

## Periodes de Quelques Radionucléides

F. LAGOUTINE, J. LEGRAND et C. BAC

Division de Chimie, Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants,  
Centre d'Etudes Nucléaires, Saclay, France

(Received 13 August 1974)

Les périodes de 8 radionucléides ont été déterminées, les résultats obtenus sont les suivants:  ${}^7\text{Be}$ :  $53,17 \pm 0,07$  jours,  ${}^{51}\text{Cr}$ :  $27,72 \pm 0,08$  jours,  ${}^{58}\text{Co}$ :  $70,78 \pm 0,13$  jours,  ${}^{65}\text{Zn}$ :  $243,75 \pm 0,35$  jours,  ${}^{75}\text{Se}$ :  $118,45 \pm 0,25$  jours,  ${}^{88}\text{Y}$ :  $106,6 \pm 0,4$  jours,  ${}^{131}\text{Co}$ :  $9,66 \pm 0,06$  jours,  ${}^{169}\text{Yb}$ :  $31,97 \pm 0,05$  jours.

Ces résultats sont comparés aux valeurs les plus récentes et les plus précises de la littérature.

### HALF-LIVES OF SOME RADIONUCLIDES

The half lives of eight radionuclides were determined, the following results are obtained:  ${}^7\text{Be}$ :  $53.17 \pm 0.07$  days,  ${}^{51}\text{Cr}$ :  $27.72 \pm 0.08$  days,  ${}^{58}\text{Co}$ :  $70.78 \pm 0.13$  days,  ${}^{65}\text{Zn}$ :  $243.75 \pm 0.35$  days,  ${}^{75}\text{Se}$ :  $118.45 \pm 0.25$  days,  ${}^{88}\text{Y}$ :  $106.6 \pm 0.4$  days,  ${}^{131}\text{Co}$ :  $9.66 \pm 0.06$  days,  ${}^{169}\text{Yb}$ :  $31.97 \pm 0.05$  days.

These results are compared with the most recent and accurate values of the literature.

LE LABORATOIRE de Métrologie des Rayonnements ionisants a poursuivi son effort pour la détermination précise des périodes radioactives. Les techniques de mesure et de contrôle de la pureté ont été décrites dans les publications précédentes.<sup>(1-4)</sup>

Les résultats et les techniques de mesure utilisées sont indiquées sur le Tableau 1. L'erreur totale adoptée sur la valeur de la période est la somme des erreurs systématiques et de la composante statistique égale à trois fois l'écart type de la pente de la droite calculée par la méthode des moindres carrés, ce qui correspond à un intervalle de confiance de 99,7%. Il faut observer que les erreurs revendiquées par la plupart des auteurs correspondent très rarement à cet intervalle de confiance et pour être comparables avec nos exactitudes, elles doivent être multipliées par trois dans presque tous les cas.

${}^7\text{Be}$ : les mesures de la période du  ${}^7\text{Be}$  sont nombreuses.

Certains auteurs<sup>(5-8)</sup> ont étudié l'effet de l'environnement ou de la composition chimique sur la période du  ${}^7\text{Be}$ ; pour ce faire, ils ont utilisé des méthodes différentielles et ont pu mettre en évidence des différences de 0,16%, alors que les valeurs publiées de la période diffèrent de près de 1%. C'est pourquoi il nous a paru utile de préciser la période du  ${}^7\text{Be}$ .

Le  ${}^7\text{Be}$  utilisé pour la mesure a été préparé par Mme F. Yiou et M. G. M. Raisbeck du laboratoire René Bernas, Orsay (France), que nous remercions. Il a été formé par bombardement d'une cible de  ${}^{12}\text{C}$  par des protons de 600 MeV. Le traitement est identique à celui décrit par G. M. Raisbeck et F. Yiou.<sup>(9-10)</sup> Il comporte trois étapes essentielles:

- combustion du  ${}^{12}\text{C}$  et récupération du mélange  ${}^7\text{Be}$ ,  ${}^9\text{Be}$  et  ${}^{10}\text{Be}$ ,
- traitement chimique avec entraîneur de beryllium,
- séparation isotopique sous forme de  $\text{BeC}^+$  et implantation du  ${}^7\text{Be}$  sur une feuille d'aluminium.

