Zeitschrift: Helvetica Physica Acta

Band: 27 (1954)

Heft: V

Artikel: Calcul du nombre d'événements d'un certain type produits dans un volume donné d'émulsion nucléaire à partir des dénombrements de traces

Autor: Gailloud, M. / Haenny, Ch. / Weill, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-112526

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Calcul du nombre d'événements d'un certain type produits dans un volume donné d'émulsion nucléaire à partir des dénombrements de traces

par **M. Gailloud, Ch. Haenny** et **R. Weill** (Lausanne).

(1. IX. 1954.)

Sommaire. D'après divers critères que l'on peut utiliser pour le comptage sélectionné des traces, on établit les relations mathématiques qui permettent de calculer le nombre d'événements nucléaires qui se sont produits dans un volume d'émulsion défini. On indique les conditions d'utilisation des critères, les avantages et inconvénients de chacun d'eux.

L'étude des phénomènes nucléaires qui peuvent se produire dans l'émulsion photographique rend souvent nécessaire le dénombrement des traces correspondant aux trajectoires de particules ionisantes.

Cette technique peut être mise en œuvre pour la détermination de périodes d'éléments radioactifs α, en particulier dans le cas d'émetteurs à longue vie moyenne, comme le samarium[1]), en raison des possibilités d'intégration dans le temps de chacune de ces désintégrations. Elle permet de plus la mise en évidence de groupes secondaires et la mesure de leur intensité[2]).

L'émulsion photographique nucléaire peut également servir de détecteur de neutrons. L'azote par exemple, un des constituants de la gélatine, par sa réaction (n, p) permet la mesure des flux de neutrons de grande intensité[3]). Les sels d'éléments tels que le bore ou le lithium, présentant de grandes sections efficaces de réaction avec les neutrons thermiques peuvent être incorporés à l'émulsion photographique pour accroître la sensibilité des détecteurs ainsi constitués. Ceux-ci peuvent être irradiés dans des piles[4]), et d'une façon générale par des sources de neutrons[5]). Ils sont utilisés également pour mesurer les flux de neutrons de faible intensité produits par la radiation cosmique[6])[7]). Enfin, le dénombrement des réactions provoquées par les neutrons rend possible une mesure précise du rapport des sections efficaces[8])[9])[10])[11]).

*

Les statistiques d'événements d'un type donné se font par observation au microscope des traces de particules chargées produites au cours de la réaction étudiée. Nous nous intéressons ici au cas de réactions produites dans l'émulsion, donnant lieu soit à une particule dont la trace a une longueur moyenne L (dans l'émulsion vierge), soit à 2 particules dont les trajectoires de même direction, mais de sens opposés, ont respectivement des longueurs moyennes l_1 et l_2 (réaction entre neutrons et bore, lithium, ou azote, par exemple).

Il faut noter pour la clarté de l'exposé qui va suivre, que le terme de traces que nous considérerons comme équivalent à celui de trajectoires à l'intérieur de l'émulsion, perd sa signification en dehors de celle-ci. Nous nous servirons donc des expressions suivantes: traces ou trajectoires entièrement comprises dans l'émulsion et trajectoires sortant de celle-ci.

Le problème consiste à déterminer le nombre des noyaux considérés qui ont réagi à l'intérieur d'un cylindre de base donnée, ayant pour hauteur l'épaisseur e de l'émulsion non développée. Il n'est généralement pas possible de distinguer sur la trace observée l'emplacement du noyau émissif; il en résulte une ambiguïté dans le comptage des traces qui coupent les génératrices du cylindre, ces traces pouvant avoir leur origine à l'intérieur ou à l'extérieur du cylindre défini ci-dessus. (Nous verrons que cette première incertitude peut être levée avec facilité.)

Une deuxième ambiguïté se présente lors du comptage des trajectoires sortant de l'émulsion; lorsque leurs traces présentent le même aspect que celles de l'événement étudié et ont une longueur inférieure à L, il est impossible de déterminer si l'on a affaire à la réaction considérée ou à un autre phénomène. Il y aura donc avantage à n'utiliser que des trajectoires entièrement situées dans l'émulsion (donc facilement discriminables), lorsque la fréquence de l'événement étudié n'est pas beaucoup plus grande que celles des effets parasites.

