HAL
archives-ouvertes.fr

Expériences préliminaires sur les radioactivités consécutives à l'explosion de fils contenant du deutérium

M. Bonpas, A. Ertaud, J.P. Legrand, R. Meunier

To cite this version:

M. Bonpas, A. Ertaud, J.P. Legrand, R. Meunier. Expériences préliminaires sur les radioactivités consécutives à l'explosion de fils contenant du deutérium. J. Phys. Radium, 1957, 18 (10), pp.585-592. 10.1051/jphysrad:019570018010058500 . jpa-00235711

HAL Id: jpa-00235711

https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00235711

Submitted on 1 Jan 1957

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.

EXPÉRIENCES PRÉLIMINAIRES SUR LES RADIOACTIVITÉS CONSÉCUTIVES A L'EXPLOSION DE FILS CONTENANT DU DEUTÉRIUM.

Par MM. M. BONPAS (+), A. ERTAUD (o), J. P. LEGRAND (+) et R. MEUNIER (*),
Service de la Pile de Châtillon, C. E. A.

Introduction. — Depuis les expériences de J. A. Anderson [1], l'intérêt des expérimentateurs a été attiré sur la possibilité d'obtenir de hautes températures en faisant exploser un fil métallique par le courant intense de la décharge d'un condensateur. Diverses publications plus récentes [2], [3] au sujet des fils explosifs montrent qu'il n'est pas déraisonnable de penser qu'une batterie de condensateurs de taille acceptable devrait permettre d'élever la température d'un fil fin jusqu'au seuil des températures nécessaires au déclenchement des réactions thermonucléaires. L'étude expérimentale de l'explosion d'un fil a donc été entreprise dès février 1952 et elle devait nous montrer que dans certaines conditions expérimentales la décharge pouvait être contractée sous diverses formes. Une telle contraction permet d'accroître l'énergie fournie par unité de volume au plasma formé et d'atteindre ainsi localement, selon toute probabilité, de très hautes températures.

Les moyens d'étude dont nous disposions à l'époque, détection des neutrons par activation du manganèse et mesure des radioactivités provoquées par l'explosion au moyen de compteur Geiger, ont été pratiquement les seules méthodes d'analyse que nous ayons employées, quoique, *a priori*, le fait de détecter des réactions nucléaires n'implique pas nécessairement que de hautes températures les aient provoquées.

Le fonctionnement normal des compteurs Geiger immédiatement après l'explosion d'un fil métallique a été mis en doute lorsque W. M. Conn prétendit [4] avoir obtenu, par décharge de condensateurs dans un fil fin métallique, une activité consécutive mesurée au compteur de Geiger qui disparaissait en passant par des maxima successifs. Ces expériences difficilement explicables suggèrent que, dans le cas d'explosion de fils métalliques, les compteurs présentent des phénomènes parasites, peut-être à cause de l'illumination intense qui l'accompagne et de ses caractéristiques particulières [5]. Comme le mouvement propre résiduel des compteurs Geiger avait déjà fait l'objet de nos préoccupations, nous avons pensé reproduire le phénomène de Conn avant de tenter les expériences avec des fils contenant du deutérium, afin d'être éclairés sur la valeur des renseignements donnés par les compteurs dans nos conditions d'expérience.

Description du matériel expérimental et premières expériences. — Nous avons poursuivi ces expériences qui ne doivent être considérées que comme très préliminaires, successivement en trois lieux différents, mettant à profit chaque fois les enseignements antérieurs et en étant avisés contre les erreurs d'interprétation qui accompagnent les comptages de très faibles activités. Au cours des premières expériences (février à avril 1952), nous avons utilisé un banc formé de 40 condensateurs isolés au « Pyranol », de 1 μF et 25 000 volts de tension de service, provenant des surplus. Il était chargé à environ 20 kV puis déchargé par un contacteur dans des fils de diamètre voisin de 0,1 mm de Al, Cu, Ni, Ta. Un compteur Geiger à paroi d'aluminium de 15/100 mm d'épaisseur et rempli au métaxylène et à l'argon [7], placé 10 secondes après l'explosion au voisinage des électrodes qui avaient supporté le fil, ne montrait pas la moindre variation de mouvement propre, en contraste avec les observations de Conn. En revanche, avec des fils de coton imprégnés de D_2O rendu conducteur par $LiNO_3$, il était parfois, quoique assez rarement, possible d'enregistrer une activation décroissant par la suite. Ainsi, au cours d'une expérience, une décroissance avec une activité initiale de 120 coups/min fut suivie pendant

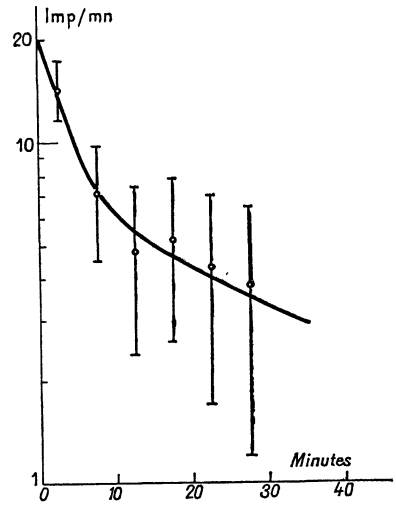

FIG. 1. — Courbe de décroissance obtenue au cours de douze expériences préliminaires.