Il est probable qu'à la suite de ce traitement le  ${}^7\text{Be}$  se trouve sous forme d'atomes isolés dans une matrice d'aluminium.

L'échantillon ainsi obtenu a été examiné avec un spectromètre  $\gamma$  équipé d'un détecteur Ge-Li, la teneur en émetteurs  $\gamma$  autre que le  ${}^7\text{Be}$  a été estimée inférieure à 0,3%. La décroissance a été suivie sur quatre sources avec un compteur à scintillation NaI(Tl) à puits. La stabilité de l'installation a été contrôlée avec une source de  ${}^{94}\text{Nb}$ , les fluctuations du taux de comptage n'ont jamais été supérieures à trois fois l'écart type. Ainsi, aucune variation de l'efficacité de comptage, et de temps

TABLEAU 1. Périodes mesurées

Radio-nucléides	Mode de production	*Technique de mesure	Durée de la mesure $XT\frac{1}{2}$	Nombre de sources	Résultats (jours)	Autres résultats (jours)
${}^7\text{Be}$	${}^{12}\text{C}(p, X){}^6,7\text{Be}$	S.P.	3,5	4	$53,17 \pm 0,07$	$53,52 \pm 0,10^{(10)}$ $53,1 \pm 0,3^{(11)}$
${}^{51}\text{Cr}$	${}^{50}\text{Cr}(n, \gamma){}^{51}\text{Cr}$	S.P.	4,4	2	$27,72 \pm 0,08$	$27,76 \pm 0,15^{(12)}$ $27,679 \pm 0,017^{(13)}$
${}^{58}\text{Co}$		S.P.	3,5	2	$70,78 \pm 0,13$	$27,701 \pm 0,006^{(14)}$ $70,78 \pm 0,12^{(15)}$ $71,54 \pm 0,75^{(16)}$ $71,35 \pm 0,10^{(17)}$ $71,3 \pm 0,2^{(18)}$
${}^{65}\text{Zn}$	${}^{64}\text{Zn}(n, \gamma){}^{65}\text{Zn}$	C.P.	3	2	$243,75 \pm 0,35$	$244,0 \pm 0,2^{(19)}$
${}^{75}\text{Se}$	${}^{74}\text{Se}(n, \gamma){}^{75}\text{Se}$	C.P.	3	2	$243,7 \pm 0,4^{(20)}$	$243,7 \pm 0,4^{(20)}$
${}^{88}\text{Y}$	${}^{88}\text{Sr}(p, n){}^{88}\text{Y}$	C.I.D.	0,25	2	$118,45 \pm 0,25$	$120,4 \pm 0,2^{(21)}$ $119,9 \pm 0,6^{(22)}$
${}^{131}\text{Cs}$	${}^{130}\text{Ba}(n, \gamma){}^{131}\text{Ba} \xrightarrow{\text{CE}} {}^{131}\text{Cs}$	S.P.		3	$106,6 \pm 0,4$	$106,52 \pm 0,03^{(20)}$ $108,1 \pm 0,3^{(23)}$
${}^{169}\text{Yb}$	${}^{188}\text{Y}(n, \gamma){}^{169}\text{Yb}$	S	3,5	2	$9,66 \pm 0,05$	$9,70 \pm 0,03^{(12)}$ $9,83 \pm 0,28^{(24)}$ $9,69 \pm 0,15^{(25)}$
		C.P.	3,5	2	$31,97 \pm 0,05$	$30,6 \pm 0,2^{(26)}$ $31,83 \pm 0,21^{(27)}$ $33 \pm 1,5^{(28)}$
			2,8	2		

\* C.P.: Compteur proportionnel  $4\pi\beta^-$ .  
C.I.D.: Chambres d'ionisation différentielles.

