

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](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 possible 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)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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)
	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°55 (1942)
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1942
Collation	1 vol. (3 p.) ; 25 cm
Nombre de vues	8
Cote	CNAM-BIB P 1329-B (31)
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.31

Note de présentation du

...

8: Rue. no 7 (32)

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
LABORATOIRE D'ESSAIS



MÉCANISME DE LA PRÉCIPITATION
DANS LES CRISTAUX
D'ALLIAGES ALUMINIUM-ARGENT
PENDANT
LE DURCISSEMENT STRUCTURAL

Par A. Guinier

PUBLICATION N° 55

(*Extrait des Comptes Rendus
de l'Académie des Sciences*

T. 214 - P. 34-37 - 5 Janvier 1942)





CRISTALLOGRAPHIE. — *Mécanisme de la précipitation dans les cristaux d'alliages aluminium-argent pendant le durcissement structural.* Note de M. ANDRÉ GUINIER.

Une solution solide d'argent dans l'aluminium, à 20 % d'argent, homogène au-dessous de 450° (phase δ), est sursaturée après trempe; elle subit un durcissement structural, le stade final étant la précipitation d'une phase γ de composition approchée Ag^2Al . A l'aide de la diffraction des rayons X par un monocrystal soumis à des revenus à différentes températures, nous avons mis en évidence les modifications successives du cristal.

Un cristal, dans lequel les atomes ne sont pas répartis de façon rigoureusement périodique, diffracte les rayons X en dehors des directions de réflexion classiques : l'espace réciproque du cristal comporte, outre les nœuds du réseau réciproque du cristal parfait, des zones de diffusion. Une série de diagrammes pour différentes positions du cristal fait connaître la distribution de ces zones, et, théoriquement, par une transformation de Fourier, on peut en déduire la répartition des centres diffractants dans le cristal. En général, ces diffusions sont d'intensité faible (de l'ordre du millième de l'intensité des réflexions régulières); aussi est-il nécessaire de faire les diagrammes avec un monocrystal immobile et un rayonnement strictement monochromatique (¹).

1° A 540°, le diagramme est analogue à celui d'un cristal d'aluminium pur à la même température. Il existe, autour des nœuds du réseau réciproque et le long de certains axes, des zones de diffusion, qui sont l'effet de l'agitation thermique des atomes (Laval, *Bull. Soc. franc. Minéralogie*, 62, 1939).

2° Le cristal est brusquement ramené à la température ordinaire. Dans le diagramme fait immédiatement après trempe (2 heures de pose), on constate les faits suivants : *a.* autour de chaque nœud du réseau réciproque

(¹) GUINIER, *Thèse (Ann. de Phys.)*, 12, 1939, p. 161.

et, en particulier, autour du centre du diagramme, il existe une petite zone de diffusion de forme sphérique dans laquelle l'intensité croît à partir du centre, passe par un maximum, et décroît rapidement. On obtient autour du faisceau direct un anneau assez flou de très petit rayon ($1^{\circ},3$ pour la raie $CuK\alpha$); *b.* des zones de diffusion floues et d'intensité faible entourent les rangées parallèles aux quatre diagonales du cube du réseau réciproque. Au cours du vieillissement de l'alliage à la température ordinaire, comme à 100° , ces phénomènes deviennent plus intenses, mais l'aspect général du diagramme varie peu; *c.* après quelques heures de chauffe à 100° , une troisième anomalie de diffusion apparaît : entre deux nœuds consécutifs du réseau réciproque situés sur une rangée parallèle à une des arêtes du cube, il y a deux zones de diffusion en forme de disque de faible épaisseur ayant la rangée comme axe et situées *respectivement au tiers et aux deux tiers de la distance entre les deux nœuds*. Le phénomène est surtout perceptible vers le centre du diagramme ; il existe aussi, mais plus faible, sur les diagonales des faces du cube.