(+) Actuellement à la Direction des Études des Fabrications d'Armements S. E. F. T. (Fort d'Issy).
(o) Actuellement à la Société Alsacienne de Constructions mécaniques.
(*) Service de Physique Nucléaire, C. E. N., Saclay.

Article published online by EDP Sciences and available at http://dx.doi.org/10.1051/jphysrad:01957001801005850

deux heures avant de devenir indistincte du bruit de fond.

L'irrégularité des résultats et leur caractère sporadique nous a conduits à répéter ces expériences dans de meilleures conditions.

Deuxième série d'expériences. — La deuxième série d'expériences eut lieu dans un tunnel où le mouvement propre des compteurs était à la fois plus faible et plus stable. Tous les compteurs utilisés avaient été surveillés pendant au moins trois mois, et étaient rejetés s'ils présentaient une variation quelconque de leurs caractéristiques. Ces mesures d'activités ont été faites simultanément avec trois ou quatre installations de comptage complètement distinctes et avec des compteurs qui n'ont pas présenté d'évolution pendant un an et demi d'expériences.

Pour que le champ magnétique propre à la décharge présente une symétrie axiale et contracte le plasma régulièrement, le circuit électrique fut monté avec la même symétrie.

Nous nous sommes rapidement rendu compte qu'au cours de la phase préliminaire de l'allumage de l'éclateur à boule qui était en série avec le fil, le courant risquait de volatiliser le fil avant que l'éclateur ne soit complètement ionisé et donc que toute la tension ne soit appliquée au fil. Cette difficulté a été surmontée en fournissant l'énergie nécessaire à l'ionisation de l'éclateur par un condensateur auxiliaire de 0,125 μF branché directement en parallèle sur l'éclateur (*fig.* 2 et 7).

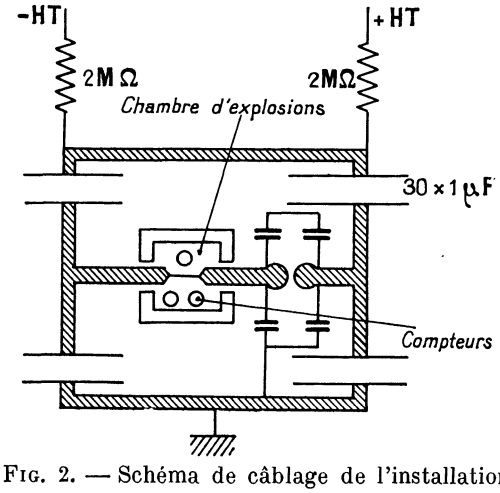

FIG. 2. — Schéma de câblage de l'installation.

Ce condensateur, au moment où la tension disruptive était atteinte, faisait passer en 2.10^{-7} s un courant de 10^4 ampères dans l'éclateur.

Au cours de 34 expériences avec des fils de coton imprégnés de D_2O et $LiNO_3$, nous avons constaté 17 fois un accroissement du mouvement propre d'un compteur à paroi d'aluminium qui était à peu près doublé pendant les cinq premières minutes. La figure 1 montre le taux de comptage à la minute obtenu en faisant la moyenne des douze expériences qui ont été suivies pendant au moins 30 minutes.

Au cours de quelques expériences l'émission de rayonnement électromagnétique a été détectée avec une chambre d'ionisation placée à un mètre environ de l'explosion, simultanément avec les décharges qui donnaient une activité au compteur G. M.

Aucun phénomène anormal n'a été observé avec des fils métalliques au cours de plusieurs centaines d'expériences. Le phénomène signalé par Conn n'a jamais pu être reproduit avec notre dispositif expérimental.

Troisième série d'expériences. — La troisième installation comprenant 120 condensateurs de 1 μF fut montée dans un autre souterrain. Le schéma de câblage est reproduit sur la figure 2. Le fil se trouvait au centre du banc de condensateurs (*fig* 3 et 4). La symétrie axiale était alors parfaitement réalisée comme l'a montré l'étude photographique des décharges.

La capacité totale était 40 μF, la tension de

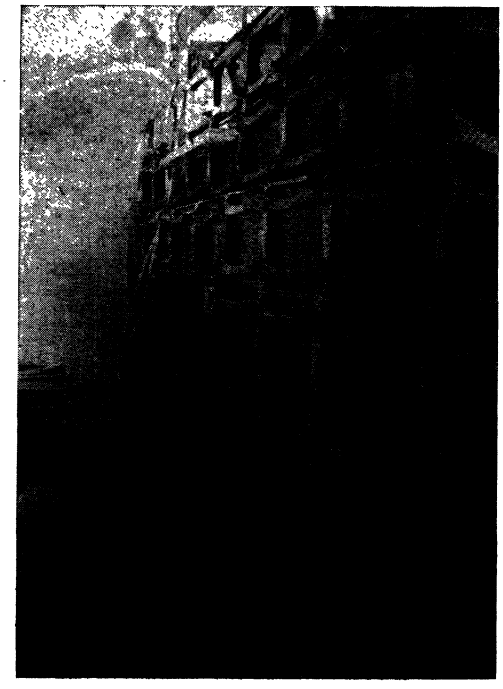

FIG. 3. — Banc de condensateurs avec vue de l'orifice dans lequel est la chambre d'explosion.

