



**HAL**  
open science

# Les neutrons lents émis par le glucinium sous l'action des rayons $\alpha$

P. Auger

► **To cite this version:**

P. Auger. Les neutrons lents émis par le glucinium sous l'action des rayons  $\alpha$ . Journal de Physique et le Radium, 1933, 4 (12), pp.719-724. <10.1051/jphysrad:01933004012071900>. <jpa-00233190>

**HAL Id: jpa-00233190**

**<https://hal.science/jpa-00233190v1>**

Submitted on 4 Feb 2008

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.



HAL Authorization

## LES NEUTRONS LENTS ÉMIS PAR LE GLUCINIUM SOUS L'ACTION DES RAYONS $\alpha$

Par M. P. AUGER.

Faculté des Sciences de Paris. Laboratoire de Chimie Physique.

**Sommaire.** — Par l'action d'une source, formée de glucinium bombardé par des rayons  $\alpha$ , sur une chambre à détente contenant de l'hydrogène on a pu photographier les trajectoires des protons projetés par le choc des neutrons. Deux catégories très nettes de trajectoires peuvent être ainsi distinguées : les unes correspondant à des protons rapides, dus à l'action des neutrons de grande énergie, les autres correspondant à des protons de faible vitesse provenant des chocs de neutrons lents, dont l'énergie cinétique est de l'ordre du dixième de celle du premier groupe. Ces neutrons lents sont émis en grande partie directement, (indépendamment des effets secondaires, diffusion, chocs inélastiques) par le glucinium sous l'action des rayons  $\alpha$  du polonium ou du radon et forment un groupe diffus. Leur origine peut être cherchée dans une excitation des noyaux de Be par les particules  $\alpha$ , sans capture de celle-ci, l'énergie d'excitation étant ensuite, au moins en partie, employée à l'émission d'un neutron.

**1. Méthode, appareils.** — Si l'on fait traverser par le rayonnement d'une source de Bothe et Becker (glucinium métal bombardé par les rayons  $\alpha$  du polonium) l'atmosphère d'une chambre à détente remplie d'hydrogène humide, on obtient les traces des trajectoires des protons projetés par le choc des neutrons (effet Joliot-Curie) <sup>(1)</sup>. La méthode permet d'étudier avec précision l'origine de la trajectoire puisque le choc a lieu au sein du gaz, et aussi de mettre en évidence les protons projetés avec de faibles vitesses, puisque les trajectoires sont plus longues que dans l'air et qu'un proton parcourant quelques dixièmes de millimètres est déjà décelable.

Les appareils qui ont servi dans cette étude sont :

1° Un appareil identique à celui décrit dans un travail antérieur <sup>(2)</sup>. Photographie dans deux directions rectangulaires. Diamètre 40 cm, 5 ;

2° Une chambre à détente automatique pouvant être placée dans un champ magnétique. Photographie stéréoscopique. Diam., 8 cm ;

3° Une chambre pouvant supporter une pression de 2 à 3 atmosphères, photographie unique. Diamètre 9 cm, 5.

Ils ont été chargés d'hydrogène humide à la pression atmosphérique pour les deux premiers, sous 2,5 atmosphères pour le troisième. Un grand nombre de clichés ont été faits, avec des sources de deux espèces : Une source formée d'un disque de glucinium métal accolé à une préparation de polonium (cette source nous a été prêtée obligeamment par M. et M<sup>me</sup> Joliot-Curie) et une ampoule d'émanation du radium contenant de la poudre de glucinium ; les préparations actives atteignaient 150 à 200 millicuries. Dans le cas de l'ampoule d'émanation la source a toujours été enfermée dans un bloc de plomb de 5 cm d'épaisseur, de manière à diminuer l'action des rayons  $\gamma$ .

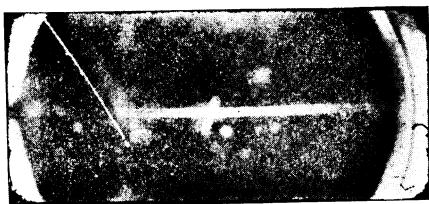
Des écrans de paraffine pouvaient être disposés autour de l'appareil n° 2 et de la source, pour diminuer l'action de diffusion des masses voisines. Des diffuseurs massifs, formés de briques de plomb, de cuivre rouge, d'aluminium, pouvaient être placés pour augmenter au contraire cette action.