Différents critères peuvent être adoptés pour le comptage; certains chercheurs confondent les nombres bruts ainsi trouvés avec le nombre de réactions réellement produites dans le volume exploré. Il peut en résulter des erreurs allant jusqu'à 30 %.

Herpin et Mercier[12]) ont établi les relations mathématiques compliquées correspondant à un critère de comptage; à la suite de ce travail, nous avons considéré qu'il pouvait être utile de publier les formules auxquelles on aboutit sur la base d'autres critères de comptage, qui se sont révélés par expérience d'un grand intérêt.

1. Technique de comptage.

En général les expérimentateurs[8][11][12]) utilisent la surface délimitée par le diaphragme oculaire comme base du cylindre de mesure. Cette surface ne peut être déterminée avec précision, en raison de la courbure de champ très forte vers les bords; en outre, dans ces conditions, la discrimination des traces qui y sont partiellement contenues est difficile: le déplacement de l'émulsion nécessaire pour l'observation des traces entières entraîne d'importantes erreurs.

Il est préférable de délimiter le champ de mesure par un réticule oculaire circulaire de rayon R' plus petit que celui R'_d du diaphragme oculaire; désignons par R et R_d les grandeurs correspondantes dans l'émulsion. Il convient généralement de choisir R' de manière que $R_d - R > L$.

Soient:

N le nombre d'événements intéressants produits dans le cylindre de mesure.

n_e le nombre de trajectoires de longueur L*) entièrement situées dans le cylindre. (Il est évident que ce nombre ne doit pas comprendre les traces de longueur L touchant l'une des bases du cylindre.)

n' le nombre de traces, pouvant correspondre à l'événement considéré, situées dans le cylindre et touchant ses bases.

b_e le nombre de trajectoires de longueur L, entièrement situées dans l'émulsion, coupant les génératrices du cylindre.

b' le nombre de traces pouvant correspondre à l'événement considéré, coupant les génératrices du cylindre et touchant les surfaces de l'émulsion.

Nous avons donc utilisé dans les symboles précédents l'indice e pour caractériser les trajectoires entièrement situées dans l'émulsion. Dans les calculs nous ferons usage des nombres n et b définis par: $n = n_e + n'$ qui représente toutes les trajectoires contenues dans le cylindre de mesure touchant ou non ses bases, tandis que $b = b_e + b'$ exprime le nombre de traces qui coupent les génératrices du cylindre, pour des trajectoires comprises entièrement ou non dans l'émulsion.

Il ressort des définitions données ci-dessus qu'il importe pour la précision des mesures, de chercher des conditions telles que n_e soit aussi grand que possible vis-à-vis de n' et de b.

*) On considérera comme trace de longueur L toutes traces dont les longueurs sont comprises dans des limites liées à la fluctuation de parcours.

2. Etablissement des expressions permettant le calcul de *N*.

Tous les calculs sont effectués pour une émulsion non développée pour laquelle nous admettrons une distribution isotrope des noyaux émissifs. Comme Herpin et Mercier (loc. cit.) nous raisonnerons sur la densité des points milieux (centres) de la projection des traces sur un plan parallèle à la surface de l'émulsion. Cette grandeur est égale à la densité de la projection des noyaux émissifs sur ce plan. Celle-ci n'est pas modifiée par la contraction de l'émulsion résultant du fixage. Le problème revient dès lors à déterminer le nombre de traces dont les centres sont à l'intérieur du cylindre considéré. On posera dans tout ce qui va suivre que $L \leqslant 2\,R$. (R = rayon de la base du cylindre de mesure.)

Pour simplifier la présentation des calculs relatifs aux divers critères considérés, ceux-ci sont réunis en deux groupes, le premier (groupe I) concerne les comptages effectués avec toutes les trajectoires observées, le second (groupe II) ceux effectués uniquement avec des trajectoires situées entièrement dans l'émulsion.

Groupe I.

Critère A.

On compte les traces correspondant à la classe n $(n_e + n')$. Herpin et Mercier ayant déjà établi les relations mathématiques qu'il faut utiliser avec ce critère, nous n'y revenons pas.

Critère B.

On compte les traces correspondant aux catégories définies par n et par b.

Nous n'envisageons ici que le cas: $l_1 + l_2 = L \leqslant e$.