charge maxima 40 kV et l'intensité maxima 380 kA comme nous avons pu le déduire des mesures faites avec un oscilloscope cathodique. L'inductance du circuit était 0,3 μH. Le maximum de l'intensité était atteint en environ 5 μs. Il se trouva qu'indépendamment de Reynolds et Craggs [8] nous avons monté un banc de condensateurs avec des caractéristiques similaires, à la même époque et dans le

même but. Cependant, nos expériences sont distinctes des leurs, car nous avons fait la décharge

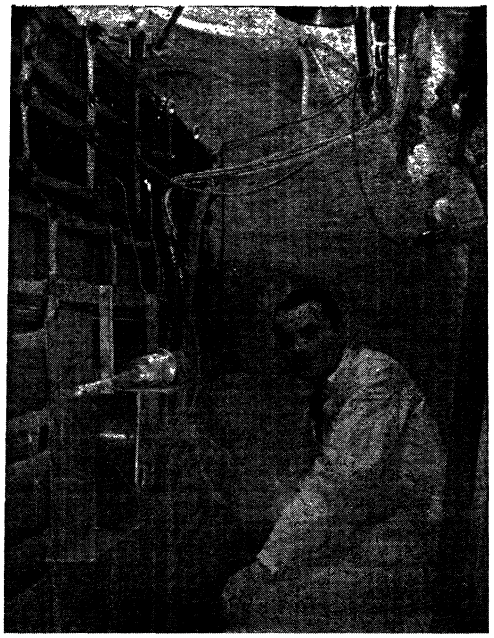

FIG. 4. — Banc de condensateurs avec deux compteurs G. M.

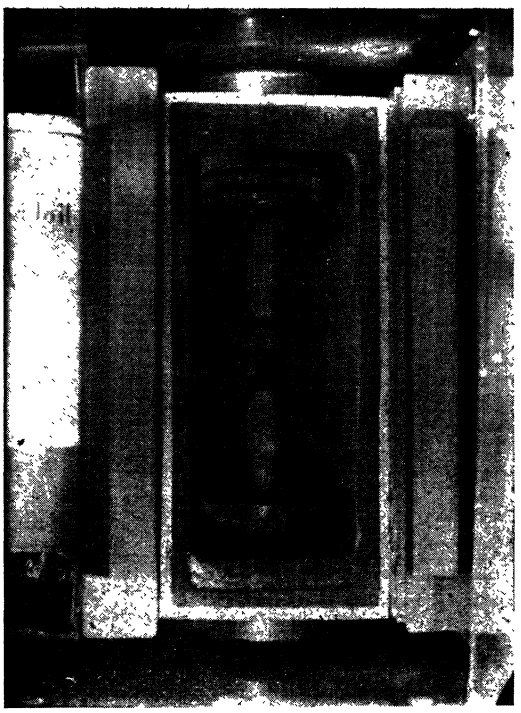

FIG. 5. — Chambre d'explosion ouverte.

dans des fils contenant du deutérium, donc à assez forte densité et non pas dans le deutérium gazeux.

Les électrodes supportant le fil étaient en laiton ou en graphite. Diverses formes d'extrémité, un cône pointu, arrondi ou même tronqué ont été essayées au cours des expériences (*fig.* 5). La distance entre les électrodes était réglable entre 0 et 90 mm. Afin de mesurer dans de bonnes conditions l'activité des électrodes, elles ont été d'abord entourées par un château de plomb recouvert intérieurement de 5 mm de cuivre rouge destiné à arrêter les rayons β du radium *D* contenu dans le plomb. Trois orifices laissaient passage à trois compteurs de Geiger à paroi d'aluminium reliés à trois ensembles de comptage. Une quatrième installation de comptage, placée elle aussi à distance du banc de condensateurs, comprenait un compteur à fenêtre mince de mica entouré d'une couronne de compteurs cosmiques en anticoïncidence qui abaissait le mouvement propre de ce compteur à environ 4 imp/min (*fig.* 6). Une cinquième installation de comptage était aussi disponible pour mesurer l'activité de feuilles de papier qui avaient tapissé la chambre d'explosion pendant la décharge.

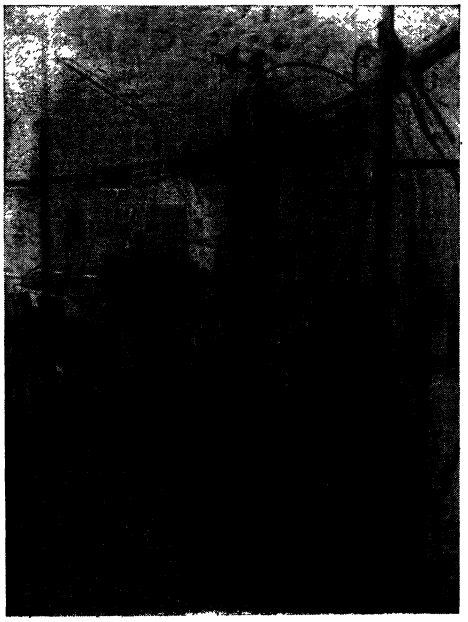

FIG. 6. — Installation de comptage en anticoïncidence et conditionnement de la chambre d'expérience.