<sup>(1)</sup> P. AUGER, *C. R.*, **194** (1952), 877 ; **195** (1932), 234 ; **196** (1933), 170. L. MEITNER et PHILIPP, *Naturwiss.*, **20** (1932), 929. KURIE, *Phys. Rev.*, **43** (1933), 672-771. FRATBER, *Proc. Roy. Soc.*, **142** (1933), 689. ;

<sup>(2)</sup> *Ann. de Physique*, X, **6** (1926), 193-202.

**2. Observation des clichés.** — On voit sur les photographies des trajectoires typiques d'électrons, dont nous ne tiendrons pas compte. Ensuite de fortes traces rectilignes qui sont en grande majorité des trajectoires de protons, ce qui a d'ailleurs pu être confirmé par leur courbure magnétique, grâce à l'appareil n° 2. Ces protons sont en partie empruntés à la graisse ou à l'humidité qui tapisse les parois de l'appareil, et alors leur origine n'est pas visible; pour les autres, qui nous intéressent ici, le proton a été heurté au sein du gaz, et l'on peut très distinctement voir l'origine de la trace, et vérifier qu'aucune trajectoire ionisante n'y aboutit.

L'examen des trajectoires montre tout de suite l'existence de deux catégories : 1° les traces très rectilignes, peu ionisantes, portant des barbelures adventices dues aux rayons  $\beta$  de collision, des protons rapides, cliché 1; 2° les traces épaisses, quelquefois coudées ou bifurquées, courtes et sans barbelures, des protons lents, cliché 2. Les premières traversent tout l'appareil et vont se perdre dans la paroi; les secondes sont souvent contenues en entier dans le gaz, ce qui permet d'évaluer leur parcours, et par conséquent l'énergie cinétique du proton.



Cliché 1.



Cliché 2.

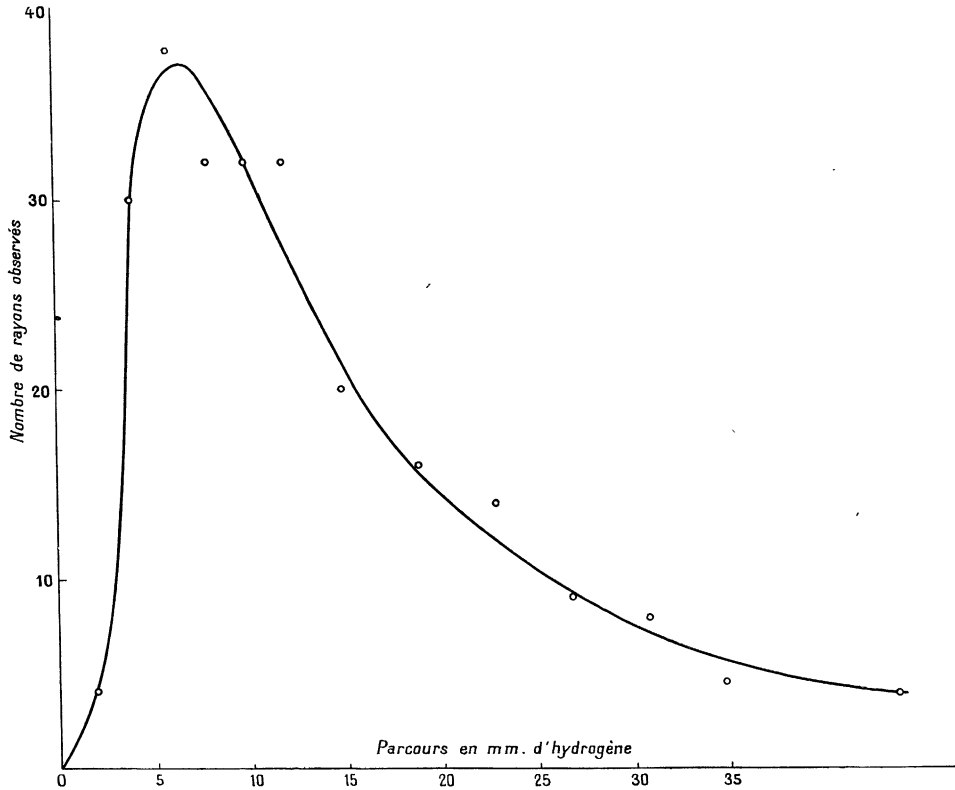
Il y a naturellement aussi un certain nombre de traces douteuses, qui vont se perdre dans les parois sans porter les caractères des protons rapides; on peut le plus souvent voir s'il s'agit vraiment d'un proton lent d'après l'aspect, et le déchet qui subsiste est peu important. Pour faire des évaluations d'importance relative, il faut naturellement ne tenir compte que des traces prenant naissance dans un volume bien défini de gaz; si l'on prend cette précaution on voit que les traces courtes sont plus nombreuses, et quelquefois beaucoup plus, que les traces de protons rapides. Les directions de ces trajectoires se répartissent dans tout le demi-espace en avant, par rapport à la source, et il y a même un certain nombre (de l'ordre de 1/10) de trajectoires courtes qui sont dirigées en sens inverse, comme le montre l'action du champ magnétique.

