

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Auteur(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Publication : Laboratoire d'essais
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 193.-195.
Nombre de volumes	125
Cote	CNAM-BIB P 1329-B et P 1329-C
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Note	La collection comporte des lacunes : n°24; n°58; n°63; n°67; n°76-n°77
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=17/TTL=3/REL?PPN=261820893&amp;RELTYPE=NT">https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=17/TTL=3/REL?PPN=261820893&amp;RELTYPE=NT</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B_P1329-C">https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B_P1329-C</a>
LISTE DES VOLUMES	
	<a href="#">N°25 (1936)</a>
	<a href="#">N°26 (1937)</a>
	<a href="#">N°27 (1937)</a>
	<a href="#">N°28 (1937)</a>
	<a href="#">N°29 (1938)</a>
	<a href="#">N°30 (1939)</a>
	<a href="#">N°31 (1936)</a>
	<a href="#">N°32 (1938)</a>
	<a href="#">N°33 (1938)</a>
	<a href="#">N°34 (1938)</a>
	<a href="#">N°35 (1938)</a>
	<a href="#">N°36 (1938)</a>
	<a href="#">N°37 (1938)</a>
	<a href="#">N°38 ( 1938)</a>
	<a href="#">N°39 (1938)</a>
	<a href="#">N°40 (1939)</a>
	<a href="#">N°41 (1939)</a>
	<a href="#">N°42 (1939)</a>
	<a href="#">N°43 (1939)</a>
	<a href="#">N°44 (1939)</a>
	<a href="#">N°45 (1938)</a>
	<a href="#">N°46 (1940)</a>
	<a href="#">N°47 (1940)</a>
	<a href="#">N°48 (1940)</a>
	<a href="#">N°49 (1940)</a>
	<a href="#">N°50 (1940)</a>
	<a href="#">N°51 (1941)</a>
	<a href="#">N°52 (1941)</a>
	<a href="#">N°53 (1941)</a>
	<a href="#">N°54 (1941)</a>
	<a href="#">N°55 (1942)</a>
	<a href="#">N°56 (1942)</a>
	<a href="#">N°57 (1942)</a>
	<a href="#">N°59 (1942)</a>

	<a href="#">N°60 (1941)</a>
	<a href="#">N°61 (1942)</a>
	<a href="#">N°62 (1943)</a>
	<a href="#">N°64 (1943)</a>
	<a href="#">N°65 (1943)</a>
	<a href="#">N°66 (1943)</a>
	<a href="#">N°68 (1943)</a>
	<a href="#">N°69 (1943)</a>
	<a href="#">N°70 (1943)</a>
	<a href="#">N°71 (1943)</a>
	<a href="#">N°72 (1944)</a>
	<a href="#">N°73 (1943)</a>
	<a href="#">N°74 (1944)</a>
	<a href="#">N°75 (1944)</a>
	<a href="#">N°78 (1944)</a>
	<a href="#">N°79 (1944)</a>
	<a href="#">N°80 (1944)</a>
	<a href="#">N°81 (1944)</a>
	<a href="#">N°82 (1944)</a>
	<a href="#">N°83 (1944)</a>
	<a href="#">N°84 (1944)</a>
	<a href="#">N°85 (1944)</a>
	<a href="#">N°86 (1945)</a>
	<a href="#">N°87 (1945)</a>
	<a href="#">N°88 (1945)</a>
	<a href="#">N°89 (1945)</a>
	<a href="#">N°90 (1945)</a>
	<a href="#">N°91 (1945)</a>
	<a href="#">N°92 (1945)</a>
	<a href="#">N°93 (1945)</a>
	<a href="#">N°94 (1945)</a>
	<a href="#">N°95 (1946)</a>
	<a href="#">N°96 (1946)</a>
	<a href="#">N°97 (1946)</a>
	<a href="#">N°98 (1944)</a>
	<a href="#">N°99 (1945)</a>
	<a href="#">N°100 (1945)</a>
	<a href="#">N°101 (1946)</a>
	<a href="#">N°102 (1946)</a>
	<a href="#">N°103 (1946)</a>
	<a href="#">N°104 (1946)</a>
	<a href="#">N°105 (1946)</a>
	<a href="#">N°106 (1946)</a>
	<a href="#">N°107 (1947)</a>
	<a href="#">N°108 (1947)</a>
	<a href="#">N°109 (1947)</a>
	<a href="#">N°110 et 111 (1947)</a>
	<a href="#">N° 112 (1947)</a>
	<a href="#">N° 113 (1947)</a>
	<a href="#">N° 114 (1947)</a>
	<a href="#">N° 115 (1947)</a>
	<a href="#">N° 116 (1947)</a>
	<a href="#">N° 117 (1947)</a>
	<a href="#">N° 118 (1948)</a>
	<a href="#">N° 119 (1948)</a>
	<a href="#">N° 120 (1948)</a>
	<a href="#">N° 121 (1948)</a>
	<a href="#">N° 122 (1947)</a>