Une deuxième chambre d'explosion fut construite (*fig.* 5 et 7) en vue de travailler en atmosphère conditionnée. Elle pouvait aussi bien être mise sous vide que sous pression (*fig.* 6). L'humidité de l'air a pour effet de créer sur les décharges faites à l'air ambiant des conditions favorables à la formation d'un arc entre les électrodes avant que le fil ait reçu l'énergie maxima possible. En conditionnant l'atmosphère par l'usage d'azote pur ou d'air sec additionné de CCl_4 qui forme aisément des ions négatifs, il est possible d'éviter un arc prématuré. Les expériences furent interrompues jusqu'à la fin de 1953.

Aussi à leur reprise, les conditions expérimentales avaient eu le temps d'être modifiées et d'inclure une méthode de détection des neutrons par acti-

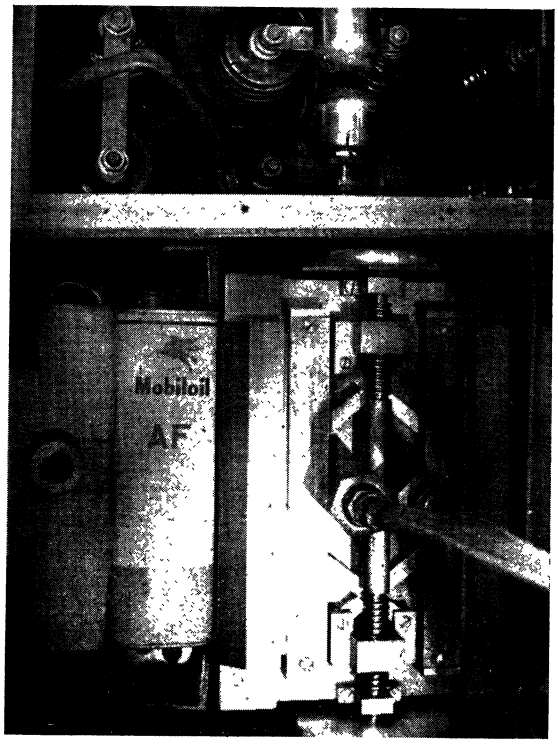

FIG. 7. — Chambre d'expérience fermée. A droite, l'éclateur avec ses capacités d'amorçage. Au-dessus un compteur à neutrons placé dans de la paraffine et de l'eau.

vation du manganèse. Entre-temps, des méthodes de préparation et de mesure de deutérium enrichi en tritium ont été aussi développées [8] et de nouveaux fils en tantale deutérés et tritiés mis au point.

Détection des neutrons. — Diverses méthodes ont été mises en œuvre pour détecter les neutrons qui pouvaient être émis par les réactions d, d et t, d. 1) Un détecteur de manganèse placé dans de la paraffine à une dizaine de cm du fil fut mesuré après quelques explosions. L'activité mesurée était trop faible pour être significative. 2) Nous avons placé une cuve contenant six litres d'une solution saturée de MnO_4K au-dessus de la chambre d'explosion et nous avons utilisé l'effet Szilard pour recueillir le manganèse actif [10], [11]. L'efficacité de l'extraction de ^{56}Mn dans les conditions expérimentales a été trouvée de l'ordre de 85 %. L'étalonnage du système avec une source étalon de Ra +Be a montré qu'une imp/min du compteur comptant le précipité de MnO_2 représentait l'émission instantanée de 5.10^6 neutrons.

Une activité résiduelle à saturation de l'ordre de 3 imp/min existait dans tout précipité extrait de la solution. Avant toute expérience, une séparation était faite afin d'éliminer l'incertitude sur l'activité résiduelle de la solution en cours de manipulation.

Préparation des fils. — Seuls des fils de coton imprégnés de D_2O et $LiNO_3$ pour lesquels $T/D = 5.10^{-13}$ servirent lorsque les électrodes étaient placées dans le premier château de plomb qui n'avait pas d'atmosphère conditionnée. Les éléments participant à l'expérience étaient alors H, D, Li, C, Cu, Zn.

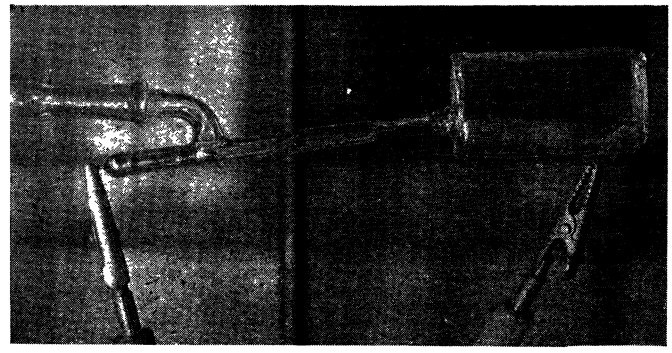

FIG. 8. — Appareil pour hydrogéner le tantale. Le fil est introduit à travers le bain de mercure et le capillaire sans qu'il rentre d'air dans l'appareil.