**3. Statistique de parcours.** — La première impression donnée par l'observation des clichés est confirmée par une statistique des longueurs des traces obtenues dans les mêmes conditions. Avec le dispositif n° 1 à deux appareils rectangulaires, on peut obtenir les vraies grandeurs des trajectoires; avec les deux autres on n'a qu'une projection, mais on peut cependant utiliser les résultats qu'ils donnent en tenant compte des effets de perspective.

Dans ces statistiques le seul groupe qui figure effectivement est celui des trajectoires contenues en entier dans le gaz. En dehors de ce groupe court, il y a un groupe douteux qui atteint une paroi sans porter de rayons  $\beta$  de collision, et le groupe rapide.

Dans tous les cas, le groupe court a montré les caractères suivants : 1° il y a des trajectoires de toutes les longueurs, depuis 0,5 mm jusqu'à tout le diamètre de l'appareil (soit 6 cm, au-dessus de cette longueur les deux extrémités ne sont plus visibles) et certainement plus; 2° Il y a une abondance de trajectoires de parcours faible qui indique une sorte de groupe. Pour préciser ces remarques, on peut construire une courbe de répartition, sur laquelle on portera en ordonnées l'abondance des trajectoires aux environs de chaque parcours porté en abscisses, les parcours sont toujours rapportés à l'hydrogène

normal. Par exemple dans un cas (appareil n° 3, source Be + Rn) où 418 trajectoires ont été observées on aperçoit très nettement un maximum très près de l'origine et une décroissance lente vers les grands parcours (courbe 1). La moitié des trajectoires est comprise entre 0 et 5 mm, et sur 418 au total il y en a 343 inférieures à 50 mm, 26 douteuses et 49 rapides.