	<a href="#">N° 123 (1948)</a>
	<a href="#">N° 124 (1948)</a>
	<a href="#">N° 125 (1948)</a>
	<a href="#">N° 126 (1948)</a>
	<a href="#">N° 127 (1948)</a>
	<a href="#">N° 128 (1948)</a>
	<a href="#">N° 129 (1948)</a>
<b>VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	<a href="#">N° 130 (1949)</a>
	<a href="#">N° 131 (1949)</a>
	<a href="#">N° 132 (1949)</a>
	<a href="#">N° 133 (1948)</a>
	<a href="#">N° 134 (1949)</a>
	<a href="#">N° 135 (1948)</a>
	<a href="#">N° 136 (1949)</a>
	<a href="#">N° 137 (1950)</a>
	<a href="#">N° 138 (1950)</a>
	<a href="#">N° 139 (1950)</a>
	<a href="#">N° 140 (1950)</a>
	<a href="#">N° 141 (1950)</a>
	<a href="#">N° 142 (1948)</a>
	<a href="#">N° 143 (1950)</a>
	<a href="#">N° 144 (1950)</a>
	<a href="#">N° 145 (1951)</a>
	<a href="#">N° 146 (1951)</a>
	<a href="#">N° 147 (1951)</a>
	<a href="#">N° 148 (1951)</a>
	<a href="#">N° 149 (1951)</a>
	<a href="#">N° 150 (1951)</a>
	<a href="#">N° 151 (1951)</a>
	<a href="#">N° 152 (1951)</a>
	<a href="#">N° 153 (1952)</a>
	<a href="#">N° 154 (1952)</a>
	<a href="#">N° 155 (1952)</a>

<b>NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	
Auteur(s) volume	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Publication : Laboratoire d'essais
Volume	<a href="#">N° 130 (1949)</a>
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1949
Collation	1 vol. (3 p.) ; 25 cm
Nombre de vues	8
Cote	CNAM-BIB P 1329-B (71)
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Revue
Langue	Anglais Français
Date de mise en ligne	10/04/2025
Date de génération du PDF	07/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/039014541">https://www.sudoc.fr/039014541</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B.71">https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B.71</a>

...

8: Ku. 107 (196)

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
LABORATOIRE D'ESSAIS



P 1320-3

INTERPRÉTATION DE LA VALEUR LIMITE  
DE LA DIFFUSION DES RAYONS X  
AUX TRÈS FAIBLES ANGLES  
*par MM. G. Fournet et A. Guinier*

PUBLICATION N° 130

(Extrait des Comptes Rendus de l'Académie des Sciences  
T. 228 P. 66-68, séance du 3 Janvier 1949)









RAYONS X. — *Interprétation de la valeur limite de la diffusion des rayons X aux très faibles angles.* Note (\*) de MM. GÉRARD FOURNET et ANDRÉ GUINIER, présentée par M. Charles Mauguin.

L'intensité diffusée par une particule isolée,  $F^2$ , est maximum dans la direction du rayon incident. Sa valeur est  $F^2(0) = n^2 I_e$ , où  $n$  est le nombre d'électrons de la particule, et  $I_e$  l'intensité diffusée par un électron.

Pour un ensemble de  $N$  particules, quand l'angle de diffusion  $\varepsilon$  est assez petit pour que la différence de phase entre les ondes diffusées en deux points quelconques de l'ensemble soit inférieure à  $2\pi$ , il intervient dans le calcul de l'intensité un terme en  $N^2$  qui rend celle-ci très grande. Ce domaine angulaire étant inaccessible à l'expérience, nous prendrons comme valeur limite  $I_0$  de l'intensité, la limite des valeurs mesurées  $I(h)$  quand  $h[h = (2\pi\varepsilon)/\lambda]$  tend vers zéro, en restant extérieur au domaine négligé. La valeur de  $I_0$  dont est responsable uniquement la *diffusion cohérente* puisque l'effet Compton s'annule, dépend de l'état de la matière. L'expérience montre que cette valeur est grande pour les gaz, faible pour les liquides, elle est théoriquement nulle pour un cristal à réseau parfait, mais ne l'est pas pour les cristaux réels doués d'agitation thermique.