S: Spectromètre à scintillation NaI(Tl).  
S.P.: Compteur à scintillateur NaI(Tl) à puits.

mort, n'a perturbé les mesures. Le taux de comptage pour chaque source était environ de 5.000 impulsions par seconde. Le temps mort était de  $7 \mu\text{sec}$ . L'erreur systématique due à l'incertitude sur ce paramètre a été estimée à 0,02 jour. La mesure a été poursuivie pendant 3,5 périodes environ. Le résultat obtenu est de  $53,17 \pm 0,07$  jours. En toute rigueur, il n'est valable que pour la forme de béryllium utilisée. La valeur recommandée pour la période du  ${}^7\text{Be}$  doit tenir compte des écarts observés entre les différentes formes chimiques, soit 0,16%. Il semble raisonnable de considérer ces derniers comme une erreur systématique et de proposer:  $T_{1/2} = (53,17 \pm 0,15)$  jours.

${}^{51}\text{Cr}$ : la période de ce radionucléide avait déjà fait l'objet d'une première détermination,<sup>(1)</sup> de nouvelles mesures ont été entreprises afin d'améliorer l'exactitude. La décroissance a été suivie sur la même installation que le  ${}^7\text{Be}$  pendant 4,4 périodes environ. La valeur trouvée est de  $27,72 \pm 0,08$  jours; elle est

en très bon accord avec notre précédente mesure ( $27,7 \pm 0,2$  jours).

${}^{58}\text{Co}$ : les publications qui concernent la période du  ${}^{58}\text{Co}$  sont nombreuses, les plus précises ont été faites par R. P. SCHUMAN *et al.*,<sup>(18)</sup> et R. VANINBROUX *et al.*<sup>(17)</sup> qui ont respectivement obtenu  $71,3 \pm 0,2$  jours et  $71,35 \pm 0,10$  jours.

Dans les deux cas, le  ${}^{58}\text{Co}$  a été produit par la réaction:  ${}^{58}\text{Ni}(n, p){}^{58}\text{Co}$ . Des traces de  ${}^{60}\text{Co}$  ont été décelées et chacun d'eux en a tenu compte dans la détermination de la période. Le développement de la spectrométrie  $\gamma$  avec des détecteurs semi-conducteurs a permis de montrer qu'il se formait du  ${}^{57}\text{Co}$  en même temps que le  ${}^{58}\text{Co}$  et le  ${}^{60}\text{Co}$ , ce qui a pour conséquence d'allonger la période apparente du  ${}^{58}\text{Co}$ .

Des mesures de la période du  ${}^{58}\text{Co}$  ont également été effectuées en utilisant un produit formé selon la réaction:  ${}^{59}\text{Co}(n, 2n){}^{58}\text{Co}$ , c'est le cas en particulier de DECOWSKI *et al.*<sup>(16)</sup> qui trouvèrent  $71,54 \pm 0,75$  jours; mais ils ne

s résultats  
jours)

- ± 0,10<sup>(10)</sup>
- ± 0,3<sup>(11)</sup>
- ± 0,15<sup>(12)</sup>
- ± 0,017<sup>(13)</sup>
- ± 0,006<sup>(14)</sup>
- ± 0,12<sup>(15)</sup>
- ± 0,75<sup>(16)</sup>
- ± 0,10<sup>(17)</sup>
- ± 0,2<sup>(18)</sup>
- ± 0,2<sup>(19)</sup>
- ± 0,4<sup>(20)</sup>
- ± 0,2<sup>(21)</sup>
- ± 0,6<sup>(22)</sup>
- ± 0,03<sup>(20)</sup>
- ± 0,3<sup>(23)</sup>
- ± 0,03<sup>(12)</sup>
- ± 0,28<sup>(24)</sup>
- ± 0,15<sup>(25)</sup>
- ± 0,2<sup>(26)</sup>
- ± 0,21<sup>(27)</sup>
- ± 1,5<sup>(28)</sup>

à puits.  
précédente  
cernent la  
s, les plus  
SCHUMAN  
<sup>(17)</sup> qui ont  
jours et  
produit par  
traces de  
d'eux en a  
ion de la  
la spectro-  
ducteurs  
ait du <sup>57</sup>Co  
<sup>60</sup>Co, ce qui  
la période

<sup>58</sup>Co ont  
un produit  
<sup>58</sup>Co, c'est  
et al.<sup>(16)</sup> qui  
mais ils ne

semblent pas avoir tenu compte d'une éventuelle contamination par le <sup>60</sup>Co.

