



Méthode des émulsions nucléaires courbées

J. Heidmann

► To cite this version:

J. Heidmann. Méthode des émulsions nucléaires courbées. Journal de Physique et le Radium, 1957, 18 (11), pp.625-628. 10.1051/jphysrad:019570018011062500 . jpa-00235719

HAL Id: jpa-00235719

<https://hal.science/jpa-00235719>

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.

MÉTHODE DES ÉMULSIONS NUCLÉAIRES COURBÉES

Par J. HEIDMANN,

Laboratoire de Physique, École Polytechnique, Paris.

1. Introduction. — La méthode décrite ici a pour but de permettre de reconnaître facilement les traces de particules rapides enregistrées dans des émulsions photographiques nucléaires à un moment donné. Par exemple, lors d'exposition d'émulsions au rayonnement cosmique en ballons, elle permet de discriminer les particules enregistrées pendant le plafonnement de celles enregistrées pendant la montée et la descente. Elle consiste à courber les émulsions avec un rayon de courbure de quelques cm aux instants inopportuns et à les maintenir planes aux moments favorables. Ainsi, une trace indésirable paraîtra courbée lorsqu'elle sera examinée au microscope.

Cette méthode permet de « marquer » toute trace suffisamment longue, pourvu que son angle avec les génératrices du cylindre formé par l'émulsion courbée ne soit pas trop faible. Les traces les plus intéressantes, c'est-à-dire les plus longues, sont les plus aisément repérables. De plus, la méthode ne nécessite pas le passage d'une émulsion à une autre pour reconnaître une trace, l'information étant contenue dans l'émulsion même où se trouve la trace.

2. Formule. — Soit une émulsion d'épaisseur $2a$ courbée en un cylindre de rayon de courbure

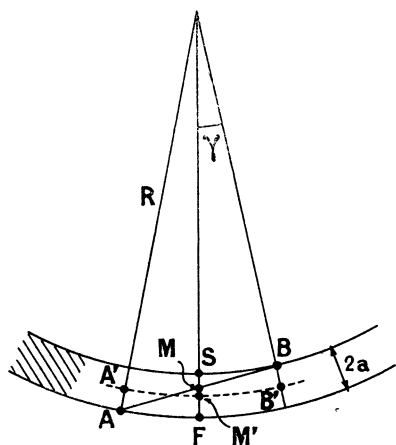


FIG. 1. — Définition de la flèche.

moyen R (fig. 1) et une trace AB perpendiculaire à l'axe du cylindre. Lorsque l'émulsion, rendue plane, sera examinée au microscope, la trace aura la

longueur projetée $A'M'B' = 2d$ (M' : milieu de SF). La flèche f sera la longueur MM' déterminée en mesurant la distance de la trace, perpendiculairement au plan de l'émulsion, au milieu M' de $A'B'$ et de SF .

On a :

$$f = R - \frac{R^2 - a^2}{R} \cos \gamma$$

où $\gamma \sim d/R$ est l'angle indiqué sur la figure. Pour un rayon de courbure $R = 3$ cm et des émulsions de 600μ , valeurs adoptées dans cette étude, d est au maximum égal à 3.000μ pour une trace AB coupant effectivement les deux faces de l'émulsion.

A une approximation suffisante (1 %), on peut simplifier :

$$f = \frac{a^2}{R} + \frac{d^2}{2R}. \quad (1)$$

Pour une trace non perpendiculaire à l'axe du cylindre, c'est évidemment sa longueur projetée sur un plan perpendiculaire à l'axe qu'il faut porter dans (1).

A part un terme résiduel $a^2/R \sim 3 \mu$, d'un intérêt purement académique, la flèche croît comme le carré de la longueur de la trace et peut aller jusqu'à la valeur 150μ pour une trace coupant les 2 faces de l'émulsion. Elle est portée suivant la courbe (a) sur la figure 3. (Une trace plus longue, ou placée favorablement, couperait deux fois la même face de l'émulsion et ne nécessiterait aucune mesure de flèche pour être « reconnue ».)