Par la suite, pour les expériences avec la chambre conditionnée, les fils ont été préparés en faisant absorber par des fils de Ta environ 100 fois leur volume de deutérium pour lequel le rapport T/D atteignait 10^{-6}. L'hydrogénation a été vérifiée par pesée. L'appareil d'hydrogénation des fils est représenté par la figure 8. Il possède la particularité de protéger de l'hydrogénation par une garde de mercure les extrémités du fil que l'on fixe dans les électrodes. Le mercure joue aussi le rôle d'amenée de courant tout en permettant que l'on introduise et enlève le fil sans qu'il rentre d'air dans l'appareil, le mercure remplissant ainsi le rôle de sas. Les éléments présents étaient alors H, D, T, N, O, K, Fe, Cu, Zn, Ta. La détection des neutrons n'a été opérée que dans ces conditions expérimentales.

Étude photographique. — L'étude photographique des explosions de fil montre une très grande dépendance entre la forme du plasma et celle des électrodes support du fil. La longueur du fil égale à la distance inter-électrodes d, joue aussi un rôle important.

Pour des électrodes coniques, le plasma, qui est d'abord étalé perpendiculairement à l'axe de la décharge lorsque $d \leqslant 10$ mm, devient progressivement de plus en plus étranglé sur l'axe quand d croît jusqu'à 66 mm. Si d est compris entre 25 et 40 mm, le plasma forme ce qui apparaît être une

petite sphère isolée des électrodes au centre du fil (*fig.* 9) et il semble qu'alors on réalise la forme la plus contractée du plasma que nous ayons pu observer. Cette sphère n'a qu'un diamètre de 6 mm environ. La densité du deutérium dans le fil était de 2.10^{21} et correspondait à 10^{17} atomes/cm^3 dans le volume de cette sphère. Si cette densité est effectivement réalisée, il suffit d'atteindre quelques 10^6 degrés pour que la réaction d, d produise quelques millions de neutrons par explosion [12]. La réaction $d + t \rightarrow He^4 + n + 17{,}6$ MeV est aussi possible. Quoique la concentration en tritium ait été beaucoup plus faible, on sait [13] qu'il suffirait pour produire cette réaction d'une température environ dix fois plus faible que celle qui est nécessaire à la réaction avec le deutérium pur. Même avec notre faible concentration, on ne peut pas affirmer qu'elle ne se produit pas aussi si la réaction d + d a lieu.

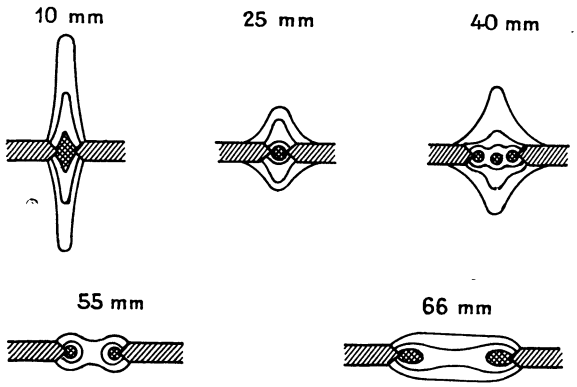

FIG. 9. — Photographie d'explosions. Dessins exécutés à partir des négatifs.

Aussi toutes les expériences ont alors été réalisées avec cette configuration particulière des électrodes. Avec des longueurs de fil plus petites ou plus grandes, nous n'avons pas pu observer d'activité consécutive à l'explosion. La figure 9 est une collection de dessins obtenus chacun à partir de trois ou quatre photographies prises dans les mêmes conditions à l'exception de l'ouverture de l'objectif. Chaque photographie prise ainsi avec une autre densité permet d'obtenir une autre zone d'égale brillance.

Résultats des expériences. — Les activités enregistrées par les trois compteurs placés après l'explosion au voisinage des électrodes ainsi que celle qu'a présentée la feuille de papier qui avait été placée dans la chambre sont toujours simultanées et présentent des décroissances identiques.

Beaucoup d'expériences sont totalement négatives, ce qui est une assurance que notre appareillage reste inaffecté par la proximité des explosions, et n'est pas systématiquement l'objet de phénomènes parasites. Si une activité est présente, tous les compteurs l'enregistrent. Cette activité correspond à une décroissance à plusieurs composantes. Nous avons obtenu 16 décroissances mesurées pendant assez longtemps pour que la moyenne des activités à la minute, corrigées du mouvement propre déterminé avec précision avant chaque expérience et après décroissance totale, permette de tracer la courbe de la figure 10. Cette courbe possède une partie bien linéaire, à l'exception du dernier point, ce qui peut être expliqué facilement par une très légère erreur sur la valeur du mouve-