Toutes ces raisons, ainsi que l'importance du <sup>58</sup>Co pour les mesures neutroniques nous ont conduit à effectuer une nouvelle détermination de la période du <sup>58</sup>Co. Le produit utilisé a été fourni par la Section d'Applications des Radioéléments du Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble. Il a été formé par irradiation d'une cible de <sup>59</sup>Co, selon la réaction: <sup>59</sup>Co(n, 2n)<sup>58</sup>Co. Le <sup>59</sup>Fe fourni selon la réaction <sup>59</sup>Co(n, p)<sup>59</sup>Fe a été éliminé par une séparation chimique. L'analyse de l'échantillon par spectrométrie  $\gamma$  a montré la présence de <sup>60</sup>Co (0,4% dont il a été tenu compte en corrigeant les points de décroissance avant le calcul de la période par les moindres carrés. La composante systématique de l'erreur (correction due à la présence de <sup>60</sup>Co) a été estimée à  $\pm 0,04$  jours. Les sources ont été suivies pendant 3,5 périodes avec le dispositif utilisé pour le <sup>7</sup>Be. La valeur obtenue ( $70,78 \pm 0,13$ ) jours est notablement plus faible que celles publiées à ce jour, mais elle est en bon accord avec un résultat qui nous a été communiqué par R. Vaninbroux à l'occasion d'une évaluation détaillée des paramètres caractérisant le <sup>58</sup>Co.<sup>(15)</sup>

<sup>65</sup>Zn: deux publications récentes<sup>(19-20)</sup> ont montré une légère divergence sur la période du <sup>65</sup>Zn; c'est pourquoi il nous a paru utile d'effectuer une nouvelle détermination. Le produit utilisé a été fourni par le Département des Radioéléments du Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay. L'analyse par spectrométrie  $\gamma$  a montré la présence de <sup>60</sup>Co à l'état de traces ( $\sim 0,01\%$ ) ce qui n'avait aucune incidence sur les mesures. Deux sources ont été suivies pendant trois périodes environ avec le dispositif de comptage  $\gamma$ , et deux autres sources ont été suivies pendant le même temps avec un compteur proportionnel  $4\pi$ . Aucun écart systématique n'est apparu entre les périodes obtenues avec l'un ou l'autre dispositif de comptage. La valeur obtenue: ( $243,75 \pm 0,35$ ) jours est identique à celle de S. C. ANSPACH et al.: ( $243,7 \pm 0,4$ ) jours,<sup>(20)</sup> et le faible écart avec celle de E. de Roost et al.: ( $244,0 \pm 0,2$ ) jours<sup>(19)</sup> ne semble pas significatif.

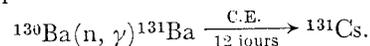
<sup>75</sup>Se: bien que le <sup>75</sup>Se soit un radionucléide très utilisé, tant dans le domaine médical que

