

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).

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	https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=17/TTL=3/REL?PPN=261820893&RELTYPE=NT
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B_P1329-C
LISTE DES VOLUMES	
	N°25 (1936)
	N°26 (1937)
	N°27 (1937)
	N°28 (1937)
	N°29 (1938)
	N°30 (1939)
	N°31 (1936)
	N°32 (1938)
	N°33 (1938)
	N°34 (1938)
	N°35 (1938)
	N°36 (1938)
	N°37 (1938)
	N°38 (1938)
	N°39 (1938)
	N°40 (1939)
	N°41 (1939)
	N°42 (1939)
	N°43 (1939)
	N°44 (1939)
	N°45 (1938)
	N°46 (1940)
	N°47 (1940)
	N°48 (1940)
	N°49 (1940)
	N°50 (1940)
	N°51 (1941)
	N°52 (1941)
	N°53 (1941)
	N°54 (1941)
	N°55 (1942)
	N°56 (1942)
	N°57 (1942)
	N°59 (1942)

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

	N° 123 (1948)
	N° 124 (1948)
	N° 125 (1948)
	N° 126 (1948)
	N° 127 (1948)
	N° 128 (1948)
	N° 129 (1948)
	N° 130 (1949)
	N° 131 (1949)
	N° 132 (1949)
	N° 133 (1948)
	N° 134 (1949)
	N° 135 (1948)
	N° 136 (1949)
	N° 137 (1950)
	N° 138 (1950)
	N° 139 (1950)
	N° 140 (1950)
	N° 141 (1950)
	N° 142 (1948)
	N° 143 (1950)
	N° 144 (1950)
	N° 145 (1951)
	N° 146 (1951)
	N° 147 (1951)
	N° 148 (1951)
	N° 149 (1951)
	N° 150 (1951)
	N° 151 (1951)
	N° 152 (1951)
	N° 153 (1952)
	N° 154 (1952)
	N° 155 (1952)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
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	N° 114 (1947)
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1947
Collation	1 vol. (3 p.) ; 25 cm
Nombre de vues	8
Cote	CNAM-BIB P 1329-B (62)
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	https://www.sudoc.fr/039014541
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B.62

...

8. Rue 107 (95)

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
LABORATOIRE D'ESSAIS



P 13223-B

MISE EN ÉVIDENCE D'UNE STRUCTURE
SUBMICROSCOPIQUE DANS LES GLOBULES
ROUGES PAR LA DIFFUSION DES
RAYONS X AUX PETITS ANGLES

par MM. Dikran, G. Dervichian,
Gérard Fournet et André Guinier

PUBLICATION N° 114

(Extrait des Comptes Rendus de l'Académie des Sciences
T. 224 P. 1848-1850, séance du 30 Juin 1947)



BIOLOGIE SUBMICROSCOPIQUE. — *Mise en évidence d'une structure submicroscopique dans les globules rouges par la diffusion des rayons X aux petits angles.*
Note de MM. DIKRAN-G. DERVICHIAN, GÉRARD FOURNET et ANDRÉ GUINIER,
présentée par M. Charles Mauguin.

On sait que les globules rouges du sang contiennent 30 à 35 % d'extrait sec constitué en grande partie d'hémoglobine. Pour une concentration aussi grande, on doit s'attendre à trouver un arrangement relativement ordonné des molécules dans la solution, rappelant celui qui existe dans les solutions d'autres électrolytes colloïdaux ⁽¹⁾ ⁽²⁾. Le dispositif de diffraction des rayons X aux petits angles de l'un d'entre nous ⁽³⁾ s'adapte particulièrement à ce genre de détermination. Il nous a permis de mettre en évidence, dans les globules rouges du sang de Cheval, l'existence d'une organisation submicroscopique très particulière à l'échelle des grosses molécules.

Les échantillons soumis à l'analyse aux rayons X ont été prélevés sur le culot de purée globulaire obtenue par centrifugation du sang préalablement défibriné par simple agitation avec des billes de verre. Plusieurs lavages des globules avec une solution à pH 7 suivis de centrifugations n'ont pas modifié la forme générale des diagrammes obtenus. La purée globulaire est renfermée dans une cellule limitée par deux feuilles de mica très minces, la distance entre les deux fenêtres étant de l'ordre de 1^{mm}. Un grand nombre de clichés ont été ainsi enregistrés. Nous avons vérifié que les globules après avoir été exposés aux rayons X, étaient demeurés intacts et n'avaient subi aucune lyse ou altération du moins apparente.

Avant d'examiner les particularités du diagramme fourni par les globules, il est utile de décrire ce que l'on observe, soit avec l'hémoglobine cristallisée, soit avec une solution d'hémoglobine. D'après Bernal, Fanckuchen et Perutz ⁽⁴⁾, dans le cristal d'hémoglobine, les molécules seraient disposées dans la maille élémentaire en feuillets parallèles ayant 36 Å d'épaisseur. Des couches d'eau sont intercalées entre ces feuillets, de sorte que la période dans la

⁽¹⁾ J. STAUFF, *Koll. Zeit.*, 89, 1939, p. 224; KIESSIG et PHILIPPOFF, *Naturwiss.*, 27, 1939, p. 593; BEAR, PALMER et SCHMIT, *J. Cell. Comp. Physiol.*, 17, 1941, p. 355.

