

# LE CONTROLE NON DESTRUCTIF DE PIÈCES EN FONTE A GRAPHITE SPHEROIDAL, PAR AUSCULTATION SONORE ET ULTRASONORE

par Dr. ir. Ch. DEFRANCO et Dr. ir. J. VAN EEGHEM

CRIF - Section Fonderie

Malgré tous les moyens dont on dispose actuellement pour contrôler la production de la fonte nodulaire, il arrive encore que, par suite d'un accident d'élaboration, certains lots présentent un nombre de pièces dont la nodularité est insuffisante.

Dans des cas extrêmes, la qualité des pièces d'un même lot peut varier entre la nodularité parfaite et l'absence totale de sphérules, le carbone étant précipité sous forme de graphite vermiculaire ou même lamellaire.

Ceci peut par exemple arriver lorsque une série de plusieurs pièces sont coulées de la même poche avec une fonte insuffisamment traitée au magnésium.

Les premières pièces seront alors parfaitement nodulaires, mais au fur et à mesure que la coulée avance, la teneur en magnésium de la fonte baisse par suite de l'effet dit « fading » pour descendre finalement au-dessous de la valeur minimale requise pour l'obtention d'une nodularité suffisante.

On observe alors la disparition progressive des sphérules de graphite dans la fonte et le remplacement de celles-ci d'abord par le graphite vermiculaire et finalement par le graphite lamellaire.

Plusieurs séries de pièces présentant le phénomène décrit ci-dessus ont été examinées tout récemment au CRIF.

Pour faire le triage des pièces bonnes et mauvaises, trois techniques différentes ont été utilisées :

1. auscultation des pièces au « GRINDO-SONIC » ;
2. contrôle des pièces au « PUNDIT » ;
3. mesure de la vitesse de propagation du son dans le métal à l'aide du CL 204 de Krautkrämer.

Ce premier article sera consacré uniquement aux mesures effectuées à l'aide du « GRINDO-SONIC », les deux autres méthodes de contrôle citées ci-dessus feront l'objet d'un article ultérieur.

Le GRINDO-SONIC est un appareil développé originellement par le CRIF (section Heverlee) pour le contrôle de la qualité des meules par mesure du module d'élasticité. Cet instrument, construit actuellement par Lemmens Electronica N.V., Research Park, B 3044 Leuven-Haasrode, peut, comme on le verra dans cet article, également être mis en œuvre pour le contrôle de l'élasticité de pièces métalliques en général et des pièces en fonte en particulier.

Une pièce moulée excitée par un choc vibre dans sa fréquence de résonance propre, sur laquelle sont greffées toutefois plusieurs harmoniques perturbatrices. Ces harmoniques s'atténuent très rapidement de sorte qu'après très peu de temps la pièce oscille dans sa résonance fondamentale.

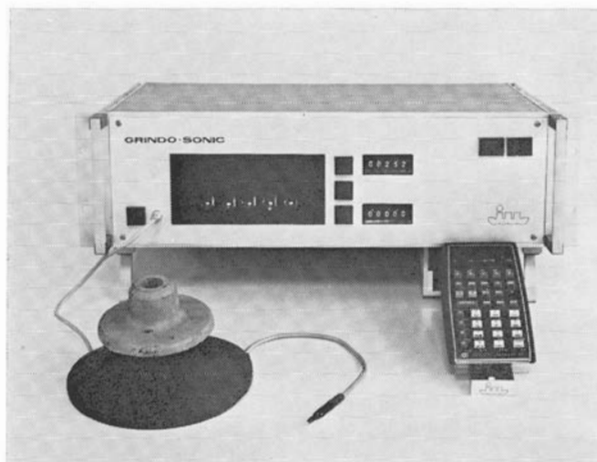


Fig. 1 : Vue d'ensemble du Grindo-Sonic, pièce à contrôler déposée sur un cône en caoutchouc, palpeur à cristal, calculatrice programmable sortie de l'appareil.

Le GRINDO-SONIC permet de mesurer la période de la vibration propre tout en éliminant les influences éventuelles des harmoniques.

Le mode opératoire est le suivant, voir illustration de l'appareil par la figure 1. La pièce à examiner est placée sur de la mousse de caoutchouc (pièce lourde) ou sur un cône de caoutchouc (pièce légère avec trou central, voir figure 1).

Elle est mise en vibration en la frappant avec une manche de tournevis (pièces légères) ou éventuellement un marteau léger (pièces lourdes).

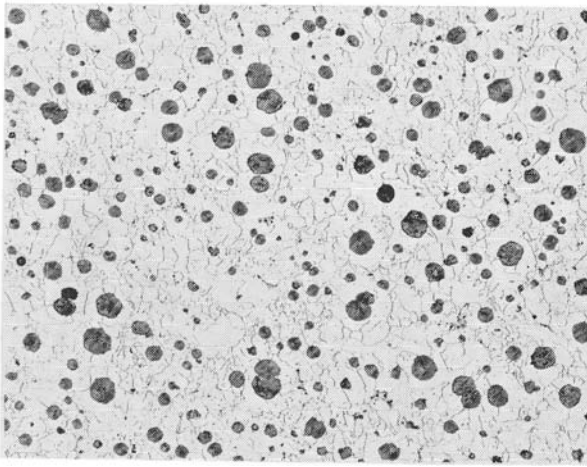
Un capteur à cristal, pourvu d'une pointe métallique (voir figure 1) est poussé contre la pièce pour capter les vibrations de celle-ci.