3. Expérimentation. — Une exposition effective d'émulsions courbées à des particules rectilignes était nécessaire pour apprécier les causes d'erreur et le côté pratique de la méthode, et aussi pour voir si des émulsions courbées puis décourbées ne portaient pas de traces des efforts mécaniques de torsions, pressions et glissements. En fait, aucun effet de ce genre ne fut remarqué. Comme source de traces rectilignes nous avons pris les noyaux primaires lourds rapides du rayonnement cosmique. Un vol a été fait le 5 janvier 1956 avec 4 ballons Darex J-8 800 (départ 7 h 55, chute entre 12 h 00 et 13 h 20 T. U.). 5 émulsions Ilford G-5 de 600μ d'épaisseur et de dimensions 5×10 cm étaient enveloppées dans du

thermoplastique non. Une extrémité du paquet était serrée entre deux formes, l'une plane, l'autre cylindrique (fig. 2). Des tensions (de l'ordre du kg)

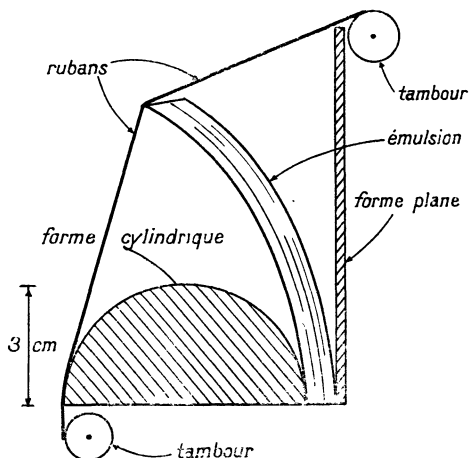


FIG. 2. — Schéma de l'appareil à courber.

sur des rubans permettaient d'appliquer les émulsions sur l'une ou l'autre forme. Les émulsions ont été courbées avant le vol et décourbées le lendemain après-midi ; une émulsion témoin plane volait en même temps.

4. Mesures. — Une vingtaine de noyaux lourds rapides suffisamment longs ($2d > 700 \mu$) ont été repérés. Leur rapidité était jugée d'après la constance de l'ionisation et la rectilinéarité de la trace dans le plan de l'émulsion. La mesure de la flèche se fait à l'aide de deux montres, l'une au $1/100^e$

de mm pour trouver le milieu de la trace, l'autre au micron pour les mesures de profondeur. Le choix de 3 cm pour le rayon de courbure permet de mesurer une flèche en quelques minutes. Les résultats sont donnés dans le Tableau I ; les traces 1-17 appartiennent aux émulsions courbées, les traces a-e à l'émulsion témoin. Les flèches sont ramenées à l'épaisseur initiale d'émulsion, c'est-à-dire 600μ . Elles sont portées sur la figure 3.

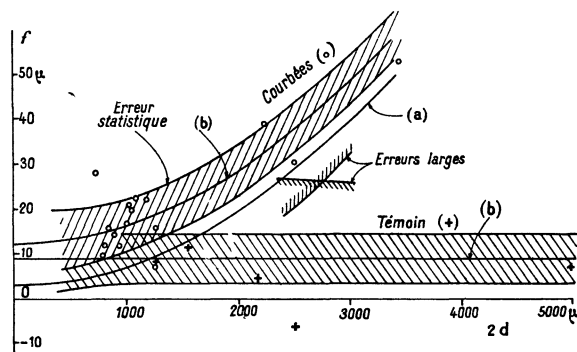


FIG. 3. — Flèches en fonction de la longueur $2d$.

5. Discussion des erreurs. — La détermination des erreurs est le problème le plus important car le domaine de validité de la méthode en dépend : plus les erreurs seront petites, plus courtes, donc plus nombreuses, seront les traces mesurables. Nous déterminerons deux sortes d'erreurs : les erreurs larges, qui ne sont dépassées en aucun cas, et les erreurs statistiques usuelles.

Appelons z_F , z_M et z_S les cotes des points F, M et S

TABLEAU 1

N°	NATURE APPROXIMATIVE	LONGUEUR EN μ	ANGLE AVEC AXE CYLINDRE EN DEGRÉS	$2d$ EN μ	ÉPAISSEUR ÉMULSION DÉVELOPPÉE EN μ	FLÈCHE f EN μ
1	C	2 674	72	803	327	12
2	C	1 146	23	1 053	334	20
3	C	1 170	40	896	319	14
4	C	1 314	17	1 260	306	16
5	C	1 048	27	933	306	12
6	C	1 204	12	1 178	313	22
7	C	2 500	1	2 500	316	30
8	C	1 082	20	1 022	296	21
9	O	2 386	22	2 222	322	39
10	Fe	1 160	50	725	311	28
11	Mg	3 790	25	3 432	321	53
12	Mg	1 060	27	840	306	16
13	Fe	1 612	48	1 080	307	22
14	C	2 354	58	1 250	338	7
15	Fe	1 512	48	1 007	326	17
16	C	1 410	56	790	316	9
17	Mg	6 760	25	coupe 2 fois la même face		
a	Mg	1 260			329	8
b	Mg	2 170			327	5
c	C	4 980			332	7
d	C	2 510			338	6
e	C	1 545			339	1