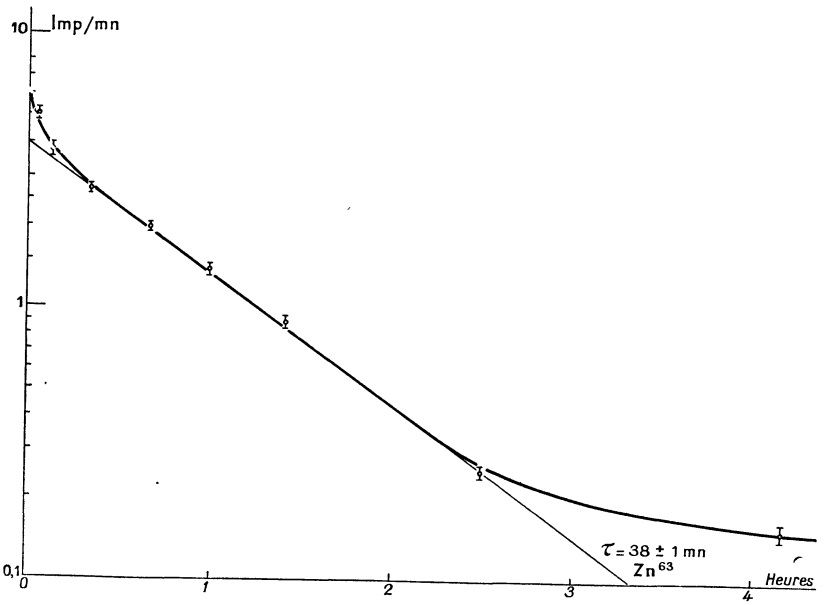

FIG. 10.— Décroissance obtenue au cours de 16 expériences.

ment propre. Cette partie linéaire correspond à une période de 38 ± 1 min avec une activité initiale de 4 imp/min. Il y a aussi une partie initiale courbe correspondant à une ou plusieurs décroissances à vies plus courtes. En utilisant les résultats de 30 expériences, suivies pendant moins longtemps mais en admettant la même valeur pour la période longue de 38 min, il est possible de résoudre la période courte en une seule période de 5 ± 1 min avec une activité initiale de 6 imp/min (*fig.* 11).

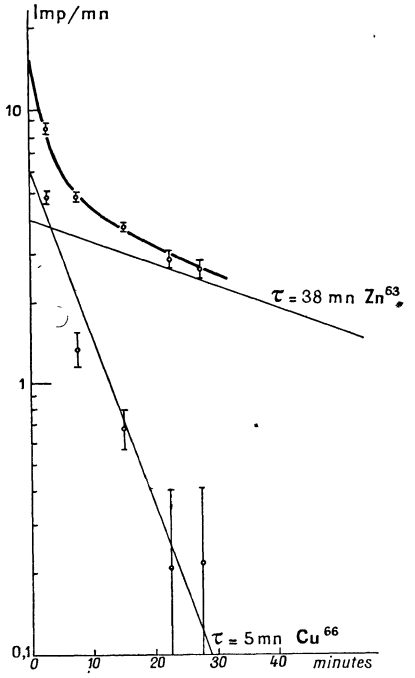

FIG. 11. — Décroissance à vie courte observée au cours de 30 expériences.

Nous avons tenté la détection des neutrons émis au cours de trois séries d'explosions faites très rapidement à la suite les unes des autres, afin d'être sûrs que, malgré le peu de reproductibilité des résultats, quelques explosions au moins aient pu produire des neutrons. Les séries furent de 5, 8 et 20 explosions de fils de tantale deutérés et tritiés. Un précipité de MnO_2 a été extrait sur papier filtre par filtration de la solution de MnO_4K à laquelle ont été ajoutées, juste avant l'opération de filtration, une solution de CO_3Na_2 et une solution de SO_4Mn en quantité voulue pour précipiter environ 1 g de MnO_2 et laisser la solution neutre. Le précipité lavé avec une dizaine de cm^3 d'eau distillée a été carbonisé sur une plaque de graphite chauffée électriquement au rouge sombre, puis compté avec l'un des compteurs à paroi mince de mica. Cette opération faite en l'espace d'une demi-heure a chaque fois conduit à une activité qui décroissait d'abord très vite, contrairement à tout ce qui a été observé dans toutes les expériences d'étalonnage avec une source de Ra + Be, et qui ensuite décroissait avec la période propre du ^{56}Mn. Le résultat global de ces trois expériences est reporté sur la

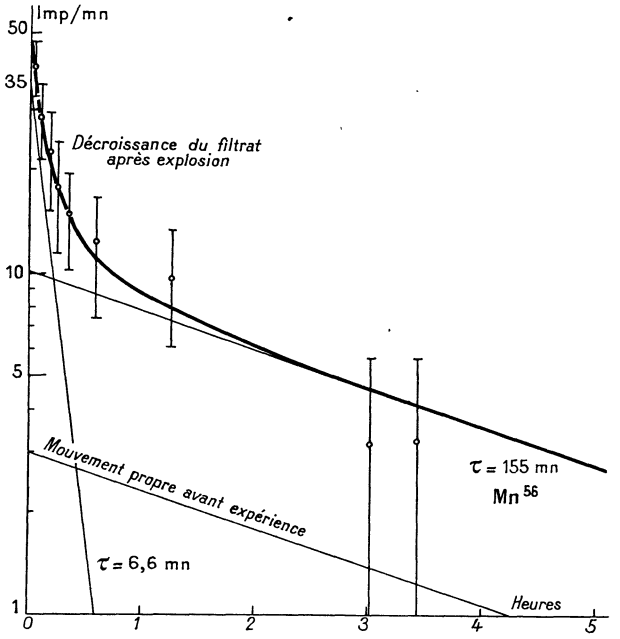

FIG. 12. — Détection des neutrons par activation de MnO_4K. Décroissance de l'activité du précipité recueilli.