La fréquence de résonance est comparée à celle d'un oscillateur à quartz de référence dont la précision est supérieure à 0,05 %. L'appareil mesure la durée de 8 oscillations de la pièce, divise cette durée par 4 et donne l'affichage digital de la durée moyenne de 2 périodes en micro-secondes.

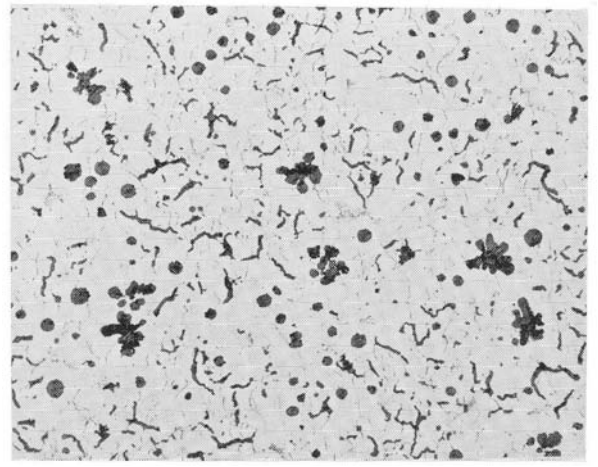
Pour une pièce circulaire, le détecteur de vibration est généralement décalé de 90° par rapport à l'endroit de l'excitation.

Sur des pièces de forme compliquée, il faut chercher les endroits d'excitation et de mesure qui donnent la mesure la plus reproductible.

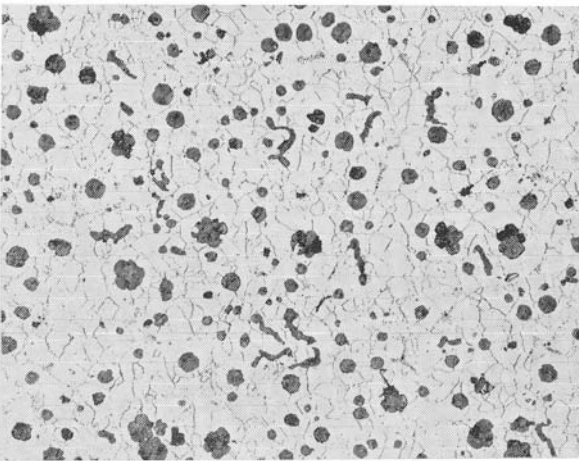
En règle générale, la reproductibilité sera de 1 à 2 digits.