(voir figure 1) tels qu'ils apparaissent au microscope sur l'émulsion développée ; et soit :

$$h = z_M - z_F, \quad e = z_S - z_F, \quad l = 2d.$$

On a :

$$f = (h - e/2) (600/e) = (z_M - z_F/2 - z_S/2) (600/e).$$

Toutes longueurs exprimées en μ .

1° ERREUR DUE AU REPÉRAGE DU MILIEU DE LA TRACE. — L'erreur sur f due à une erreur Δl sur l est :

$$\Delta f_l = \Delta l \frac{e}{l} \frac{600}{e}$$

Δl provient de 3 lectures faites à $\pm 2 \mu$. L'erreur large est donc $\Delta h_l = 3 \cdot 600/l$, et l'erreur statistique est $2 \cdot 100/l$.

2° ERREURS SUR LES LECTURES EN PROFONDEUR. — La première est due à la montre qui lit à $\pm 1 \mu$. L'erreur large sur f est donc, d'après la formule ci-dessus, $\Delta f_M = 1 \cdot 200/e$, et l'erreur statistique : $740/e$. La seconde est due à la densité finie des grains de l'émulsion, le repérage de z_F et z_S se faisant d'après les grains parasites noyés dans l'émulsion.

Pour la zone centrale du champ du microscope dans laquelle se faisaient les pointés (diamètre $\sim 30 \mu$) il y a environ un grain tous les $1/2$ microns en profondeur ; l'erreur large sur f est donc $\Delta f_G = (0 \text{ à } 1) \cdot 600/e$. Au total les lectures en profondeur donnent l'erreur large $\Delta f_P = 1 \cdot 800/e$ et l'erreur statistique $\sim 800/e$. La courbure du champ, dans ces pointés, donne une erreur négligeable.

3° ERREURS DUES AUX VARIATIONS D'ÉPAISSEUR DE L'ÉMULSION. — a. *Variations à grande échelle.* — Ces variations ont été déterminées en mesurant au

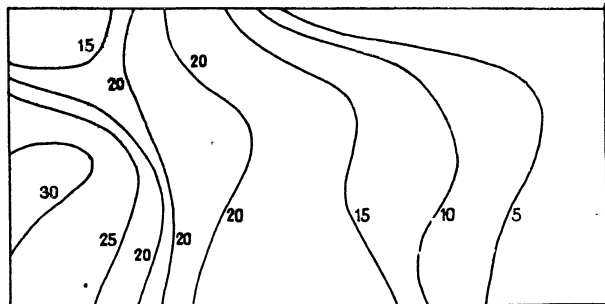


FIG. 4. — Lignes de niveau d'une émulsion (cotes en microns)

comparateur en une cinquantaine de points l'épaisseur d'émulsions du même lot non développées. Les lignes de niveau d'une émulsion typique sont représentées par la figure 4. Si les deux faces de l'émulsion, au lieu d'être parallèles, font entre elles

un angle ε il en résultera sur f une erreur $\Delta f_\varepsilon = l\varepsilon/4$. D'après la carte ε est de l'ordre de $10 \mu/1 \text{ cm} \sim 10^{-3}$; donc Δf_ε est négligeable.

b. *Variations à échelle moyenne.* — Des mesures d'épaisseur d'émulsion développées, au microscope, ont été faites tous les 100μ sur une douzaine de segments de 1 mm de long ou plus. Les variations maxima d'épaisseur ont pour moyenne $\pm 2 \mu$ et semblent être tout simplement dûes aux erreurs du § 2. Des ondulations de longueur d'onde de l'ordre du mm existent peut-être. Il en résulterait des variations de pente ε d'environ $4/500 \sim 10^{-2}$ donnant une erreur sur la flèche $\Delta f_m \sim l/100$ pour l au maximum égal à la demi-longueur d'onde ; on a donc $\Delta f_m \lesssim 5 \mu$. L'erreur statistique est de l'ordre de 3μ .