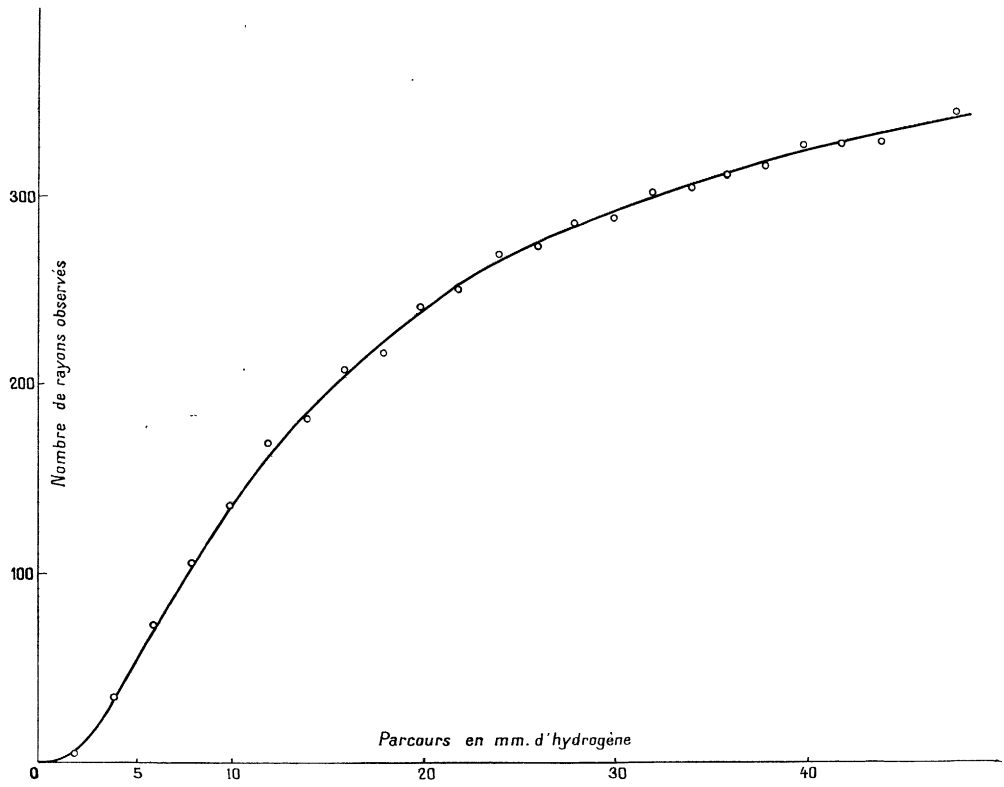
Courbe 1.

Il est très difficile de dire ce qui se passe pour les très petits parcours, l'observation des longueurs au-dessous de 0,5 mm devenant très hasardeuse. Cependant il paraît bien y avoir un manque de trajectoires au-dessous de 4 mm et une sorte de tête de bande atteignant très vite un maximum vers 5 ou 6 mm pour décroître très progressivement ensuite. La courbe intégrale de la précédente montre assez bien cette dissymétrie (courbe 2). Des observations dans l'hydrogène sous pression réduite pourront donner une réponse plus nette. D'autres statistiques, faites avec l'appareil à deux clichés à angle droit, donnent un résultat semblable mais le nombre des trajectoires mesurées en vraie grandeur n'a été que de 93 (courbe 3).

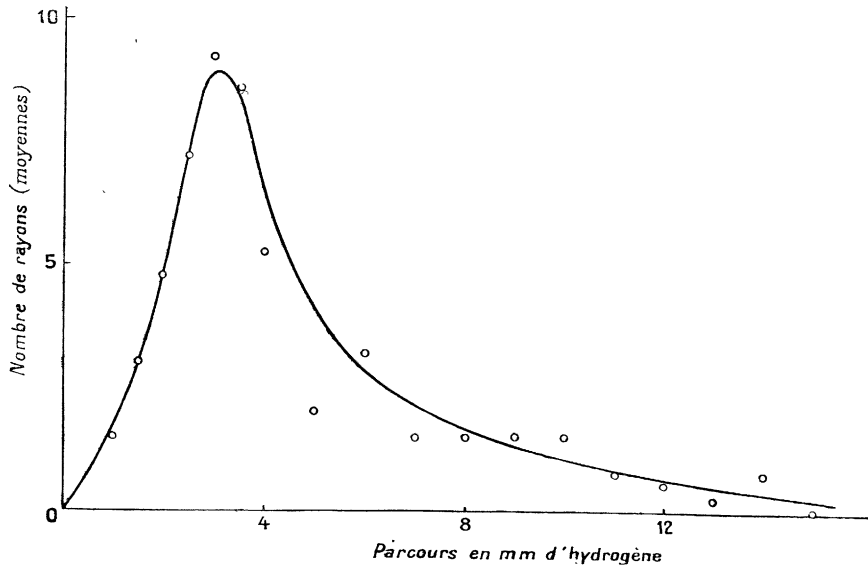
**4. Énergie réelle des neutrons.** — Le parcours et par conséquent l'énergie cinétique des protons projetés ne donne qu'une idée approximative de l'énergie des neutrons; il faudrait connaître dans chaque cas les angles des trajectoires des corpuscules, et les vitesses.