La probabilité $P(l)dl$ pour qu'à une trajectoire de longueur L dans l'émulsion non développée d'épaisseur e, corresponde une trace dont la longueur projetée est comprise entre l et $l + dl$ a été donnée par Herpin et Mercier (loc. cit.):

$$P(l) = \left.\begin{array}{ll} \dfrac{1}{L}\left\{\dfrac{l}{L\sqrt{1-\left(\dfrac{l}{L}\right)^2}} - \dfrac{l}{e}\left(1-\dfrac{l_2}{l_1}-\dfrac{l_1}{l_2}\right)\right\} & 0 \leqslant l \leqslant l_2 \\[2ex] \dfrac{1}{L}\left\{\dfrac{l}{L\sqrt{1-\left(\dfrac{l}{L}\right)^2}} + \dfrac{L}{e} - \dfrac{l}{e}\left(2-\dfrac{l_2}{l_1}\right)\right\} & l_2 \leqslant l \leqslant l_1 \\[2ex] \dfrac{1}{L}\left\{\dfrac{l}{L\sqrt{1-\left(\dfrac{l}{L}\right)^2}} + \dfrac{2\,L}{e} - \dfrac{3\,l}{e}\right\} & l_1 \leqslant l \leqslant L. \end{array}\right\} \qquad (1)$$

Le nombre $d(da)$ de traces de longueur projetée $(l, l + dl)$ coupant les génératrices du cylindre, ayant leur point milieu à l'extérieur de celui-ci, à une distance r de son axe est donné par (fig. 1):

$$d(da) = 2\,\varrho\, e\, 2\,\pi\, r \cdot dr\, \frac{2\,\Theta}{2\,\pi}\, P(l)\, dl\,.$$

ϱ étant la densité des noyaux émissifs (nombre de noyaux/cm³), Θ est défini par la figure.

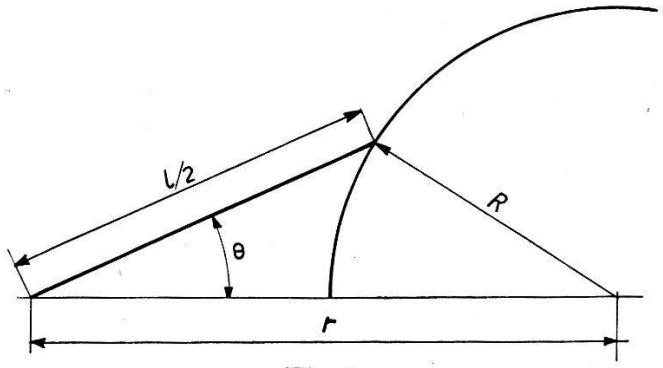

Fig. 1.
Détermination du nombre de trajectoires coupant les génératrices du cylindre de mesure.

Le nombre da de traces de longueur projetée $(l, l + dl)$ ayant leurs centres à l'extérieur du cylindre et coupant ses génératrices sera:

$$da = 4\,\varrho\, e\, P(l)\, dl \int_{\Theta=0}^{\Theta=\pi/2} r\,\Theta\, dr$$

avec:

α) $R^2 = r^2 + (l/2)^2 - rl \cos \Theta$
pour: $0 \leqslant \Theta \leqslant \operatorname{arctg} \frac{2\,R}{L}$

β) $R = r \sin \Theta$
pour: $\operatorname{arctg} \frac{2\,R}{L} \leqslant \Theta \leqslant \frac{\pi}{2}$

on obtient alors:*)

$$da = 2\,\varrho\, e\, Rl \cdot P\,(l)\, dl\,. \tag{2}$$

*) $\int_0^{\pi/2} \Theta\, r\, dr$ peut être effectuée, de façon très simple si on représente $r = f(\Theta)$, défini en α) et β), en coordonnées polaires. Le vecteur lieu de r va décrire une courbe régulière C. La figure 2 montre que $r\Theta\, dr$ représente l'élément d'aire couvert par dr lorsqu'il balaie l'angle Θ.

$\int_{\Theta=0}^{\Theta=\operatorname{arctg}\frac{2\,R}{L}} r\,\Theta\, dr$ représente alors l'aire hachurée (fig. 2), différence de l'aire du secteur d'ouverture arctg $2\,R/L$ limité par C, et de l'aire du secteur d'ouverture arctg $2\,R/L$ limité par le cercle de rayon $\sqrt{R^2 + (l/2)^2}$. Le même raisonnement est utilisé sous β).