c. *Variations à petite échelle.* — Enfin, sur une dizaine de segments de 100μ de long des mesures d'épaisseur ont été faites tous les 10μ ; elles donnent aussi des variations maxima de l'ordre de $\pm 2 \mu$ sur e . Si ces variations sont réelles, elles correspondent à des trous et bosses répartis au hasard sur les 2 faces et d'amplitude

$$\pm \frac{2}{\sqrt{2}} \mu \sim \pm 1,5 \mu.$$

Si une bosse se trouve à une extrémité de la trace et un creux à l'autre extrémité, l'erreur sur f sera $\Delta f = 600 \cdot 1,5/e = 900/e$. Si il y a un creux en S et une bosse en F il en résultera la même erreur sur f . Etc... Au total l'erreur large sur f sera : $\Delta f_P = 1 \cdot 800/e$ et l'erreur statistique $900/e$.

Au total les erreurs larges sur la flèche sont, puisque $e \sim 300 \mu$:

$$\Delta f = 3 \cdot 600/l + 17 \text{ microns} \quad (2)$$

et les erreurs statistiques sont :

$$\Delta f_{st} = \sqrt{(2 \cdot 100/l)^2 + 25} \mu \sim 5 \text{ à } 6 \text{ microns.} \quad (3)$$

4. ERREUR SYSTÉMATIQUE DUE A LA CONTRACTION DE L'ÉMULSION. — Si on mesure l'écart moyen des points expérimentaux par rapport à la courbe théorique (a) figure 3 pour les émulsions courbées et $f = 0$ pour l'émulsion témoin, on trouve $+9 \mu$. Cette erreur systématique peut s'expliquer par le fait que l'émulsion, après développement, se contracte plus en surface que du côté du verre où elle a été collée.

Rapportons l'émulsion vue par la tranche à 2 axes xOy (fig. 5). Un élément dy se transformera après développement en dy' que l'on peut exprimer au 1^{er} ordre près par

$$dy' = (c - ky/2a) \cdot dy.$$

Une trace de longueur l : $y = (2a/l)x$ se transformera en $y' = (2ac/l)x - (ak/l^2)x^2$ et il en résultera une flèche : $f_c = ak/4$. Égalant f_c à 9μ ,

on obtient $k = 12 \%$. D'autre part la contraction totale est : $c = k/2 \sim 320/600$; d'où $c \sim 60 \%$.

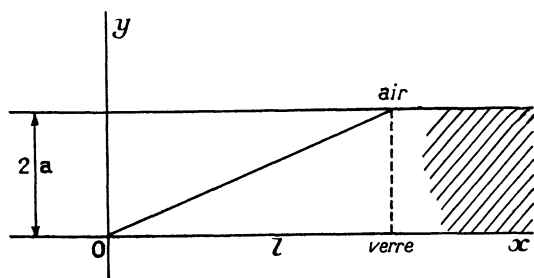


Fig. 5. — Contraction différentielle.

Cela veut dire que la contraction en surface est 52% et celle du côté verre 40 %, valeurs tout à fait raisonnables.

4. Domaine d'application. — En définitive, sur la figure 3 nous traçons les courbes (b) obtenues en ajoutant 9μ aux courbes (a) et $f = 0$. Nous les encadrons de leurs erreurs statistiques, et partiellement, des erreurs larges. On voit ainsi que, lorsque l'on fait des études statistiques, la méthode

est applicable pour toute trace de longueur $2d$ supérieure à $1\,400 \mu$, avec des émulsions de 600μ . Lorsque l'on fait des études individuelles, la méthode est applicable à partir de $2\,800 \mu$.

Nous n'avons pas fait de mesures de *scattering* multiple sur des traces au minimum d'ionisation, pour voir si courber l'émulsion le perturbe. Nous pensons appliquer la méthode aux noyaux lourds uniquement, lors de vols en fusées légères lâchées de ballons. Dans de tels vols il est primordial de discriminer les traces enregistrées pendant les quelques minutes de vol extra-terrestre de celles enregistrées pendant la montée en ballons. La forme d'une fusée se prête bien à l'utilisation d'un paquet d'émulsions longues et peu larges, courbées en un cylindre allongé dans le sens de la fusée.

Nous sommes heureux de remercier M^{me} J. Heidmann pour le soin qu'elle a apporté à l'ensemble des mesures et pour ses contributions dans la discussion des causes d'erreur. Nous remercions également M. G. Kayas pour la qualité du développement qu'il a effectué et M. L. Leprince-Ringuet pour ses encouragements.

Manuscrit reçu le 27 septembre 1957.