

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)
	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)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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° 145 (1951)
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1951
Collation	1 vol. (p. [47-49]) : ill. ; 28 cm
Nombre de vues	8
Cote	CNAM-BIB P 1329-B (86)
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.86

P1329 B

8° Ku 107 (82)

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
LABORATOIRE D'ESSAIS



INFLUENCE DE LA FORME DU GRAPHITE
SUR LE FROTTEMENT INTERNE DES FONTES

par R. Cabarat, L. Guillet et Mlle C. Prudhomme

PUBLICATION N° 145

(Extrait de la Revue de Métallurgie XLVIII, n° 1, 1951)



Influence de la forme du graphite sur le frottement interne des fontes

par R. CABARAT, L. GUILLET et Mlle C. PRUDHOMME (*) (1)



Sur l'initiative de M. A. Portevin, nous avons étudié à l'aide de l'appareil précédemment décrit (2) l'influence de la forme des particules de graphite sur le frottement interne des fontes, caractérisé par le décrément logarithmique δ .

L'éprouvette cylindrique est soumise, dans une atmosphère raréfiée, à des vibrations longitudinales de fréquence comprise entre 10.000 et 20.000 pps et de faible amplitude, engendrées par un procédé électrostatique.

On peut opérer de deux manières :

1° soit soumettre l'éprouvette à des vibrations forcées et tracer la courbe des amplitudes de vibration (détectées au moyen d'un microphone électrostatique) en fonction de la fréquence des sollicitations, c'est-à-dire la courbe de résonance de l'éprouvette étudiée, à partir de laquelle on déduit facilement le décrément;

2° soit couper l'excitation; l'amplitude des oscillations décroît alors suivant une loi exponentielle. Le microphone est branché sur un amplificateur à réponse logarithmique et la courbe « tension de sortie-temps » s'enregistre sous forme d'une droite dont le coefficient angulaire permet de calculer le décrément. Cette seconde méthode est particulièrement intéressante pour mesurer les faibles frottements internes.

(*) Communication présentée aux Journées Métallurgiques d'Automne de la Société Française de Métallurgie, le 17 octobre 1950.

(1) Cette étude a été subventionnée par le Centre National de la Recherche Scientifique. A. Portevin, R. Cabarat et L. Guillet, *Comptes Rendus*, **230**, 1950, p. 890.

(2) *Revue de Métallurgie*, **46**, 1949, p. 618.

Pour étudier l'influence de la quantité de graphite nodulaire sur les propriétés élastiques, nous avons choisi une fonte contenant :

C = 2,30 % Si = 1,28 % Mn = 0,48 %
S = 0,13 % P = 0,11 %

moulée en sable sous forme de barreaux de 8 mm de diamètre et de 100 mm de long à l'état blanc, c'est-à-dire

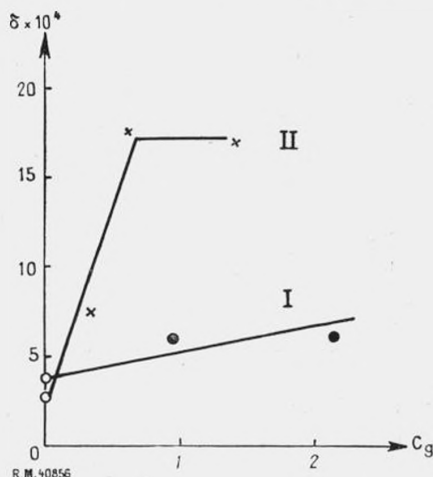
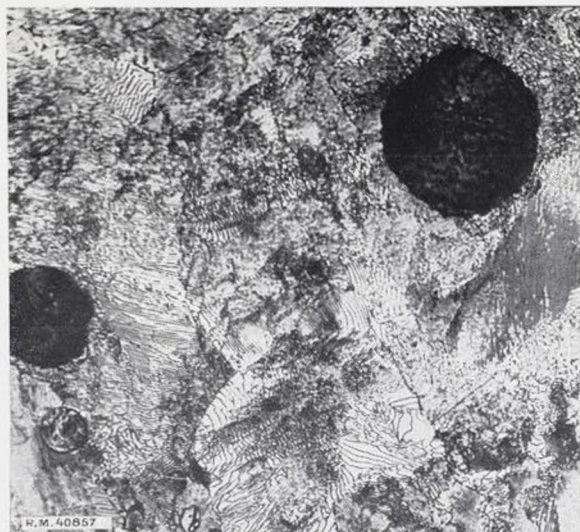