3^o Au cours du revenu à 150° , la diffusion centrale diminue pour ne plus devenir perceptible après 24 heures. Les zones de diffusion le long des axes 111 se précisent et deviennent plus intenses. Au lieu d'être répartie sur tout l'axe, la diffusion se concentre sur certains segments ; puis, au bout de quelques heures, des taches intenses apparaissent sur ces axes : ce sont les nœuds du réseau réciproque de la phase précipitée. Celle-ci comprend quatre systèmes de cristaux (système hexagonal compact), dont les plans de base sont respectivement parallèles aux quatre plans 111 du cristal. Les taches floues sur les axes 100 , visibles à 100° , ont disparu.

4^o A plus haute température, 200° ou 250° , les taches du précipité ont une intensité croissante et la diffusion le long des axes 111 décroît. On tend vers le diagramme normal de l'ensemble du cristal δ et des cristaux γ .

5^o A 450° , le précipité se dissout et l'on retrouve le diagramme de la solution solide homogène.

Ces faits peuvent s'interpréter de la façon suivante : immédiatement après trempe, la solution solide devient hétérogène, les atomes d'argent se concentrent en noyaux de petites dimensions, mais la présence d'un anneau dans la diffusion centrale prouve qu'il existe une certaine périodicité dans la répartition de ces noyaux dans le cristal : la distance moyenne entre deux noyaux voisins serait, dans l'alliage étudié, de 60 \AA . La composition de ces noyaux doit tendre vers celle de la phase γ : deux atomes d'argent pour un d'aluminium. Les taches floues et étendues

(c), correspondant à une période triple de celle du réseau de cristal δ , montrent que, dans les noyaux, les atomes d'argent et d'aluminium sont partiellement ordonnés, une surstructure cohérente n'existant que dans un domaine très étroit. Enfin, dans ces noyaux, où la concentration d'atomes d'argent est anormalement grande, le réseau cubique se transforme en un réseau hexagonal plus stable (phase γ). Nos observations confirment les hypothèses de Mehl et Barrett (²) sur le mécanisme de cette transformation : les plans 111 glissent les uns sur les autres. Mais, au début, ces translations ne sont pas régulièrement ordonnées ; les ondes diffractées par les plans successifs 111 ne se détruisent plus complètement par interférence, et les spectres de diffraction des réseaux plans 111 apparaissent [zones de diffusion (b)]. Progressivement les translations des plans 111 s'ordonnent et le spectre de diffraction de la phase cristalline γ apparaît d'une manière absolument continue.

Le mécanisme de la précipitation n'est pas le même dans le cas des alliages Al-Ag que dans le cas des alliages Al-Cu (¹) : les atomes d'argent ne se séparent pas en amas plans comme les atomes de cuivre, mais ils ont tendance à s'ordonner avec une certaine proportion d'atomes d'aluminium. D'autre part, il ne se produit pas, comme dans les alliages Al-Cu, de phase cristalline différente de la phase finale précipitée. Nous étions arrivés à la même conclusion pour les alliages Al-Mg (³).

