

## LES NOYAUX SUPERLOURDS ET LES POSSIBILITES DE LEURS RECHERCHES A MADAGASCAR

PAR

PAIC G.\*, RAOELINA ANDRIAMBOLOLONA,  
RAZANAJATOVO M., RANDRIANARIVONY E.,  
RAKOTOSON G. et RATIARISON A.\*\*

### RESUME

*Après avoir rappelé quelques méthodes expérimentales de recherche des noyaux superlourds dans la nature, nous donnons les résultats des mesures préliminaires du groupe du Laboratoire de physique nucléaire et appliquée de l'Université de Madagascar. Les mesures ont été faites à partir de la spectrométrie gamma d'échantillon de monazite de Fort-Dauphin (Madagascar) à l'aide d'un détecteur Ge (Li) d'un analyseur de tance des superlourds obtenus par cette méthode 1 024 canaux. La limite supérieure pour l'existence est de  $10^{-5}$  g/g. Le domaine d'énergie était de 20 à 4 000 keV. Nous indiquons ensuite les voies de recherches futures dudit laboratoire dans le même domaine.*

### ABSTRACT

*Some experimental methods in the search for the superheavy in nature are reviewed briefly. Preliminary results obtained by the group of the Laboratory of nuclear and applied physics are presented. The gamma spectra of Fort Dauphin monazite samples have been investigated with a Ge (Li) detector in conjunction with a 1 024 channel analyser in the energy range 20 to 4 000 keV. An upper limit of  $10^{-5}$  g/g for the existence of superheavy elements is deduced. The further efforts in the search for superheavy elements to be undertaken at the same laboratory are presented.*

### 1. INTRODUCTION

Les données théoriques sur l'existence des noyaux superlourds bien qu'entachées d'une incertitude considérable, ne rejettent pas a priori l'existence de ces noyaux ayant un nombre de charge supérieur à 110. Il faut souligner que les calculs théoriques étudient seulement la stabilité de ces noyaux une fois formée et non pas leur formation. En supposant que la nucléosynthèse initiale ait pu trouver le moyen de former ces noyaux, les calculs de probabilité de désintégration nous affirment que certains de ces noyaux auraient des périodes de désintégration de l'ordre de l'âge de notre planète.

Pour de nombreux expérimentateurs, cette dernière propriété signifie que de tels noyaux pourraient exister dans la nature, ce qui a amené un grand nombre de laboratoires à pratiquer la chasse aux superlourds. Les aspects théoriques de l'existence de ces noyaux ayant été présentés à l'Académie Malgache par M. RAOELINA ANDRIAMBOLOLONA (1), nous ne parlerons ici que des aspects expérimentaux de la recherche des noyaux superlourds dans la nature et plus spécialement des mesures en cours et ainsi que de celles qui sont envisagées à l'Université de Madagascar.

La recherche expérimentale doit faire un choix au départ pour déterminer les méthodes de mesure et les directions générales quant aux minerais à examiner.

\* Professeur à l'Institut Ruder-Boskovic, Zagreb, Yougoslavie, en mission d'expert de l'Agence internationale de l'énergie atomique auprès du Laboratoire de physique nucléaire et appliquée.

\*\* Laboratoire de Physique Nucléaire et Appliquée Département de Physique BP 138, Etablissement d'Enseignement Supérieur des Sciences, Université de Madagascar, Antananarivo — Madagascar.

En ce qui concerne les méthodes de recherche, celle la plus facile est l'exploitation des modes de désintégration.

Ces modes sont :

- a. Les émissions alphas;
- b. La fission spontanée.

Pour le choix des minerais, on pourrait, dans une certaine mesure, adopter le point de vue que les noyaux superlourds suivent la chimie et la fractionation géochimique de leurs homologues dans le tableau périodique. Toutefois, cette hypothèse n'est pas universellement valable. Il est vrai qu'on retrouve du zirconium dans les minerais et titanium (ilménite par exemple) (2); mais il est sûr que les minerais d'étain ne sont pas un bon endroit pour rechercher son homologue supérieur — le plomb en l'occurrence. A part la recherche dans les minerais terrestres, il est nécessaire de signaler que des recherches sont aussi effectuées dans les météorites et dans les rayons cosmiques.