Fig. 1.

Fig. 2. — Fonte à matrice perlitique. $\times 500$.

ne contenant pas de graphite et nous l'avons recuite à 900° pendant des temps variant de six à quatorze heures. La courbe I de la figure 1 montre que le décrément de la fonte varie peu au cours de ce recuit.

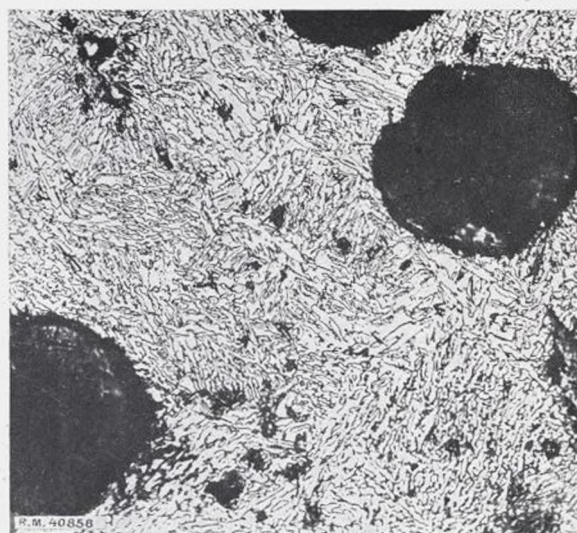
Pour étudier l'influence de la quantité de graphite lamellaire, nous avons choisi une fonte contenant :

$$\begin{aligned} C &= 2,41 \% & Si &= 1,59 \% & Mn &= 0,36 \% \\ S &= 0,10 \% & P &= 0,08 \% \end{aligned}$$

moulée en diverses épaisseurs sous forme de barreaux cruciformes atteignant au maximum une section de 25 cm^2 , dans les bras desquels étaient découpées des éprouvettes cylindriques de mêmes dimensions que les précédentes. La courbe II de la figure 1 montre que le décrément augmente notablement en fonction de la quantité de graphite, les premières particules ayant un effet particulièrement sensible.

Ces résultats sont en accord avec ceux de nombreux essais effectués sur des fontes grises ordinaires de moulage (à graphite lamellaire) et sur des fontes grises trai-

tées par le magnésium (1) (à graphite sphéroïdal) de compositions diverses (tableaux II et III). L'influence de la forme des particules de graphite apparaît toujours prépondérante, alors que celle de la nature physico-chimique de la matrice (qui peut être ferritique, ferrito-perlitique, perlitique ou bainitique) est secondaire. Une remarque analogue peut être faite en ce qui concerne le module d'élasticité dont on a indiqué les valeurs sur les tableaux précédents. Ainsi le décrément des fontes grises ordinaires étudiées est compris entre 20 et 30×10^{-4} , leur module entre 13.000 et 14.700 kg/mm^2 . Le décrément des fontes à graphite sphéroïdal est voisin de 5×10^{-4}

Fig. 3. — Fonte à matrice bainitique. $\times 500$.

et leur module de 18.000 kg/mm^2 , c'est-à-dire du même ordre de grandeur que pour les aciers. Pour l'acier eutectoïde perlitique, on trouve, en effet, $\delta = 3,6 \times 10^{-4}$, $E = 21.380 \text{ kg/mm}^2$ et pour l'acier eutectoïde coalescé $\delta = 4,32 \times 10^{-4}$, $E = 21.650 \text{ kg/mm}^2$.

