des essais pour obtenir l'élément 110 en bombardant une feuille de plomb avec des noyaux de nickel [12].

On espère avoir ainsi la réaction :



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Die Elemente 107 - 108 und 109 sind getauft
Chemie für Labor und Biotechnik, 43/12, 669, (1992).
- [2] Chemie in unserer Zeit, 26/5, 204, (1992).
- [3] Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, 42/5, 44 (1993).
- [4] CUIDE n° 5, page 16 (1976) et références citées.
- [5] Chemie für Labor und Biotechnik, 44/10, 519, (1993).
- [6] L. MEITNER et O. FRISCH : Nature, 143, 239, (1939)
- [7] Neues Element getauft
Bild der Wissenschaft, 11, 7 (1993).
- [8] Marc LEFORT : Les éléments transuraniens
La Recherche, 14/145, 774 (1983).
- [9] Erster Nachweis von Element 107
Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, 31/6, 174, (1982).
- [10] Element 109 entdeckt
Chemie für Labor und Biotechnik 33/12, 537, (1982).
- [11] Element 108 entdeckt
Chemie in unserer Zeit 18/2, 69, (1984).
- [12] Element 108 entdeckt
Chemie für Labor und Biotechnik 35/7, 341, (1984).

Annexe

Dans une fusion dite «chaude» le système formé par la fusion des deux noyaux a une énergie de l'ordre de 40 à 50 MeV. Les noyaux ainsi obtenus, très instables, se désintègrent essentiellement par fission et seule une infime petite partie donne une émission neutronique qui permet la détermination de l'énergie mise en jeu au cours de la fusion et donc de déterminer la nature du noyau initialement obtenu. C'est surtout le cas lorsque les noyaux projectiles sont des noyaux «légers» comme ^{12}C ou ^{18}O ou ^{22}Ne utilisés par exemple pour la formation des éléments 104 et 105.

Dans une fusion dite «froide» le système formé par la fusion de deux noyaux a une énergie de l'ordre de 10 à 15 MeV ce qui permet d'obtenir davantage d'émission neutronique à partir du noyau excité. On obtient des fusions «froides» avec des noyaux projectiles plus lourds tels ^{54}Cr ou ^{59}Fe utilisés pour la synthèse des éléments 107 et 109.