Nous supposons que le volume  $V_0$  offert aux particules est grand devant la portion  $V$  irradiée par les rayons X. Pour calculer la valeur observable de l'intensité diffusée  $I(h)$  on définit <sup>(1)</sup><sup>(2)</sup> la probabilité  $P_i$  pour qu'il y ait à la fois un centre de particule dans un élément de volume  $dv_k$  et le centre d'une autre particule dans un élément  $dv_j$  distant de  $r$ ,

$$P_i = \frac{dv_k}{v_1} \cdot \frac{dv_j}{v_1} \cdot P(r),$$

$v_1$  étant le volume moyen offert à chaque particule. Dans les corps amorphes,  $P(r)$  tend vers l'unité quand  $r$  tend vers l'infini. Nous obtenons en supprimant le terme en  $N^2$  dû à la diffusion par l'ensemble du domaine  $V$  et en négligeant les

(\*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) F. ZERNICKE et J. A. PRINS, *Z. Phys.*, 41, 1927, p. 184-193.

(2) P. DEBYE, *Z. Phys.*, 28, p. 135-141.



effets de bords du volume V

$$(1) \quad \overline{I(h)} = \bar{N} F^2(h) \left\{ 1 - \frac{1}{\nu_1} \int_0^\infty [1 - P(r)] \frac{\sin hr}{hr} 4\pi r^2 dr \right\},$$

formule identique à celle de Debye, à cela près qu'y figure  $\bar{N}$  au lieu de N, car N, nombre de particules contenues dans V, est soumis à des fluctuations. Pour  $h=0$ , la formule (1) devient

$$I_0 = \bar{N} n^2 I_c \left\{ 1 - \frac{1}{\nu_1} \int_0^\infty [1 - P(r)] 4\pi r^2 dr \right\}.$$

L'intégrale ci-dessus se calcule à partir de l'intégrale  $\int_V \int_V P_1$  dont on connaît la valeur : c'est le nombre moyen de couples de particules existant dans V soit

$$\int_V \int_V P_1 = \overline{N(N-1)} = \bar{N}^2 - \bar{N}.$$

On trouve ainsi

$$(2) \quad \int_0^\infty [1 - P(r)] 4\pi r^2 dr = \nu_1 \frac{\bar{N} - (\bar{N}^2 - \bar{N}^2)}{\bar{N}}$$

et

$$I_0 = I_c n^2 (\bar{N}^2 - \bar{N}^2) = I_c n^2 (\overline{N - N})^2.$$

Cette formule, d'ailleurs déjà obtenue par des moyens différents <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> est absolument générale; elle est déduite de seules considérations géométriques. *L'intensité diffusée au centre est une conséquence de l'existence des fluctuations* : une masse de matière donnée diffuse d'autant plus que sa densité et son degré d'organisation sont plus faibles, et l'intensité diffusée est nulle dans le cas d'un réseau parfait où N est déterminé. La valeur de  $I_0$  peut être précisée par des considérations thermodynamiques. L'écart quadratique moyen de N est déterminé par la compressibilité  $\chi$  qui peut se déduire de l'équation d'état ce qui donne

$$I_0 = I_c n^2 \bar{N} \frac{kT}{\nu_1} \chi.$$

Dans le cas de gaz parfaits (ou de molécules en solution étendue), on retrouve le résultat classique  $I_0 = I_c n^2 \bar{N}$ .

Si on adopte l'équation d'état  $p(v-b) = RT$ , qui ne tient compte que de l'imperméabilité des particules on obtient

$$(3) \quad I_0 = I_c n^2 \bar{N} \left( 1 - \frac{b}{v} \right)^2 = I_c n^2 \bar{N} \left( 1 - \frac{2b}{v} + \frac{b^2}{v^2} \right).$$

<sup>(3)</sup> A. B. BHATIA et K. S. KRISHNAN, *Proc. Roy. Soc., A*, 192, 1948, p. 181.



En négligeant le terme en  $b^2$ , (3) n'est autre que la formule donnée par Debye<sup>(2)</sup>. On voit donc la nature des approximations contenues implicitement dans cette formule. Elle a été appliquée<sup>(4)</sup> pour les liquides pour lesquels elle n'est plus valable. D'ailleurs elle conduisait à un résultat absurde (intensité négative quand l'arrangement des molécules est trop compact) et à un résultat non vérifié expérimentalement (maximum de l'intensité prévu pour un angle quasi indépendant de la distance moyenne entre particules voisines). Ceci provient du fait que la fonction  $P(r)$  choisie par Debye pour base de sa théorie n'obéit pas à la relation (2).

---

(4) A. H. COMPTON et S. K. ALLISON, *X-Kays in theory and experiment*, Mac Millan, 1935, p. 184.

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*,  
t. 228, p. 66-68, séance du 3 janvier 1949.)