pour l'étalonnage des spectromètres  $\gamma$  il n'y a pas de détermination récente de sa période. Les dernières valeurs publiées sont celles de H. T. EASTERDAY et al.<sup>(21)</sup> en 1960 et celles de H. W. WRIGHT et al.<sup>(22)</sup> en 1957, elles étaient en bon accord: ( $120,4 \pm 0,2$ ) jours pour les premières et ( $119,9 \pm 0,6$ ) jours pour les secondes. Le produit a été analysé par spectrométrie  $\gamma$  et aucune impureté n'a été mise en évidence. Deux dispositifs de mesure ont été utilisés: comptage  $\gamma$  et chambres d'ionisation différentielles, les sources ont été suivies pendant 4,3 périodes environ avec le premier dispositif et pendant 0,25 période avec le second. Il n'est apparu aucun écart significatif entre les deux séries de résultats. La période trouvée: ( $118,45 \pm 0,25$ ) jours est sensiblement plus faible que les deux valeurs déjà citées.<sup>(21-22)</sup> Aucune raison n'a été trouvée à cet écart, mais il justifie a posteriori notre nouvelle détermination.

<sup>88</sup>Y: peu de travaux ont été consacrés à la détermination de la période de <sup>88</sup>Y. E. I. WYATT et al.<sup>(23)</sup> en 1961 trouvent: ( $103,1 \pm 0,3$ ) jours et S. C. ANSPACH et al.<sup>(20)</sup> en 1961 indiquent ( $106,52 \pm 0,03$ ) jours. L'écart entre ces deux valeurs nous a paru justifier une nouvelle détermination. Ce radionucléide est formé selon la réaction <sup>88</sup>Sr(p, n)<sup>88</sup>Y, l'analyse par spectrométrie  $\gamma$  n'a pas permis de déceler d'impuretés. Les sources ont été suivies pendant trois périodes à l'aide du dispositif de comptage  $\gamma$ . La valeur obtenue de la période est de ( $106,6 \pm 0,4$ ) jours, elle confirme celle de S. C. ANSPACH.<sup>(20)</sup>

<sup>131</sup>Cs: pour le <sup>131</sup>Cs comme pour la plupart des autres radionucléides, la nature de l'erreur, associée aux résultats publiés, n'est pas souvent précisée et par suite l'intervalle de confiance ne peut être déterminé. Seuls J. F. EMERY et al.<sup>(12)</sup> indiquent la nature de l'erreur. C'est pourquoi, en raison de l'importance du <sup>131</sup>Cs dans les applications médicales, une nouvelle détermination de sa période a été entreprise.

Le <sup>131</sup>Cs est le produit de désintégration du <sup>131</sup>Ba formé par irradiation aux neutrons thermiques d'une cible de baryum naturel:



Après irradiation et formation du <sup>131</sup>Cs, une purification chimique a été effectuée

afin de séparer ce dernier du baryum. Au cours de l'irradiation, il se forme des traces de  $^{133}\text{Ba}$  ( $^{132}\text{Ba}(n, \gamma)^{133}\text{Ba}$ ) qui sont pratiquement éliminées en même temps que le  $^{131}\text{Ba}$ , mais il se forme également du  $^{132}\text{Cs}$  par réaction secondaire sur le  $^{131}\text{Cs}$  ( $^{131}\text{Cs}(n, \gamma)^{132}\text{Cs}$ ) et ce dernier suit le  $^{131}\text{Cs}$  au moment de la séparation chimique.

L'analyse par spectrométrie  $\gamma$  du produit a permis de déceler la présence de  $^{131}\text{Ba}$  et  $^{133}\text{Ba}$  ( $\sim 0,1\%$ ) ainsi que celle de  $^{132}\text{Cs}$  ( $\sim 0,7\%$ ). La décroissance des sources a été suivie avec un spectromètre  $\gamma$  réglé sur les raies  $X_K$  du xénon, ce qui permet de réduire l'influence des impuretés dont il a été cependant tenu compte. La composante systématique de l'erreur résultant des corrections ( $^{131}\text{Ba}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{132}\text{Cs}$ ) a été estimée à  $\pm 0,015$  jours. La valeur obtenue: ( $9,66 \pm 0,05$ ) jours est en bon accord avec celles de J. F. EMERY *et al.*<sup>(12)</sup> et de N. L. LARK *et al.*<sup>(25)</sup>