Le nombre total a des traces dont les centres sont à l'extérieur du cylindre, coupant ses génératrices sera:

$$a = \int_0^L 2\,\varrho\, eRl\, P(l)\, dl = 2\,\varrho\, eR\left(\frac{\pi L}{4} + \frac{2 \cdot l_1 \cdot l_2 - L^2}{6\,e}\right)$$

mais:

$$N = \pi R^2 \varrho e; \text{ d'où:}$$

$$a = \frac{2\,N}{\pi\,R}\left(\frac{\pi\,L}{4} - \frac{l_1{}^2 + l_2{}^2}{6\,e}\right)$$

or:

$$N = n + b - a = n + b - \frac{2\,N}{\pi R}\left(\frac{\pi L}{4} - \frac{l_1{}^2 + l_2{}^2}{6\,e}\right)$$

par suite:

$$\boxed{N = \frac{n+b}{1 + \frac{2}{\pi R}\left(\frac{\pi L}{4} - \frac{l_1{}^2 + l_2{}^2}{6\,e}\right)}} \qquad (3)$$

ce résultat n'étant valable que pour $L \leqslant e$ et $L \leqslant 2\,R$.

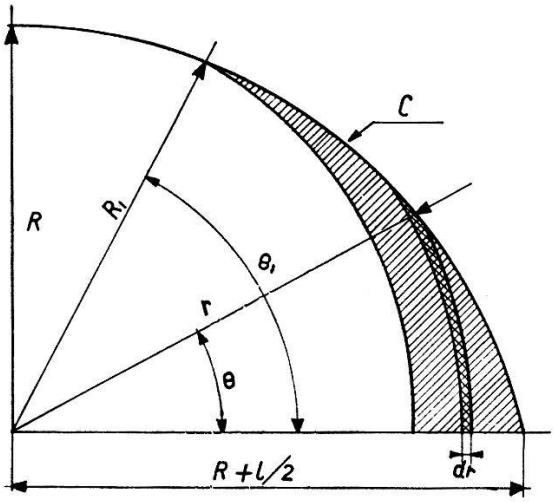

Fig. 2. Résolution de $\int_{\Theta=0}^{\Theta=\pi/2} r\,\Theta\, dr$.

Si le noyau émissif est à l'extrémité de la trajectoire (radioactivité α), l_1 ou l_2 est nul:

$$N = \frac{n+b}{1 + \frac{2\,L}{\pi\,R}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{L}{6\,e}\right)}.$$

Critère C.

On détermine, parmi toutes les traces de longueur L, ou inférieure à L si elles atteignent les surfaces de l'émulsion, le nombre n_m de celles ayant leur centre, c'est-à-dire le point milieu de chacune d'elle,

à l'intérieur du cylindre de mesure. (Il est bien évident que les traces qui coupent deux fois le cylindre, mais qui ont leur centre à l'intérieur de celui-ci seront comptées dans tous les cas, même si plus de la moitié de leur longueur se trouvent à l'extérieur de ce dernier.) Or, ce nombre est égal au nombre d'événements qui y sont produits puisque la densité des centres est égale à celle des noyaux émissifs. Donc:

$$\boxed{N = n_m .} \tag{4}$$

On peut choisir ici le diamètre du réticule oculaire et le grossissement, de manière que

$$R_d - R > L/2 .$$

Ce critère présente le désavantage de nécessiter une détermination exacte de la position du centre des traces coupant les génératrices du cylindre, lorsque ce point se trouve au voisinage de ces dernières. L'estimation visuelle de la position du point milieu risquerait alors d'introduire des erreurs. Cette mesure supplémentaire, pouvant porter sur une fraction importante des traces comptées, entraîne une perte de temps.

D'autre part, ce critère n'est pas aisément applicable dans le cas de traces courtes. Il suffit que ces dernières soient inclinées pour qu'il devienne malcommode de déterminer la position de leurs centres avec une précision suffisante.

Il peut également présenter des difficultés lors du comptage des trajectoires tritons $-\alpha$ résultant de la réaction du lithium avec neutrons lents. En effet, les émulsions imprégnées d'un sel du lithium subissent une contraction très grande lors du fixage (facteur d'affaissement > 3), ce qui entraîne, si l'on ne prend pas des précautions spéciales lors du développement, une fréquente déformation des traces et rend à nouveau difficile une détermination précise de la position des centres. La différence de densité de grains entre les deux parties de la trajectoire peut également entraîner des erreurs importantes dans l'estimation au jugé de la position du centre de la trace.