⁽²⁾ D. G. DERVICHIAN, *J. de Chim. Phys.*, 38, 1941, p. 63; D. G. DERVICHIAN et F. LACHAMPT, *Bull. Soc. Chim. de France*, 12, 1945, p. 189.

⁽³⁾ A. GUINIER, *Ann. de Physique*, 12, 1939, p. 161.

⁽⁴⁾ BERNAL, FANKUCHEN et PERUTZ, *Nature*, 141, 1938, p. 523; M. F. PERUTZ, *Nature*, 150, 1942, p. 324; BOYES-WATSON et PERUTZ, *Nature*, 151, 1943, p. 714.

direction normale à leurs plans varie suivant le degré d'hydratation. Perutz a trouvé ainsi, en faisant varier l'hydratation, des périodes correspondant à 42,3, 46,1 et 51,4 Å.

Des cristaux d'hémoglobine précipités en présence de SO_4Am_2 à 60 % de la saturation, examinés dans les mêmes conditions que les globules rouges, nous ont révélé, à côté d'une tache de diffusion centrale, des raies correspondant à une période de 54 Å. En variant les conditions, nous avons aussi trouvé d'autres valeurs de la grande période comparables à celles observées par Perutz.

Mais des solutions contenant 15 à 20 % d'hémoglobine ne donnent, dans les mêmes conditions, qu'une tache de diffusion centrale où l'intensité décroît régulièrement quand l'angle de diffusion augmente. Cela s'interprète comme étant dû à la diffusion par des particules isolées et disposées sans ordre dans le liquide (*), particules qu'on peut identifier avec des molécules d'hémoglobine.

La purée des globules rouges non lysés donne un diagramme de diffusion centrale différant nettement aussi bien de celui donné par la solution que de celui obtenu avec les cristaux. C'est une tache qui n'est pas estompée comme celle de la solution. Le diagramme examiné au microphotomètre montre que l'intensité en fonction de l'angle de diffraction décroît lentement jusqu'à une certaine valeur (angle de 0,025 radian), puis tombe rapidement à zéro. La courbe peut être interprétée comme la superposition d'une courbe décroissante et d'une courbe présentant un maximum aux environs de 0,025 radian. Cette dernière courbe correspondrait à un diagramme en forme d'anneau diffus.

Nous en concluons que l'arrangement des molécules dans le globule rouge n'est pas irrégulier, mais qu'il existe une distance moyenne, fréquemment réalisée entre molécules voisines, qui se traduit sur le diagramme par l'apparition de l'anneau. Cette distance est de l'ordre de 62 Å, c'est-à-dire supérieure d'à peine une dizaine d'angströms à la période de stratification trouvée dans les cristaux d'hémoglobine au maximum d'hydratation. Cet accroissement de la distance entre les plans de molécules disposées parallèlement correspondrait ainsi à l'introduction de 2 ou 3 couches supplémentaires d'eau.

On conçoit qu'avec des quantités d'eau supérieures à celles que peut absorber le cristal, l'espacement entre les molécules se trouve accru, et qu'en même temps l'arrangement de celles-ci cesse d'avoir la régularité du cristal solide. *L'arrangement des molécules d'hémoglobine dans le globule serait donc intermédiaire entre l'ordre du cristal solide et le désordre de la solution diluée d'hémoglobine.*

Les particularités que nous avons observées ne peuvent pas être mises sur le compte d'une organisation des globules dans la membrane car, après lyse des globules, soit par l'éther, soit par l'eau distillée; les stromas lavés et centrifugés n'ont donné que le diagramme d'une substance amorphe. Par contre le lysat

(*) A. GUINIER, *J. de Chim. Phys.*, 40, 1943, p. 133.

concentré, obtenu par action de l'éther à partir de la purée globulaire, a donné un diagramme à peu près identique à celui obtenu avec les globules intacts. D'ailleurs il a été montré ⁽⁶⁾ ce qu'il faut penser de la préexistence du stroma dans le globule intact. Nous trouvons ainsi une preuve expérimentale justifiant l'opinion exprimée sous différentes formes par différents auteurs ⁽⁷⁾ sur la nature paracristalline du milieu intérieur des globules rouges.

⁽⁶⁾ D. G. DERVICHIAN et C. MAGNANT, *Ann. Inst. Pasteur*, Paris (sous presse).

⁽⁷⁾ GOUGH, *Biochem J.*, 18, 1924, p. 202; A. TEITEL-BERNARD, *Le Sang*, 8, 1943, p. 298.

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*,
t. 224, pp. 1848-1850, séance du 30 juin 1947).



THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1215 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637
U.S.A.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1215 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637
U.S.A.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1215 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637
U.S.A.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1215 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637
U.S.A.