$^{169}\text{Yb}$ : la période de  $^{169}\text{Yb}$  n'a pas fait l'objet de beaucoup de déterminations. Les valeurs publiées sont anciennes et présentent des écarts importants.<sup>(26-28)</sup> Le  $^{169}\text{Yb}$  a été préparé par irradiation aux neutrons thermiques d'une cible d'ytterbium enrichie à 20% en  $^{168}\text{Yb}$ . Les mesures ont été commencées un mois après la fin de l'irradiation afin de réduire l'influence de  $^{175}\text{Yb}$ . Des analyses par spectrométrie  $\gamma$  n'ont pas permis de mettre en évidence des impuretés radiochimiques ( $< 0,3\%$ ). En particulier, la présence de  $^{170}\text{Tm}$  n'a pu être affirmée, cependant il faut noter que le taux d'émission photonique de ce radionucléide est faible et que les pics qui le caractérisent peuvent être confondus avec ceux plus importants du  $^{169}\text{Yb}$ . C'est pourquoi la décroissance de ce dernier a été suivie d'une part avec l'ensemble de comptage  $\gamma$ , pour lequel la présence de  $^{170}\text{Tm}$  aurait été négligeable et, d'autre part avec un compteur proportionnel  $4\pi\beta^-$  où l'efficacité au contraire pour le  $^{170}\text{Tm}$  est très grande ( $\sim 100\%$ ). Deux sources ont été suivies par chacun des dispositifs. Les résultats sont les suivants:

$4\pi\beta^-$	(31,95 $\pm$ 0,07) jours
$4\pi\beta^-$	(31,90 $\pm$ 0,09) jours
comptage $\gamma$	(31,99 $\pm$ 0,06) jours
comptage $\gamma$	(32,00 $\pm$ 0,06) jours.

Il n'y a pas d'écart significatif entre ces quatre résultats; par conséquent, aucun émetteur  $\beta^-$ , à période plus longue que celle du  $^{169}\text{Yb}$ , n'a faussé la mesure. La valeur déduite de ces mesures est de ( $31,97 \pm 0,05$ ) jours.

Tous les résultats sont reportés sur le Tableau 1 où ils sont comparés aux valeurs publiées les plus récentes. Ces nouvelles déterminations de périodes appellent quelques commentaires, si aucune valeur totalement différente n'a été trouvée, il n'en est pas moins vrai que pour quelques radionucléides la valeur mesurée est sensiblement différente de celle qui aurait pu être déduite des mesures antérieures ( $^{58}\text{Co}$ ,  $^{75}\text{Se}$ ), et pour les autres, il est possible de choisir entre deux valeurs ou deux groupes de valeurs ( $^{88}\text{Y}$ ,  $^{131}\text{Cs}$ ,  $^{169}\text{Yb}$ ). Ces considérations paraissent justifier l'effort de notre Laboratoire, effectué depuis quelques années, pour améliorer la connaissance dans ce domaine.

## REFERENCES

- LAGOUTINE F., LE GALLIC Y. et LEGRAND J. *Int. J. appl. Radiat. Isotopes* **19**, 475 (1968).
- LAGOUTINE F., LE GALLIC Y. et LEGRAND J. *Int. J. appl. Radiat. Isotopes* **20**, 868 (1969).
- LEGRAND J., LAGOUTINE F. et BRETHON J. P. *Int. J. appl. Radiat. Isotopes* **21**, 139 (1970).
- LAGOUTINE F., LEGRAND J., PERROT C., BRETHON J. P. et MOREL J. *Int. J. appl. Radiat. Isotopes* **23**, 219 (1972).
- LEININGER R. F., SEGRE E. et WIEGAND C. *Phys. Rev.* **76**, 897 (1949).
- KRAUSHAAR J. J., WILSON E. D. et BAINBRIDGE K. T. *Phys. Rev.* **90**, 610 (1953).
- BOUCHEZ R., TOBAILEM J., ROBERT J., MUXART R., MELLET R., DAUDEL P. et DAUDEL R. *J. Phys. Radium* **17**, 363 (1956).
- JOHLIGE H. W., AUMANN D. C. et BORN H. J. *Phys. Rev.* **C2**, 1216 (1970).
- RAISBECK G. M. and YIOU F. *Phys. Rev. Lett.* **27**, 875 (1971).
- YIOU F. and RAISBECK G. M. *Phys. Rev. Lett.* **29**, 372 (1972).
- ENGLAND J. B. A. and REECE B. L. *Nucl. Phys.* **72**, 449 (1965).
- EMERY J. F., REYNOLDS S. A. et WYATT E. I. *Nucl. Sci. Engng* **48**, 319 (1972).
- WALZ K. F. et SCHOTZIG U. *Wissenschaftliche Abhandlungen der Phys. Techn. Bundesanstalt* **22**, 76 (1970).
- MARAIS P. G., HAASBROEK F. J. et KARSTEN J. H. M. *S. Afr. J. agr. Sci.* **7**, 881 (1964).