En revanche, ce critère est le seul, parmi ceux que nous considérons dans ce travail, qui soit applicable lors du comptage de trajectoires α produites dans des émulsions imprégnées, lorsque la distribution verticale des noyaux émissifs n'est pas uniforme. Il n'en subsiste pas moins que la densité des noyaux projetés sur un plan parallèle à la surface de l'émulsion doit être constante; cette condition

exclut donc l'utilisation de ce critère ainsi que tous les autres lors d'imprégnations réalisées par dépôt de gouttes de solution sur la surface de l'émulsion.

Il faut remarquer enfin que tous les critères appartenant à ce groupe I sont inutilisables lorsque la fréquence d'autres événements caractérisés par des parcours différents de L est voisine ou est plus grande que celle des événements recensés.

Groupe II.

Calculs préliminaires.

a) Détermination du nombre de traces touchant les surfaces de l'émulsion.

Soit un élément de surface ds, base d'un cylindre dont l'axe est perpendiculaire aux surfaces de l'émulsion. Soient d'autre part dN le nombre d'événements produit dans ce cylindre et dN_e le nombre de ceux-ci correspondant à des trajectoires entièrement situées dans l'émulsion. Nous allons calculer la valeur de dN/dN_e.

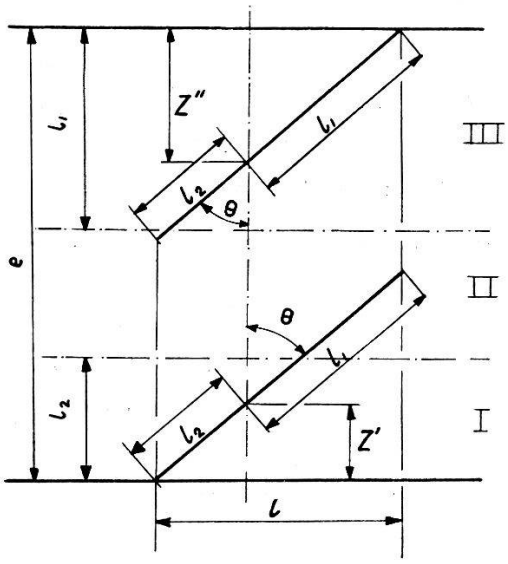

Fig. 3.

Détermination du nombre de traces touchant les surfaces de l'émulsion.

Nous admettons que dans l'émulsion non d'eveloppée (pour laquelle les calculs sont effectués) la distribution angulaire des trajectoires est isotrope et nous supposerons que toutes celles de longueur l_1 sont dirigées vers le haut (normalisation d'angle solide à 2π); nous traitons ici le cas $L \leqslant e$. La figure 3 montre que les trajectoires sortant de l'émulsion proviennent des zones I et III.

Zone I: La fraction des traces produites à la cote z dans l'élément $ds \cdot dz$, qui atteignent la surface de l'émulsion est donnée par:

$$\frac{2\pi l_2^2 (1 - \cos \Theta)}{2\pi l_2^2} = 1 - \cos \Theta$$

avec la relation: $z = l_2 \cos \Theta$; $\varrho \cdot ds \cdot dz$ traces proviennent de l'élément de volume considéré, parmi lesquelles $\varrho \cdot ds \cdot dz$ $(1 - \cos \Theta)$ touchent la surface de l'émulsion.

Le nombre total de trajectoires sortant de l'émulsion, provenant de la zone I est:

$$dN_{s\mathrm{I}} = \int_{\Theta=\pi/2}^{\Theta=0} \varrho \, ds \cdot dz (1 - \cos \Theta) = \frac{\varrho \, ds \cdot l_2}{2}.$$

Zone II: On trouverait de même: $dN_{s\mathrm{II}} = \frac{\varrho \cdot ds \cdot l_1}{2}$. Au total, on a donc $dN_s = 1/2 \, \varrho \cdot ds \cdot (l_1 + l_2) = 1/2 \, \varrho \cdot ds \cdot L$ trajectoires coupant les surfaces de l'émulsion.