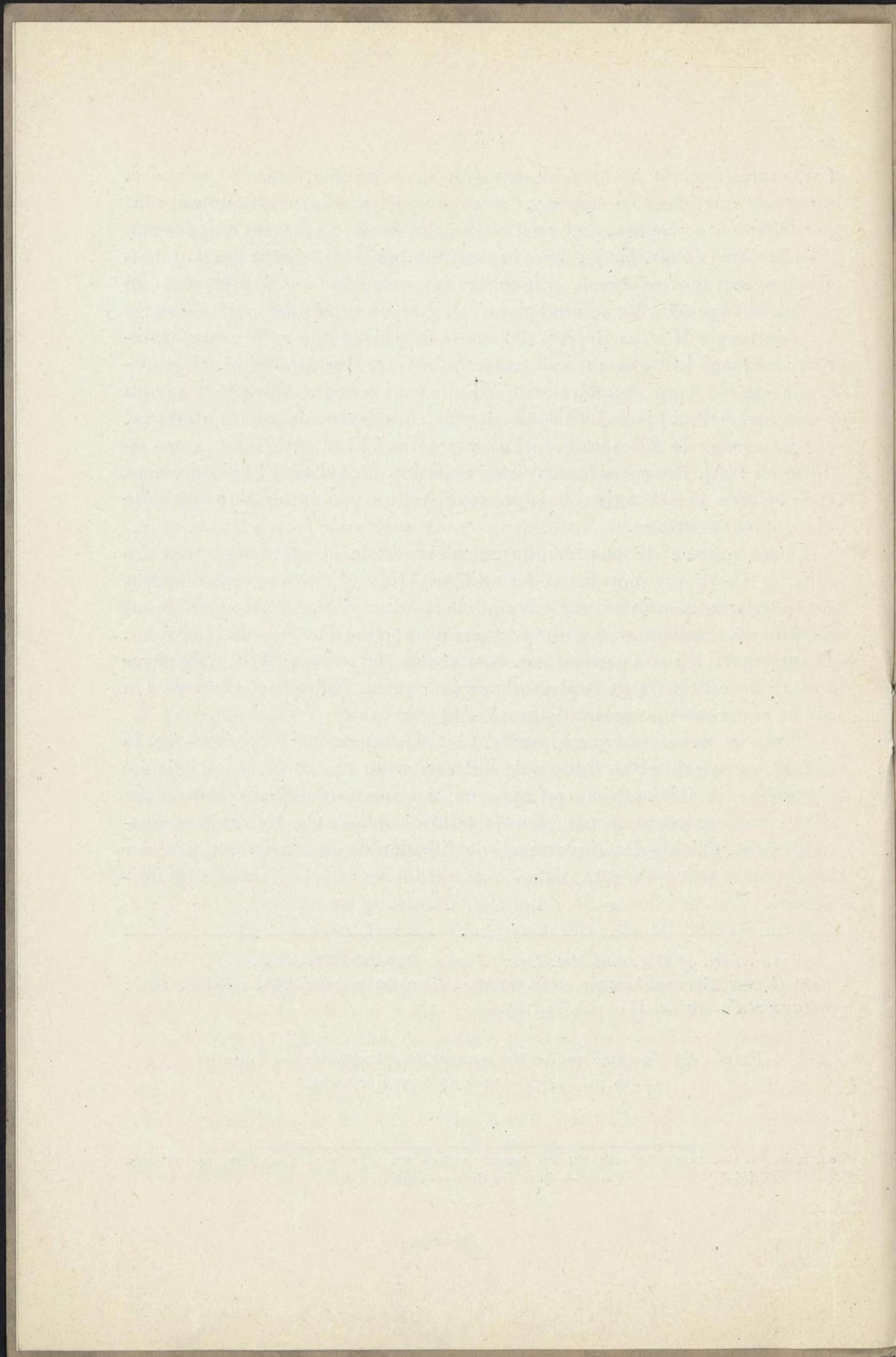
Parmi les anomalies que présentent les diagrammes d'alliages Al-Ag, la diffusion centrale et les figures de diffraction du réseau plan ont déjà été signalées. Un fait nouveau est apparu : des zones de diffusion provenant d'un commencement d'ordre dans la solution solide. On pourra donc probablement, à l'aide des diagrammes de diffusion de monocristaux, préciser la notion d'ordre à petite distance et en donner des évaluations quantitatives.