15. Ba  
Re  
16. D  
A.  
N  
17. W  
R  
18. S  
A  
19. D  
V  
20. A  
S  
N

15. BAMBINEK W. et LEGRAND J. *Atomic Energy Review*, Vol. 11, No. 3, 524, IAEA, Vienna (1973).
16. DECOWSKI P., GROCHULSKI W., MARCINKOWSKI A., SIWEK K., SLEDZINSKA I. et WILHELMI Z. *Nucl. Phys.* **A112**, 513 (1968).
17. WANINBROUKX R. et GROSSE G. *Int. J. appl. Radiat. Isotopes* **17**, 41 (1966).
18. SCHUMAN R. P., JONES M. E. et MEWHERTER A. C. *J. inorg. nucl. Chem.* **3**, 160 (1956).
19. DE ROOST E., FUNCK E., SPERNOL A. et VANINBROUKX R. *Z. Physik* **250**, 395 (1972).
20. ANSPACH S. C., CAVALLO L. M., GARFINKEL S. B., HUTCHINSON J. M. R. et SMITH C. N. NP-15663, N.B.S. Misc. Publ. 260-9 (1965).
21. EASTERDAY H. T. et SMITH R. L. *Nucl. Phys.* **20**, 155 (1960).
22. WRIGHT H. W., WYATT E. I., HANDLEY T. H., LYON W. S. et REYNOLDS S. A. *Nucl. Sci. Engng* **2**, 427 (1957).
23. WYATT E. I., REYNOLDS S. A., HANDLEY T. H., LYON W. S. et PARKER H. A. *Nucl. Sci. Engng* **11**, 74 (1961).
24. LYON W. S. *J. inorg. nucl. Chem.* **25**, 1079 (1963).
25. LARK N. L. et PERLMAN M. L. *Phys. Rev.* **120**, 536 (1960).
26. CORK J. M., BRICE M. K., SCHMID L. C. et HELMER R. G. *Phys. Rev.* **101**, 1042 (1956).
27. WALKER D. *Proc. Phys. Soc.* **A62**, 799 (1949).
28. BOTHE W. *Z. Naturf.* **1**, 173 (1946).

if entre ces  
aucun émet-  
ue celle du  
leur déduite  
) jours.  
r le Tableau  
urs publiées  
terminations  
mmentaires,  
fférente n'a  
rai que pour  
ur mesurée  
e qui aurait  
leurs (<sup>58</sup>Co,  
ole de choisir  
s de valeurs  
ns paraissent  
ire, effectué  
améliorer la

LEGRAND J.  
(1968).

LEGRAND J.  
(1969).

BRETHON J. P.  
(1970).

et C., BRETHON  
*Radiat. Isotopes*

WIEGAND C.

et BAINBRIDGE

T J., MUXART  
DAUDEL R.

et BORN H. J.

*Phys. Rev. Lett.*

*Phys. Rev. Lett.*

B. L. *Nucl.*

WYATT E. I.

*Vissenschaftliche  
Anstalt* **22**,

et KARSTEN  
(1964).