## 2. LES DIFFÉRENTES MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

Les méthodes expérimentales pour la mise en évidence des noyaux superlourds sont :

- la mesure de la multiplicité d'émission de neutrons lors de la fission spontanée;
- l'étude des traces des fragments de fission spontanée;
- la mesure des spectres de rayonnement alpha et gamma;
- l'excitation atomique;
- la spectrographie de masse.

### 2.1. Mesure de la multiplicité d'émission de neutrons.

La méthode de mesure de la multiplicité des neutrons consiste à mesurer le nombre de neutrons émis lors de la fission spontanée. Lors de la fission, nous avons, outre l'émission de deux ou plusieurs fragments de fission, l'émission de plusieurs neutrons.

Ce nombre de neutrons émis est fonction de la masse du noyau fissionné. Pour les noyaux connus, le nombre de neutrons émis en moyenne par fission spontanée ne dépasse pas 3,75. Cependant, les calculs théoriques indiquent que les noyaux superlourds seraient susceptibles d'émettre un nombre beaucoup plus élevé de neutrons, allant de 6 à 14 neutrons en moyenne.

La mesure consiste à entourer l'échantillon, qui peut être de plusieurs kilogrammes, par une couronne de détecteurs de neutrons. S'il y a émission de plusieurs neutrons, plusieurs détecteurs vont se déclencher simultanément. L'enregistrement du nombre de détecteurs activés permet d'effectuer la mesure du nombre de neutrons émis.

Cette méthode peut atteindre des limites de détection très faibles allant jusqu'à  $10^{-12}$  g/g (3). Une telle masse de superlourds pourrait ainsi être décelée par cette méthode.

### 2.2. Etude des traces de fragments de fission.

Les fragments de fission peuvent, quant à eux, être détectés par des compteurs à gaz mais l'analyse des traces qu'ils laissent dans le site de production (dans le minerai lui-même) ou bien dans des plastiques recouvrant l'échantillon, est plus pratique.

### 2.3. Mesure des spectres de rayonnement alpha et gamma.

La désintégration alpha entraîne avec elle aussi des rayonnements gamma provoqués par la désexcitation des noyaux qui sont formés non pas dans l'état fondamental mais dans un état excité.

Ces mesures sont assez faciles à faire avec un matériel relativement peu coûteux, elles consistent à chercher l'existence de raies alpha ou gamma, jusqu'ici, inconnues dans la nature.

#### 2.3.1. Détection des raies alpha.

Dans le cas de la détection des rayonnements alpha, on ne peut utiliser que de très petites quantités de matériaux à cause de la forte absorption des alpha dans le matériau de la source elle-même. Les quantités de matériau qu'on peut analyser ainsi ne dépassent pas quelques dizaines de milligrammes. Cependant, l'absence quasi-totale de bruit de fond permet d'effectuer des mesures disposant de spectromètres alpha de bonne résolution avec une très grande sensibilité. Une quantité de l'ordre de  $10^{11}$  atomes dans l'échantillon serait décelable si l'on supposait une période de  $10^8$  ans avec un taux de désintégration de quelques désintégrations par jour.

Exprimée en g/g, la limite serait de  $10^{-9}$  g/g.

En se contentant d'un taux de comptage encore plus bas, on peut atteindre des sensibilités de l'ordre  $10^{-10}$  g/g.

La mesure des spectres alpha sera entreprise prochainement par le groupe de l'Université de Madagascar.

En outre, nous nous proposons d'effectuer encore une autre mesure en alpha susceptible, elle, de nous apporter des précisions sur le nombre Z.