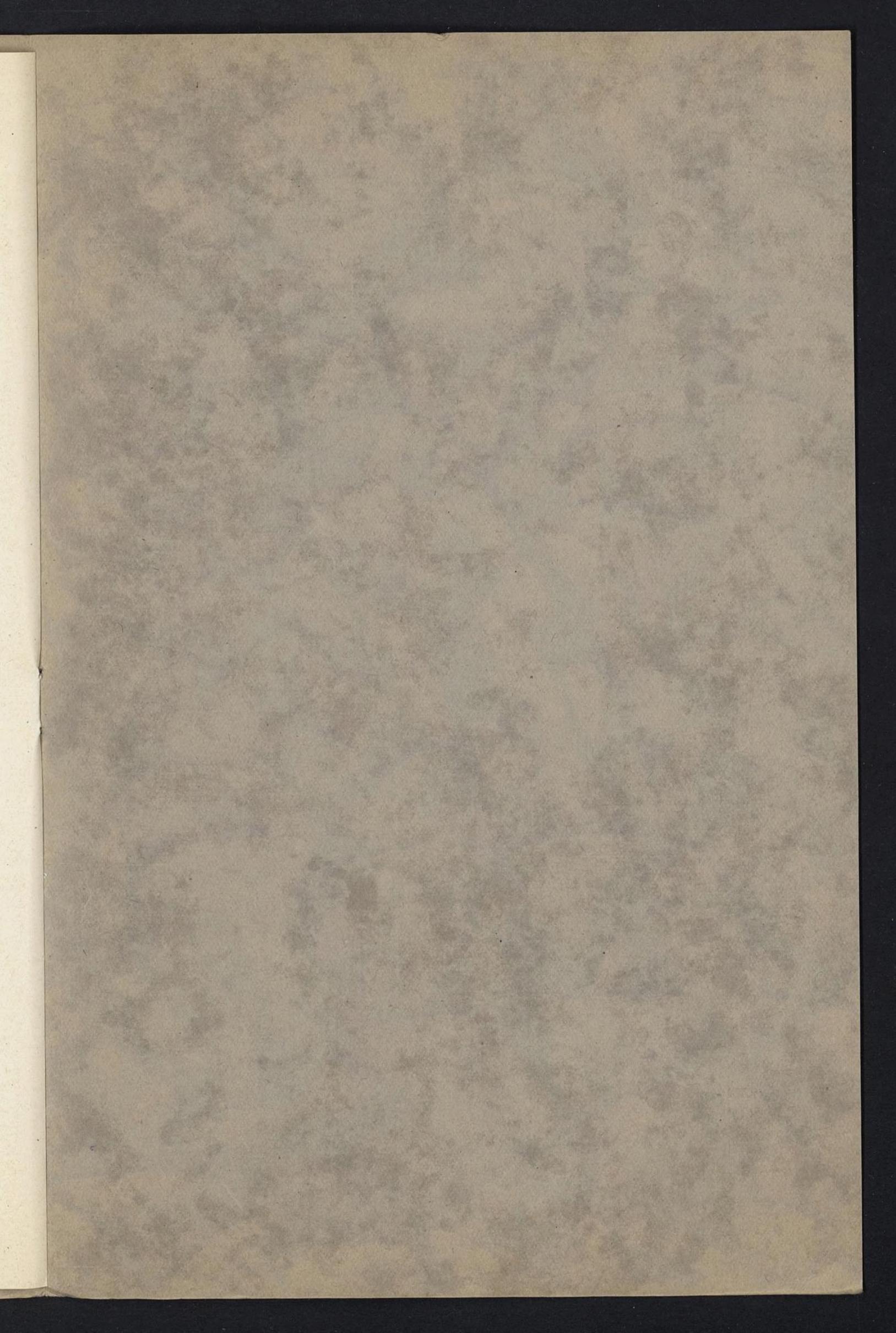
(²) *Am. Inst. of Min. and Met. Eng. (Techn. Publ. n° 353, 1930).*

(³) CALVET, GUINIER, JACQUET et SILBERSTEIN, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1903 ; *Métaux et Corrosion*, 171, 1939, p. 139.

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. 214, p. 34-37, séance du 5 janvier 1942.)







26

11