(1) Le magnésium était introduit dans la fonte, avant coulée, sous forme d'un alliage nickel-magnésium.

TABLEAU I. — Fontes blanches

C total	C graphitique	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	$\delta \times 10^4$	E kg/mm ²
2,58	traces	1,22	0,37	0,12	0,08	0,21	0,105	traces	1,9	19.878
2,55	traces	1,19	0,37	0,115	0,078	1,32	0,105	traces	1,99	18.567
2,53	0,04	1,18	0,36	0,11	0,076	1,26	0,10	0,33	2,8	18.247
2,30	traces	1,28	0,48	0,13	0,11		0,03		3,7	20.160

TABLEAU II. — Fontes à graphite lamellaire

C total	C graphitique	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	matrice	$\delta \times 10^4$	E kg/mm ²
3,15	2,16	1,65	1,12	0,04	0,85				perlite-carbure	20,7	14.700
3,42	2,76	2,09	0,55	0,03	0,19				perlite-carbure	19	12.980
3,07	1,39	1,51	1,38	0,04	0,33				perlite-carbure	17,3	15.680
2,89	1,65	2,41	0,80	0,035	0,12	0,96	0,10	1,36	bainite-carbure	28	14.560

TABLEAU III. — Fontes à graphite sphéroïdal

C total	C graphitique	Si	Mn	S	P	Ni	Mo	matrice	$\delta \times 10^4$	E kg/mm ²
3,64	3,20	2,54	0,77	0,02	0,07	0,70		perlite	6,7	18.250
3,20	2,98	2,91	0,24	0,01	0,04	0,95		perlite-ferrite	7,6	17.750
3,02	2,98	2,28	0,37	—	0,06	1,00		ferrite (après recuit)	11	16.950
2,52	1,60	2,25	0,75	—	0,08	1,00	0,9	bainite aciculaire	8,5	17.611

L'interprétation de ces résultats expérimentaux est délicate en raison des nombreuses causes de frottement intérieur. Cependant, étant donné les hautes fréquences utilisées dans nos essais, il semble qu'on puisse écarter l'hypothèse de la diffusion thermique et de la diffusion des constituants sous l'influence des contraintes. Le frottement interne mesuré ici aurait donc comme source prin-

cipale les déformations non réversibles. Les lamelles de graphite jouent le rôle d'effet d'entailles au voisinage desquelles l'augmentation des contraintes par rapport à la contrainte moyenne peut être considérable. En supposant une entaille de forme elliptique, Griffith (1) a montré, en effet, que l'effort réel au voisinage de cette entaille peut atteindre dix fois l'effort apparent moyen, l'effet d'entaille étant proportionnel à la racine carrée de sa longueur et inversement proportionnel à la racine carrée de son rayon de courbure.

En terminant, nous tenons à adresser nos remerciements à la Société Gailly et à l'International Nickel Co qui ont bien voulu nous fournir les fontes étudiées.

DISCUSSION

M. A. JAQUEROD — Avez-vous mesuré le frottement interne, aux faibles amplitudes, pour des amplitudes variables? Ce serait très intéressant; il est à prévoir que l'on trouverait une variation du décrement avec l'amplitude.

MM. R. CABARAT, L. GUILLET et Mlle C. PRUDHOMME. — Dans le domaine des amplitudes utilisées, la variation du décrement est négligeable comme le prouve l'enregistrement de l'amortissement des vibrations en fonction du temps (courbe linéaire avec un microphone à réponse logarithmique).

(1) GRIFFITH, *Trans. of the Royal Soc.*, 1921, 221-A, p. 163, Londres.

Fig. 4. — Fonte à matrice ferritique. $\times 500$.