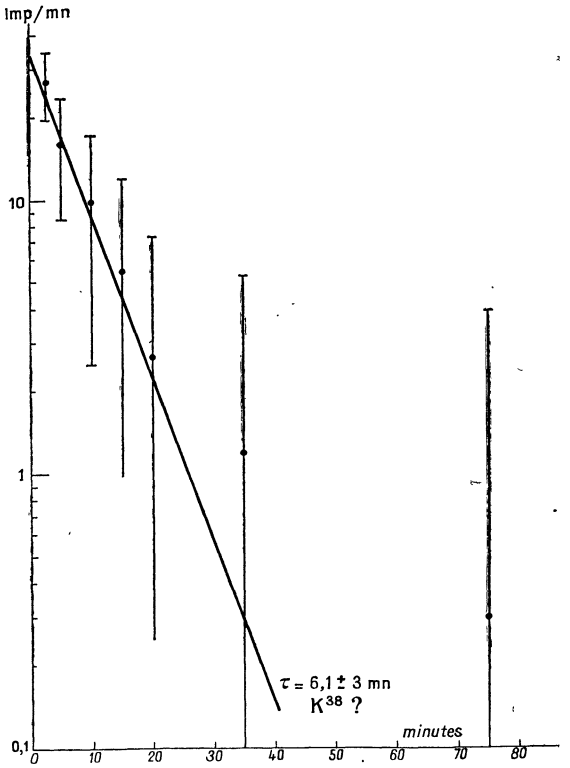

FIG. 13. — Période courte obtenue après explosion par irradiation de MnO_4K.

figure 12. L'activité initiale due au ^{56}Mn correspond, d'après les calibrations, à une émission de $3{,}5 \pm {}^{1{,}5}_{5} . 10^{7}$ neutrons pour les 33 explosions de fils de tantale deutérés, soit donc au moins 10^{6} neutrons quand il s'est trouvé qu'un fil explose avec production de neutrons.

La période courte observée par irradiation de la solution de MnO_4K par les explosions décroît expérimentalement avec une période de 6,1 $\pm$ 3 min avec une activité initiale au début du comptage de 35 imp/min (*fig.* 13).

Il est possible de supposer que cette période courte indique la présence de ^{38}K (émetteur β^+, période 7,7 min) qui se forme par les réactions ^{39}K(γ, n) et ^{39}K(n, 2n) avec un seuil voisin de 13 MeV et des sections efficaces respectivement égales à $0{,}8 . 10^{-26}$ [14] et $0{,}9 . 10^{-26}$ [15]. La filtration du précipité de MnO_2 ne devrait pas, *a priori*, être sélective par rapport au ^{38}K formé au sein d'une solution contenant 0,32 ion.g de potassium au litre. Cependant le noyau de potassium qui ionise la solution le long de son parcours de recul et la réduit par conséquent avec formation de composés insolubles de manganèse, ceux mêmes que nous recueillons par filtration, peut s'y retrouver fixé. Nous avons vérifié cet entraînement du potassium actif avec nos conditions expérimentales. M. Auclair nous a suggéré que les neutrons d'environ 14 MeV de la réaction t,d ont pu provoquer des réactions n, 2n même dans notre solution, et qu'il n'était peut-être pas nécessaire d'invoquer l'émission de rayonnement γ pour expliquer l'activité de 6,1 $\pm$ 3 min, s'il était prouvé que le potassium actif pouvait se retrouver avec le précipité d'oxyde de manganèse. Il nous a prêté son concours pour irradier avec les neutrons produits par la réaction (d, t) à l'aide d'un accélérateur Cockcroft-Walton, une solution de MnO_4K, en opérant dans des conditions similaires à celles des expériences avec les fils. Le précipité recueilli et lavé après une irradiation de 10 minutes décroît en présentant, en plus de la décroissance caractéristique du manganèse, celle du potassium de 7,7 minutes. Le rapport des taux de comptage ^{38}K/^{56}Mn est alors égal à 0,4 à la fin de l'irradiation. Remarquons que l'irradiation de potassium naturel sous forme de potasse sèche décroît avec la période de 7,7 minutes (^{38}K) et celle de 37,3 minutes (^{38}Cl) fournie par réaction (n, α) mais que le précipité extrait de la solution de MnO_4K ne présente que l'activité du potassium qui semble donc séparé sélectivement.

Interprétation des résultats. — Nous avons résumé dans le tableau les diverses activités observées expérimentalement avec les caractéristiques des radioéléments avec lesquelles il est vraisemblable de les identifier.

Ces résultats indiquent l'émission de neutrons au cours des explosions comme l'indique la présence de ^{66}Cu et de ^{56}Mn. Comme la section efficace de formation du ^{66}Cu décroît avec l'énergie de 1,4 $\pm$ 0,4 b pour des neutrons thermiques à 13 mb pour des neutrons de 0,5 MeV, nous pouvons conclure à la présence de neutrons d'énergie faible ou moyenne. Les taux de comptage observés correspondent à $1 {}^{+0.5}_{-0.15} . 10^{6}$ neutrons de toutes énergies pour la détection par le manganèse et à un nombre de l'ordre de 10^{6} pour la détection par le cuivre si l'on suppose que les neutrons émis étaient rapides.

