

## 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](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	<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>
<b>VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	<a href="#">N° 126 (1948)</a>
	<a href="#">N° 127 (1948)</a>
	<a href="#">N° 128 (1948)</a>
	<a href="#">N° 129 (1948)</a>
	<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° 126 (1948)</a>
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1948
Collation	1 vol. (3 p.) ; 25 cm
Nombre de vues	8
Cote	CNAM-BIB P 1329-B (67)
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.67">https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B.67</a>

## **Note de présentation du ....**

---

...

8- Ku. 107 (67)

P1329-B

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
LABORATOIRE D'ESSAIS



MÉCANISME DE LA PRÉCIPITATION  
DANS LES ALLIAGES TERNAIRE AL-SI-MG  
ET QUATERNaire AL-CU-SI-MG  
par MM. André Guinier et Honoré Lambot.

PUBLICATION N° 126

(Extrait des Comptes Rendus de l'Académie des Sciences  
T. 227 P. 74-75, séance du 5 Juillet 1948)





---

**RADIOCRISTALLOGRAPHIE — Mécanisme de la précipitation dans les alliages ternaire Al-Si-Mg et quaternaire Al-Cu-Si-Mg.** Note de MM. **ANDRÉ GUINIER** et **HONORÉ LAMBOT**, présentée par M. Charles Mauguin.

---

Nous avons abordé l'étude du mécanisme de la précipitation de l'alliage ternaire Al-Si-Mg par la technique des diagrammes de diffusion des rayons X qui a été utilisée par l'un de nous pour l'étude de systèmes binaires à base d'aluminium (Al-Cu, Al-Ag, Al-Zn) (¹).

Le diagramme de cet alliage ternaire montre que le précipité stable est le composé  $Mg_2Si$ , qui peut se dissoudre à proportion maximum de 1,85 % à 595°. Nous avons utilisé un alliage à 0,48 % Si et 0,50 % Mg rendu homogène par chauffage à 525°. Des diagrammes de diffusion de rayons X ont été faits sur un monocristal avec le rayonnement  $MoK\alpha$  monochromatique. Le cristal a été soumis à des revenus progressifs jusqu'à précipitation complète.

D'après les résultats obtenus sur les alliages binaires, on prévoit que la première phase se produisant par vieillissement à la température ambiante est le rassemblement des atomes Si et Mg en petits amas aux nœuds du réseau. Mais, étant donnée la faible différence des pouvoirs de diffusion de ces deux éléments et de l'aluminium, il n'est pas possible de mettre en évidence ces amas. Pourtant leur présence est démontrée par l'augmentation de dureté de l'alliage par vieillissement à froid.

La première apparition d'une diffusion anormale se produit au cours d'un revenu vers 150°. Nous avons trouvé un type de diffusion que nous n'avions pas encore rencontré. Les zones de diffusion dans l'espace réciproque sont les trois familles de plan ((100)), l'intensité étant sensiblement constante sur toute leur surface. Dans l'espace cristallin, cela correspond à trois réseaux linéaires, parallèles aux axes <<100>> et ayant une période d'identité égale à la distance  $d_{100}$  de la solution solide. L'épaisseur de ces zones planes de diffusion est très faible, ce qui prouve que ces réseaux linéaires ont une grande longueur (plusieurs centaines d'angströms).

---

(¹) *Journ. Phys.*, 8, 1942, p. 124; *Métaux et Corrosion*, 18, 1943, p. 209.

Quand le revenu est poursuivi de  $200^\circ$  à  $250^\circ$ , les zones planes de diffusion subsistent mais l'intensité de la diffusion ne reste pas constante dans tout le plan. Les lieux de renforcement sont proches des rangées  $\langle 100 \rangle$  de l'aluminium sans leur être exactement confondus; il y a, d'autre part, des portions de plans comprises entre deux rangées consécutives sans diffusion.

Enfin les taches de diffraction de  $Mg_2Si$  apparaissent à partir de  $300^\circ$ . Elles sont situées en dehors des lieux de diffusion précédemment observés; elles sont nettes dès leur apparition et se renforcent progressivement quand on pousse le revenu jusqu'à  $350^\circ$ . Au-dessus de cette température, il y a commencement de redissolution du précipité. Même avec l'échantillon stationnaire, les taches de diffraction sont nombreuses, ce qui prouve que l'orientation des nouveaux cristaux par rapport à la matrice n'est pas déterminée par une épitaxie rigoureuse. Il semble que la relation générale satisfait pour tous les cristaux du précipité est qu'un axe  $\langle 110 \rangle$   $Mg_2Si$  soit confondu avec un axe  $\langle 100 \rangle$  Al. Nous n'avons pas trouvé de taches de diffraction indiquant l'apparition d'une phase intermédiaire à structure cristalline bien définie et différente de la structure classique de  $Mg_2Si$ .

Nous proposons l'interprétation suivante, encore partielle d'ailleurs. Le fait caractéristique du système est que le précipité  $Mg_2Si$  a un caractère ionique accusé, donc que les éléments s'y trouvent à l'état électronique d'ions  $Mg^{++}$  et  $Si^{--}$  très différent de celui des atomes métalliques. Cette modification doit se faire quand les deux atomes se trouvent en présence dans les premiers amas, et immédiatement les liaisons électrostatiques ont tendance à les ordonner les uns par rapport aux autres. L'expérience montre que cet ordonnancement consiste en la formation de longues files. On remarque que la distance de deux voisins dans le réseau de Al ( $2,86 \text{ \AA}$ ) est proche de la distance Si-Mg de  $Mg_2Si$  ( $2,76 \text{ \AA}$ ). Si, dans le réseau de la solution solide on dispose une file d'atomes Si sur une rangée  $\langle 100 \rangle$  et deux files d'atomes Mg sur les rangées  $\langle 100 \rangle$  contiguës et coplanaires, on reproduit sans grande déformation la chaîne des ions existant dans le cristal  $Mg_2Si$  le long de l'axe  $\langle 110 \rangle$ . C'est donc là une disposition possible des atomes Mg et Si à l'état ionique, ceux-ci restant cependant aux noeuds de la solution solide. En réalité, des perturbations se produisent certainement, mais en admettant que celles-ci laissent intacte seulement la périodicité le long de l'axe de la chaîne, on rend compte des diffusions observées dans les plans  $\langle 100 \rangle$  de l'espace réciproque. Une fois les chaînes formées, elles s'ordonnent entre elles progressivement, ce qui se traduit par des variations d'intensité dans la surface des plans de diffusion.

Mais l'état de ces amas n'est pas stable; à plus haute température, des germes du cristal  $Mg_2Si$  à symétrie cubique apparaissent, point de départ de la croissance des cristaux du précipité. Tous ces germes ont leur axe  $\langle 110 \rangle$

suivant <100> Al, ce qui explique l'orientation observée pour les cristaux du précipité. Il s'agit donc là d'une *épitaxie linéaire*, alors que l'épitaxie classique est planaire.

Dans l'alliage quaternaire Al-Cu-Si-Mg il semble qu'il y ait superposition de deux phénomènes : une précipitation analogue à celle du système Al-Cu et une précipitation du type Al-Si-Mg mais conduisant au composé quaternaire  $\text{CuMg}_5\text{Si}_4\text{Al}_4$  au lieu de  $\text{Mg}_2\text{Si}$ .

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. 227, p. 74-75, séance du 5 juillet 1948.)