Une étude statistique <sup>(1)</sup> des angles des trajectoires des protons avec celles des

(1) P. AUGER et G. MONOD HERZEN, *C. R.*, 196 (1933), 1102.



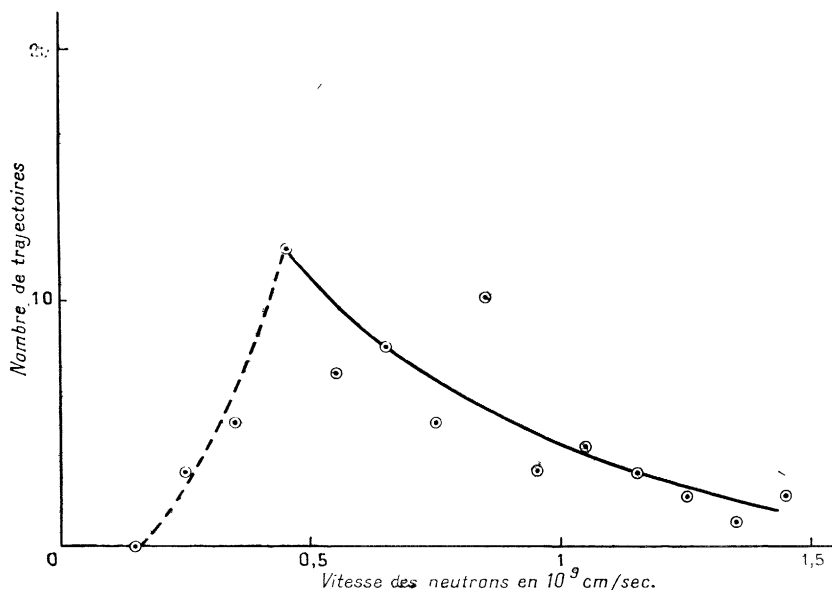
Courbe 2.



Courbe 3.

neutrons a pu être faite avec l'appareil à deux clichés rectangulaires, sur un nombre encore malheureusement assez petit de trajectoires (80). Le résultat est cependant assez net pour permettre de déduire une loi de choc : comme dans le choc de deux sphères élastiques sans frottement le corpuscule heurté (proton) emporte en général une portion importante de l'énergie du corpuscule incident (neutron). Les chocs avec projection du proton aux environs de  $45^\circ$  sont en majorité. On peut donc dire que le groupe de trajectoires protoniques correspond à un groupe de neutrons et que de la répartition énergétique des premières on peut tirer quelques renseignements sur celle des seconds. D'ailleurs une étude statistique portant sur 80 trajectoires dans laquelle les parcours et les angles étaient mesurés dans chaque cas, a permis de remonter aux vitesses et aux énergies des neutrons grâce aux suppositions suivantes : 1° Le choc est élastique ; 2° Les masses des particules sont voisines ; 3° La loi reliant les parcours des protons dans l'hydrogène et leurs vitesses est celle donnée par Blackett (<sup>1</sup>).

On a alors obtenu (<sup>2</sup>) la répartition donnée dans la courbe 4 où les vitesses des neutrons sont portées en abscisses, leur nombre en ordonnées. Le groupe de neutrons le plus abondant possède une vitesse de  $0,45 \cdot 10^9$  cm/sec ce qui correspond à une énergie de 100 kilowolts-électrons. On voit combien cette énergie est faible, comparée à celle du groupe de neutrons rapides.



Courbe 4.

**5. Importance relative des groupes.** — Cette question dont la solution paraît simple est en réalité rendue complexe par l'existence d'une forte diffusion des neutrons lents par les noyaux lourds. Expérimentalement cela se manifeste par une abondance plus grande des trajectoires courtes, toutes conditions restant identiques, lorsqu'on entoure la source et l'appareil de masses de plomb ou de cuivre par exemple ; au contraire l'élimination des diffuseurs, et l'établissement d'un rempart épais de paraffine destiné à l'absorption des neutrons qui pourraient être diffusés par les objets inamovibles (murs, corps de l'appareil) amène une réduction sensible du nombre de ces trajectoires. Les rapports du nombre des protons lents au nombre des protons rapides excités par le

(<sup>1</sup>) *Proc. Roy. Soc.*, **134** (1932), p. 638.