Il s'agit d'utiliser les propriétés physiques d'un des éléments de la famille radioactive des superlourds. Si l'on examine la continuation hypothétique du tableau périodique des éléments, nous arrivons à la conclusion que l'élément 118 devrait être l'homologue du radon, correspondant aux gaz rares. Étant un gaz, il devrait, tout comme le radon s'échapper du minerai. Si nous supposons que les périodes radioactives seraient telles qu'on puisse détecter les descendants de ces émanations, on peut provoquer au moyen d'un champ électrique la déposition des aérosols sur lesquels se fixent habituellement ces derniers.

Cette deuxième méthode présente à nos yeux les avantages suivants :

i. Elle permet dans le cas d'une observation positive d'affirmer la présence d'une émanation provenant d'une famille de superlourds.

ii. Toutes les raies alpha jusqu'à celles du radon sont éliminées.

iii. Le fait qu'on collecte les produits radioactifs contenus dans l'air entourant l'échantillon permet d'utiliser des quantités considérables de minerai — des dizaines de kilogrammes. Toutefois, elle présente d'une part un inconvénient qui provient du fait que nous connaissons mal les périodes radioactives, les incertitudes admises étant, de plusieurs ordres de grandeurs. Si la période radioactive de l'émanation était très courte,  $< 0,1$ s, il serait très difficile pour le gaz de s'échapper de la roche avant de subir un processus de désintégration. D'autre part, avant d'entreprendre de telles mesures, il faut connaître, au moins pour les gaz radioactifs connus, les probabilités d'évasion du minerai.

Aussi, avons-nous entrepris d'abord la détermination du pouvoir d'évasion du radon des différents minerais de Madagascar.

Les méthodes qui sont susceptibles de l'augmenter sont l'attaque chimique et le broyage. Elles seront étudiées. Nous effectuons le travail

de la manière suivante. Le minerai est scellé dans un vase en pyrex, le gaz radioactif est ainsi confiné. Il suffit alors d'enregistrer dans le temps l'augmentation de l'intensité des raies gamma appartenant aux descendants du radon. Dans le cas du radon de la famille de l'uranium 238, l'état d'équilibre radioactif se rétablit après une vingtaine de jours. La comparaison de l'intensité qui est alors atteinte et celle de l'état initial non confiné nous donne le pouvoir d'échappement du gaz dans le minerai en question.

La figure 1 donne les résultats obtenus à l'Université de Madagascar pour l'autunite avec des grains de l'ordre du millimètre de diamètre.

Ce minerai présente un pouvoir d'échappement du radon de  $\approx 40\%$ .

Les mesures préliminaires sur la monazite — d'un intérêt capital pour la recherche des éléments superlourds, recherche qui a été provoquée par l'existence d'anneaux pléochroïques non expliquée dans les micas du Sud de Madagascar contenant des inclusions de grains de monazite, montrent que le pouvoir d'échappement est très faible. Nous allons donc être obligés d'augmenter ce dernier au moyen d'un broyage ou d'une attaque chimique avant de procéder à la mesure ci-dessus exposée.

### 2.3.2. Détection des raies gamma

La désexcitation des noyaux superlourds provoquerait aussi une émission gamma.

Le problème principal de cette mesure est la limite de détection qui est de loin supérieure à celles des méthodes précitées. En effet, la limite de détection provient du bruit de fond résultant de l'interaction des gamma avec le détecteur par l'intermédiaire de l'effet Compton. Le caractère statistique du bruit de fond exige donc une activité relativement importante pour qu'on puisse identifier une raie. Il est toutefois intéressant de faire remarquer que lors de l'expérience sur les éléments superlourds dans les micas de Madagascar, expérience qui a été très contestée depuis, les concentrations des superlourds seraient telles qu'il aurait été possible pour la recherche d'utiliser un spectromètre gamma.