Le nombre dN_e de trajectoires situées entièrement dans l'émulsion est $dN_e = dN - dN_s = \varrho ds \cdot (e - L/2)$;

$$dN = dN_e \cdot \frac{1}{1 - L/2\,e} = g \, dN_e. \tag{5}$$

Pour $L > e$, on trouverait par un raisonnement analogue

$$dN = dN_e \frac{2L}{e} = g' \, dN_e. \tag{6}$$

b) Nous allons maintenant déterminer la probabilité pour une trajectoire quelconque, de longueur projetée $(l, l + dl)$, d'être entièrement située dans l'émulsion. Imaginons, pour faciliter la compréhension des raisonnements suivants, de prolonger la couche sensible d'épaisseur e, de part et d'autre de ses 2 surfaces, par une couche semblable d'épaisseur supérieure à l_1. Nous utiliserons désormais le terme d'émulsion pour désigner la couche centrale, d'épaisseur e.

Si l'on considère d'abord que $L \leqslant e$, la figure 3 montre que de toutes les trajectoires de longueur projetée l, seules celles provenant des couches d'épaisseur z' et z'' sortent de l'émulsion.

Il y a respectivement pour ces deux zones:

$\varrho \; ds \cdot l_2 \cos \Theta \cdot p(l) dl$ et $\varrho ds \cdot l_1 \cos \Theta \cdot p(l) dl$ traces, soit au total $\varrho \cdot ds \cdot L \cos \Theta \; p(l) \; dl$ traces de longueur l, $l + dl$, atteignant les surfaces de l'émulsion.

Le nombre de traces de longueur projetée l, $l + dl$ produites dans le cylindre est $\varrho \cdot eds \cdot p(l)dl$. Il y a donc:

$$\varrho\, ds \cdot p(l)\, dl(e - L\cos\Theta) = \varrho\, e\, ds\, p(l)\, dl\left(1 - \frac{1}{e}\sqrt{L^2 - l^2}\right)$$

traces de longueur projetée l, $l + dl$ entièrement situées dans l'émulsion.

Si $L \leqslant e$, la probabilité pour une trajectoire quelconque de longueur l, d'être entièrement située dans l'émulsion est:

$$1 - \frac{1}{e}\sqrt{L^2 - l^2}\,. \tag{7}$$

Pour $L \geqslant e$, on aurait de même:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{si } l \geqslant \sqrt{L^2 - e^2} & : \; 1 - \frac{1}{e}\sqrt{L^2 - l^2} \\ \text{et si } l \leqslant \sqrt{L^2 - e^2} & : \; 0\,. \end{array}\right\} \tag{8}$$

Critère A_e.

On compte les traces correspondant à n_e. Les relations algébriques obtenues, étant encore plus inextricables que celles du critère A, ne sont pas étudiées ici.

Critère B_e.

On ne compte que les traces de longueur L, totalement ou partiellement contenues dans le cylindre de mesure, à l'exclusion de celles qui touchent les bases. Ces traces correspondent toutes à des trajectoires entièrement comprises dans l'émulsion.

La probabilité pour une trajectoire de longueur L d'avoir une projection comprise entre l et $l + dl$ est:

$$p(l)\, dl = \frac{l\, dl}{L\sqrt{L^2 - l^2}}\,. \tag{9}$$

Le nombre de trajectoires (longueur projetée l, $l + dl$) dont les centres sont à l'extérieur du cylindre, et qui coupent ses génératrices est (formule 2):

$$da = 2\,\varrho\, eR\, lp(l)\, dl = 2\,\varrho\, eR\, \frac{l^2\, dl}{L\sqrt{L^2 - l^2}}\,.$$

En utilisant l'expression (7) on voit que le nombre da_e de trajectoires ainsi définies, situées entièrement dans l'émulsion est:

$$da_e = 2\,\varrho\, eR\, \frac{l^2\, dl}{L\sqrt{L^2 - l^2}}\left(1 - \frac{\sqrt{L^2 - l^2}}{e}\right).$$

Le nombre total a_e de trajectoires entièrement comprises dans l'émulsion, dont les points milieux sont à l'extérieur du cylindre et qui coupent ses génératrices est donné par:

$$a_e = \int_0^L d a_e = \pi R \varrho e L \left(\frac{1}{2} - \frac{2L}{3\pi e}\right); \quad \text{mais } N = \pi R^2 \varrho e$$

donc

$$a_e = N \cdot \frac{L}{2R}\left(1 - \frac{4L}{3\pi e}\right) = \text{N.f.c.} \tag{10}$$

avec:

$$f = 1 - \frac{4L}{3\pi e}; \qquad c = \frac{L}{2R}.$$

Soit N_e le nombre de trajectoires entièrement situées dans l'émulsion, dont les centres sont à l'intérieur du cylindre de mesure. (Ce nombre est identique au nombre N_e défini ci-dessus (page 475) en raison de l'identité entre la densité des centres et des noyaux émissifs.)