(<sup>2</sup>) Travail fait en collaboration avec M. G. MONOD HERREN.

rayonnement de [Be + Po] après élimination des diffuseurs est voisin de l'unité; si l'on opère en présence de diffuseurs on peut presque doubler ce nombre. Dans le cas de la source [Be + Rn] on ne peut éviter la présence de plomb autour de la source, et si dans ce cas on entoure le tout encore avec du métal épais pour se placer dans des conditions analogues aux précédentes on obtient un rapport voisin de 10.

La conclusion, malheureusement très peu précise, est que la source d'émanation produit relativement plus de trajectoires courtes que la source de polonium, peut-être cinq fois plus, et que cette dernière produit à peu près autant de trajectoires courtes que de trajectoires rapides.

**6. Origine des neutrons lents.** — Etant donné l'effet des diffuseurs sur l'importance relative du groupe lent, on pouvait se demander si une partie importante de ces neutrons lents ne proviennent pas, dans tous les cas des chocs inélastiques des neutrons primaires rapides, venus de la source, avec les noyaux de la matière environnante. Ces chocs inélastiques, accompagnés de la perte de la plus grande partie de l'énergie cinétique du neutron, s'ajouteraient à l'effet de diffusion simple (chocs élastiques) des neutrons lents venus de la source. — L'existence d'un tel mécanisme ne paraît cependant pas nécessaire pour l'interprétation des résultats actuels. En particulier une étude de la répartition dans l'espace des origines des rayons protoniques (c'est-à-dire des lieux de choc) a pu renseigner sur la loi de décroissance de l'intensité du rayonnement de neutrons en fonction de la distance à la source. Ce n'est pas exactement la relation en raison inverse du carré de la distance à laquelle on doit s'attendre dans le cas d'une source ponctuelle sans diffusion; cependant, même dans les expériences avec diffuseur entourant l'appareil, la décroissance est suffisante pour obliger à chercher dans la source de glucinium l'origine directe d'une très grande partie des neutrons lents.

**7. Hypothèses.** — Laisant de côté les mécanismes secondaires (diffusion, chocs inélastiques) il faut donc essayer de donner une interprétation de l'émission par le glucinium de neutrons de faible vitesse. Une telle interprétation <sup>(1)</sup> résultant de la considération de chocs inélastiques spéciaux des particules  $\alpha$  contre les noyaux de glucinium, dans lesquels la particule  $\alpha$  ne serait pas capturée mais perdrait seulement de l'énergie. Le noyau qui serait ainsi excité par le passage proche d'une particule  $\alpha$  perdrait ensuite son énergie potentielle par éjection de son neutron (la formule de  ${}^9\text{Be}$  pouvant être écrite  $(2\alpha + n)$  suivant un mécanisme qui n'est pas sans analogie avec l'autoionisation dans l'effet photo-électrique composé <sup>(2)</sup>). Remarquons que le neutron, qui ne porte pas de charge, peut quitter le noyau positif avec une vitesse faible.

De tels chocs ne se produisant que pour des particules  $\alpha$  de vitesse suffisante, doivent être plus abondants lorsque les rayons  $\alpha$  qui bombardent le glucinium sont plus pénétrants, ceci s'accorde bien avec l'observation faite plus haut du nombre plus grand (relativement au total) de trajectoires courtes dans le cas des sources glucinium + émanation, par rapport au cas de la source de glucinium + polonium.

<sup>(1)</sup> L'idée d'un mécanisme de ce genre se trouve dans l'ouvrage de Gamow. Elle a été reprise récemment par Elsaesser.

<sup>(2)</sup> Le noyau formé,  ${}^9\text{Be}$ , n'étant sans doute pas stable, se scinderait en deux particules  $\alpha$  de faible énergie.