L'activation du potassium et du zinc peut s'interpréter par une réaction (γ, n) ou (n, 2n) sans que l'on puisse décider entre ces deux modes. Les neutrons de la réaction d, t peuvent expliquer au plus un rapport de comptage ^{38}K/^{56}Mn = 0,4 alors qu'après explosion ce rapport est au moins égal à 3,5 qui est la valeur trouvée au début du comptage, quelque temps après l'explosion du dernier fil de la série. Ceci tendrait à suggérer l'émission de photons γ énergiques au cours de l'explosion de fils deutérés et tritiés, mais même si cette hypothèse était vérifiée au cours d'autres expériences, nous ne saurions en trouver une explication raisonnable. L'imprécision sur les efficacités de détection au compteur, ainsi que sur le rendement de l'extrac-

Radioéléments	Décroissance		Période observée	Activité au début du comptage	Formation	Abondance isotopique	Remarques sur la formation
$^{66}_{29}$Cu	$\beta-$	5,18 min	5 ± 1 min	6 imp/min	^{65}Cu(n, γ)	31 %	$\sigma_{nth}(1{,}8 \pm 0{,}4)\,10^{-24}$; $\sigma_{0.03\ MeV} = 6{,}5 . 10^{-26}$; $\sigma_{0.5\ MeV} = 1{,}3 . 10^{-26}$
$^{63}_{30}$Zn	$\beta+$	38 min	38 ± 1 min	4	^{64}Zn(γ, n) ou (n, 2n)	49 %	Seuil de photoproduction 11,65 MeV. $\sigma_{\gamma 17.5}$ env. 11×10^{-26} [16] $\sigma_n = 31 \times 10^{-24}$ [15]
$^{38}_{19}$K	$\beta+$	7,7 min	6,7 ± 3 min	35	^{39}K(γ, n) ou (n, 2n)	93,3 %	Seuil de photoproduction 13,2 MeV. $\sigma_{\gamma 17.5}$ env. $0{,}8 . 10^{-26}$ [16] $\sigma_n = 0{,}9 . 10^{-26}$ [15]
$^{56}_{25}$Mn	$\beta-$	2,59 h	2,6 h environ	10	^{35}Mn(n, γ)		$\sigma_{nth} = 13{,}2 . 10^{-}$

tion du ^{38}K de la solution ne nous permet que de fixer un ordre de grandeur très approximatif du nombre de photons γ ou de neutrons d'énergie supérieure à 13 MeV qui pourraient rendre compte des activités observées. Nous avons trouvé qu'il faudrait une émission par explosion de 10^4 à 10^6 photons γ ou neutrons pour expliquer l'activation du potassium ou du zinc.

L'activation du potassium et du manganèse n'a été tentée qu'avec des fils de tantale deutérés et tritiés pour lesquels les réactions vraisemblables avec les éléments en présence étaient les suivantes :

1) $d + d \rightarrow {}^3He + n + 3{,}3$ MeV,
2) $d + d \rightarrow H + T + 4{,}0$ MeV,
3) $t + d \rightarrow {}^4He + n + 17{,}6$ MeV.

D'autre part, l'activation du zinc et du cuivre a été réalisée par explosion de fils contenant H, D, et où les deux premières réactions étaient aussi possibles mais non la troisième. La réaction Li(d, n) qui donne un spectre de neutrons ayant un maximum vers 13,5 MeV [15] était aussi une éventualité.

Ces expériences qui ont été conduites dans l'intention d'explorer un nouveau champ de recherches ne sont ni assez détaillées ni assez nombreuses pour que nous puissions en tirer des conclusions sur les processus physiques qu'elles ont mis en œuvre.

Nous pensons néanmoins avoir établi grâce à ces expériences que l'étude des décharges électriques dans les fils forme un intéressant champ de recherches ultérieures.

Manuscrit reçu le 4 juillet 1957.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Anderson (J. A.), *Astrophys. J.*, 1920, **51**, 37-48.
[2] Zarem (A.), Marshall (F.) et Poole (F.), *Phys. Rev.*, 1947, **72**, 158.
[3] Gold (L.), *Phys. Rev.*, 1951, **82**, 569.
[4] Conn (W. M.), *Nature*, 1952, n° 4291, 150.
[5] Johnson (R.) et Jones (D.), *Nature*, 1952, n° 4329, 669.
[6] Meunier (R.), Bonpas (M.) et Legrand (J. P.), *J. Physique Rad.*, 1955, **16**, 145.
[7] Meunier (R.), Bonpas (M.) et Legrand (J. P.), *J. Physique Rad.*, 1953, **14**, 630.
[8] Reynolds (P.) et Craggs (J. D.), *Phil. Mag.*, 1952, **43**, 258.
[9] Meunier (R.), Bonpas (M.) et Legrand (J. P.), *J. Physique Rad.*, 1955, **16**, 148.
[10] Broda (E.), *B. D. D. A.*, n° 46.
[11] Rotblat (J.), *B. R.* 241.
[12] Gamow et Critchfield, Atomic Nucleus and Nuclear Energy Sources, Clarendon Press.
[13] Teller (E.), *Nucl. Sc. Eng.*, 1956, **1**, 313.
[14] Waffler (H.) et Hirzel (O.), *Helv. Phys. Acta*, 1948, **21**, 200.
[15] Waffler (H.), *Helv. Phys. Acta*, 1950, **23**, 239.
[16] Katz (L.), *Phys. Rev.*, 1951, **82**, 271.