$N_e = n_e + b_e - a_e$; l'expression (10) donne:

$N_e = n_e + b_e - f \cdot cN$; de (5) on tire:

$N = g N_e = g(n_e + b_e - fcN)$

$$N = \frac{(n_e + b_e)\, g}{1 + fcg} \tag{11}$$

avec:

$$g = \frac{1}{1 - L/2e}; \qquad f = 1 - \frac{4L}{3\pi e}; \qquad c = \frac{L}{2R}.$$

$$\boxed{N = \frac{n_e + b_e}{1 + \frac{L}{2R} - \frac{L}{2e} - \frac{2}{3\pi}\left(\frac{L}{e}\right)\left(\frac{L}{R}\right)}} \tag{12}$$

Pour le cas $L > e$, on trouverait par un calcul analogue:

$$N = \frac{(n_e + b_e)\, g'}{1 + g' f' c} \tag{13}$$

avec:

$$f' = \frac{2}{\pi}\left\{\frac{\pi}{2} - \arcsin\frac{\sqrt{L^2 - e^2}}{L} + \frac{e}{L^2}\sqrt{L^2 - e^2} - \frac{2}{3eL^2}\left[L^3 - (L^2 - e^2)^{3/2}\right]\right\}$$

$$g' = \frac{2L}{e}; \qquad c = \frac{L}{2R}.$$

Remarque.

Une variante du critère B_e consiste à poser:

$$N' = n_e + b_e/2.$$

Certains chercheurs confondent N et N', cherchons l'erreur ainsi commise; à partir de (12) on obtient:

$$\frac{N-N'}{N'} = \frac{\dfrac{b_e}{2(n_e+b_e/2)} + \dfrac{L}{2e} + \dfrac{2L^2}{3\pi eR} - \dfrac{L}{2R}}{1 + \dfrac{L}{2R} - \dfrac{L}{2e} - \dfrac{2L^2}{3\pi eR}} . \tag{14}$$

Si l'on prend le cas d'une émulsion au bore qui a été soumise à l'action des neutrons lents:

$$L = 7\,\mu; \qquad e = 200\,\mu; \qquad R = 40\,\mu; \qquad \frac{b_e}{n_e+b_e/2} = 10\,\%$$

on trouve que:

$$\frac{N-N'}{N'} = -\,0{,}015\,.$$

Cette variante est intéressante dans de tels cas puisque le facteur correctif est très petit (plus petit que celui correspondant au cas B_e). On peut en première approximation prendre N' pour N en négligeant toute correction.

Critère C_e.

On dénombre toutes les trajectoires entièrement comprises dans l'émulsion (à l'exclusion de celles qui touchent l'une des surfaces), dont le centre se trouve à l'intérieur du cylindre de mesure.

Le nombre de trajectoires de longueur projetée $(l,\ l + dl)$, ayant leurs centres à l'intérieur du cylindre, est:

$$dn_m = \pi R^2 \varrho e \frac{l\,dl}{L\sqrt{L^2-l^2}} .$$

Le nombre de trajectoires de ce type, situées entièrement dans l'émulsion, est d'après (7), si $L \leqslant e$:

$$dn_{me} = \pi R^2 \varrho e \frac{l\,dl}{L\sqrt{L^2-l^2}} \left(1 - \frac{1}{e}\sqrt{L^2-l^2}\right).$$

Le nombre total de trajectoires, contenues entièrement dans l'émulsion, dont les centres sont à l'intérieur du cylindre considéré est:

$$n_{me} = \int_0^L dn_{me} = \pi R^2 \varrho e \left(1 - \frac{L}{2e}\right);$$

mais $N = \pi R^2 \varrho e$, d'où:

$$N = \frac{n_{me}}{1 - L/2e} . \tag{15}$$

Ce résultat a déjà été utilisé par O. ROCHAT[11]). Pour $L > e$ on trouverait:

$$N = n_{me} \cdot \frac{2L}{e}. \tag{16}$$

Il est bien entendu que L est toujours $\leqslant 2$ R.