C'est dans cet ordre d'idée que nous avons utilisé la monazite. La mesure a été effectuée à l'Université de Madagascar avec un détecteur Ge (Li). La résolution du détecteur est de 2.2 keV à 1.1 MeV. Nous avons enregistré les spectres

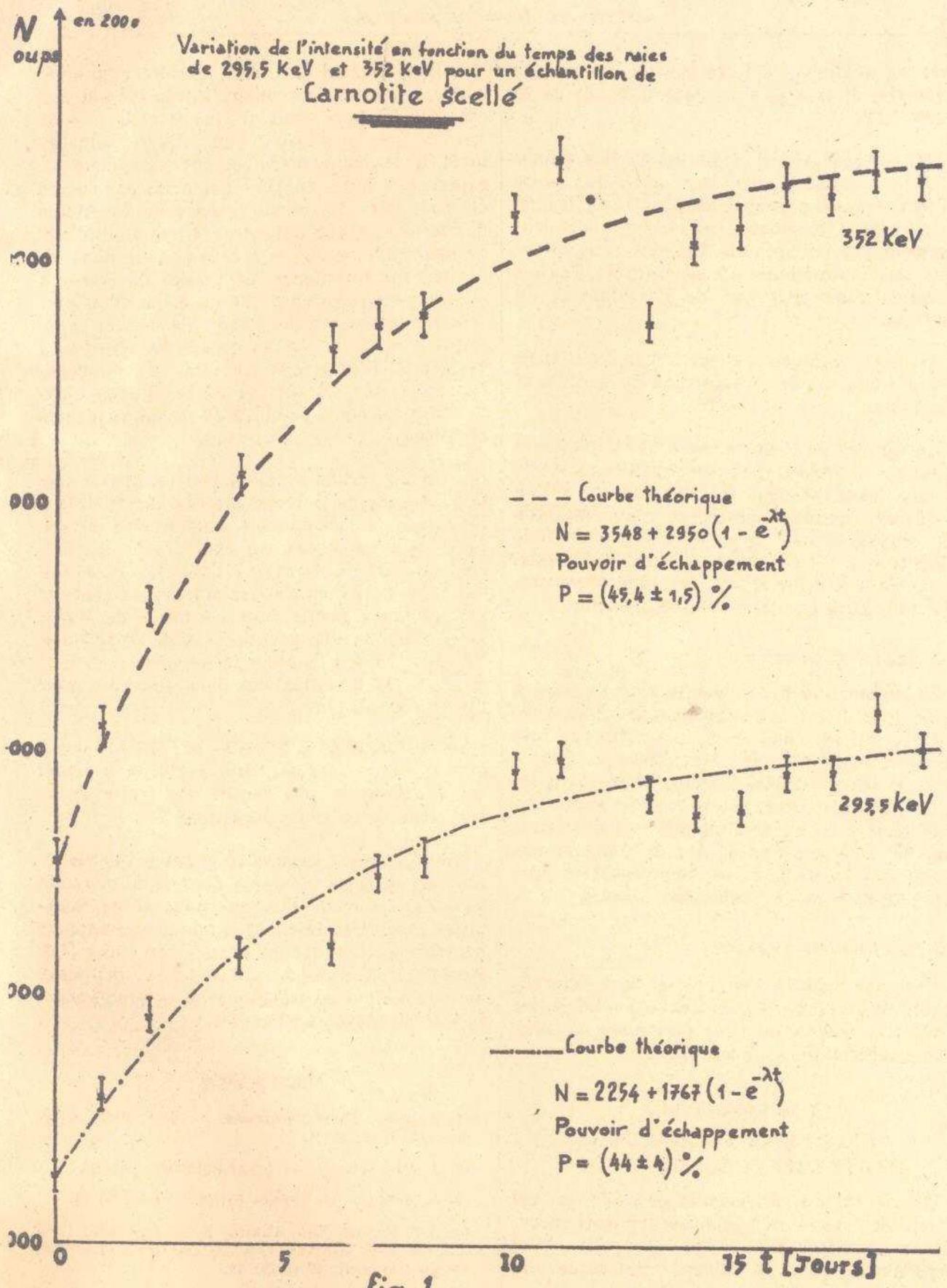


fig. 1