Ce critère C_e ne présente pas les avantages du critère C, mais en a les inconvénients.

En dénombrant séparément les traces entièrement situées dans la couche sensible et celles qui ne le sont pas, pour une émulsion Ilford au lithium préalablement soumise à un flux de neutrons lents de densité homogène, nous avons pu constater par application de la formule (5) l'uniformité de la distribution verticale du lithium, à la précision près des comptages qui a été de 3%. O. ROCHAT[11]) avait trouvé que la densité superficielle du bore incorporé dans les émulsions est uniforme.

Lorsqu'on travaille avec des émulsions qui ont été imprégnées dans des solutions, il est nécessaire de déterminer dans le cas général l'isotropie de la distribution[13]), et pour l'application du critère C, l'uniformité de la densité superficielle.

Il convient enfin de remarquer que par l'usage des critères du groupe II, on est conduit à des relations algébriques dans lesquelles n'entre que la longueur totale de la trajectoire, ce qui ne nécessite pas la connaissance des parcours partiels souvent mal définis. Ces relations donneront des résultats plus précis que ceux calculés à partir des relations du groupe I.

5. Conclusions.

Nous avons choisi divers critères que l'on peut adopter dans le comptage des traces, pour calculer à partir de grandeurs accessibles expérimentalement, le nombre d'événements d'un type donné produits dans un volume d'émulsion nucléaire défini par l'épaisseur e de la couche sensible d'une part, et la surface du réticule oculaire (de rayon R dans le plan objet) d'autre part.

Nous avons constamment admis que la longueur moyenne L totale de la trace, pour une trajectoire entièrement comprise dans l'émulsion, était $\leqslant 2\,R$.

Dans tous les cas, il est utile que le rayon du champ visible soit plus grand que $L + R$, sauf pour deux des critères (C et C_e) où il suffit qu'il soit supérieur à $L/2 + R$.

En pratique, le choix d'un critère va dépendre des valeurs des rapports L/e, f/f_p (f étant la fréquence des événements considérés, f_p celle des effets parasites), et L/R.

Dans un premier groupe (I) de critères, les relations algébriques que l'on obtient ne sont valables que si $L \leqslant e$, tandis que dans le deuxième groupe (II) on a considéré toutes les valeurs possibles de L par rapport à e.

Si $f/f_p \gg 1$, on pourra faire appel à l'un des critères des groupes I ou II; par contre si f/f_p est voisin de 1 ou est < 1, on utilisera l'un des critères du groupe II.

Enfin, si $L/R \simeq 1$, on adoptera l'un des critères C ou C_e; si au contraire $L/R \ll 1$, il sera préférable d'utiliser l'un des critères B ou B_e (A ou A_e, équivalents du point de vue expérimental, donnent lieu à de longs calculs).

Nous tenons à adresser nos remerciements au Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique grâce auquel ce travail a pu être réalisé.

Lausanne, Laboratoire de Chimie-Physique
et Recherches Nucléaires.

Réferences bibliographiques.

1) Ch. Haenny, M. Najar et M. Gailloud, Helv. Phys. Acta **22**, 611 (1949).
2) M. Najar, Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat. (Lausanne) **64**, 367 (1949).
3) R. Locqueneux, J. Phys. et Rad. **11**, 144 (1950).
4) C. Gimenez et J. Labeyrie, J. Phys. et Rad. **15**, 38A (1954).
5) M. Gailloud, Helv. Phys. Acta à paraître.
6) N. Kaplan et H. Yagoda, Rev. of Scient. Inst. **23**, 155 (1952).
7) E. Binggeli, Helv. Phys. Acta (à paraître).
8) Ch. Haenny et O. Clement, Experientia V/**17**, 281 (1949), Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat. **64**, 297 (1949).
9) Ch. Haenny, P. Lerch et O. Rochat, Helv. Phys. Acta **22**, 609 (1949).
10) Ch. Haenny et O. Rochat, Helv. Phys. Acta **21**, 186 (1948).
11) O. Rochat, Mém. Sté. Vaud. Sc. Nat. **9**, 195 (1949).
12) A. Herpin et C. Mercier, J. Phys. et Rad. **15**, 21 (1954).
13) E. Broda, Nature **160**, 231 (1947).