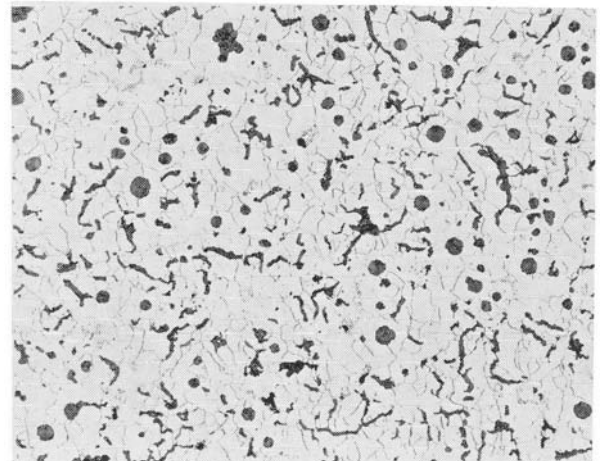
*Fig. 2 : X 100 Lecture 240.*



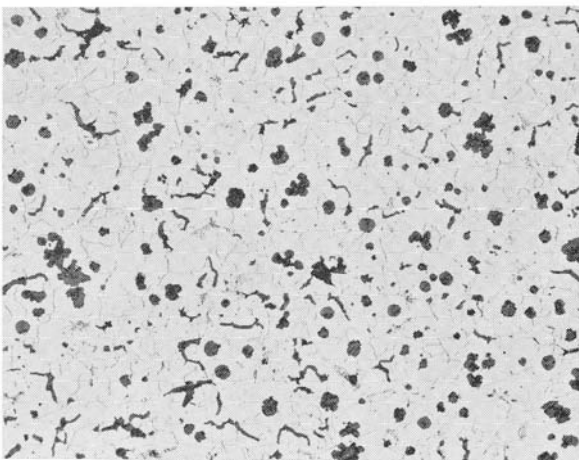
*Fig. 5 : X 100 Lecture 256.*



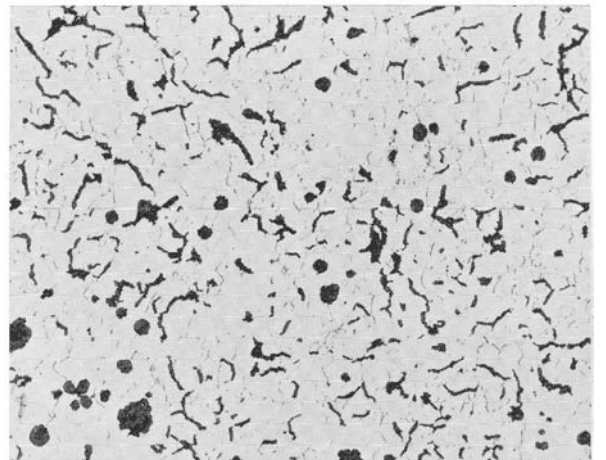
*Fig. 3 : X 100 Lecture 251.*



*Fig. 6 : X 100 Lecture 258.*



*Fig. 4 : X 100 Lecture 254.*



*Fig. 7 : X 100 Lecture 261.*



Fig. 8 :  $\times 100$  Lecture 290.

Si la mesure est effectuée sur un corps ayant des formes géométriques précises et des dimensions connues, par exemple un cylindre, le module d'élasticité peut être calculé en partant de la valeur de la période (affichage digital divisé par 2).

Dans ce but une petite calculatrice programmable par carte magnétique a été incorporée dans l'appareil (voir figure 1).

Le calcul du module se fait en quelques secondes. A présent, examinons les résultats de 3 séries de mesures.

### 1. Sur 25 pièces pesant $\pm 8,7$ K, les lectures au GRINDO-SONIC varient de 2175 à 2415.

Le poids de la pièce qui donne une lecture de 2415 étant sensiblement plus faible que celui des autres pièces, on décide de faire une correction pour le poids.

Les mesures corrigées varient alors de 2267 à 2347 (soit un écart de 3,5 %); lecture moyenne 2306. On constate par examen métallographique que les pièces bonnes donnent une lecture inférieure ou tout au plus égale à 2340.

Sur 25 pièces, trois pièces donnent une valeur supérieure à 2340; de ces trois pièces, deux pièces présentent une structure insuffisante.

### 2. Série de 175 pièces pesant $\pm 35$ K.

On examine d'abord 10 pièces et on trouve des lectures variant de 1100 à 1294.

Le contrôle métallographique montre qu'une structure acceptable est obtenue lorsque la lecture au GRINDO-SONIC est inférieure à 1180.

Sur base de cette donnée on fait le triage des pièces et on rebute provisoirement 58 pièces.

Les 58 pièces sont ensuite contrôlées par deux autres méthodes (PUNDIT et CL 204) et par examen métallographique.

Finalement on constate que 8 pièces seulement des 58 rebutées au GRINDO-SONIC présentent une garantie suffisante de qualité. Les 50 autres pièces sont définitivement rebutées.

### 3. Examen d'une série de 1000 pièces pesant $\pm 0,8$ K.

Un premier contrôle est effectué sur une vingtaine de pièces (la pièce est représentée à la figure 1); on trouve des lectures variant de 240 à 290.

Par examen métallographique on constate que la valeur maximale admissible de la lecture au GRINDO-SONIC pour garantir une structure acceptable est de 251.

Les mille pièces sont ensuite auscultées, on en rebute à peu près le tiers, celles-ci donnent donc une lecture égale ou supérieure à 252.

Vue la valeur statistique de cette série de 1000 pièces on décide de chercher la corrélation entre la lecture au GRINDO-SONIC, la résistance mécanique et la structure.

Le tableau suivant montre la chute progressive de la résistance à la traction au fur et à mesure que la lecture au GRINDO-SONIC augmente.

Lecture au GRINDO-SONIC (période $\times 2$ en micro-secondes)	$R_{\max}$ N/mm <sup>2</sup>	A %
240	472	20,4
251	440	18,1
254	398	9,8
256	362	7,0
258	365	7,8
261	363	7,5
290	200	0

Les figures 2 à 8 illustrent très nettement la dégradation progressive de la structure en fonction de l'augmentation de la lecture au GRINDO-SONIC.

La structure est parfaitement nodulaire pour une lecture de 240; à 251 (valeur limite utilisée pour le triage des pièces) le pourcentage de graphite vermiculaire est de  $\pm 10$  %; à 258 la structure présente déjà  $\pm 75$  % de graphite vermiculaire; à 290 le graphite est quasi totalement précipité sous forme de lamelles, il ne subsiste que quelques nodules.

A noter le parallélisme parfait entre les propriétés mécaniques et les structures.

Entre 240 et 251 la chute des propriétés n'est pas importante, au-delà de 251 toutefois les propriétés mécaniques et les structures se dégradent très rapidement.

L'écart entre la valeur minimale de 240 correspondant à la structure parfaite et la valeur de 251 correspondant à la structure tout juste acceptable n'est que de 4,5 % !

A première vue, il est presque impensable de pouvoir juger la qualité d'une pièce sur base d'une si faible différence de lecture.

Pourtant, les exemples décrits dans le présent article, démontrent clairement que le contrôle au GRINDO-SONIC est une méthode précise et fiable pour examiner la qualité de la fonte.

Tout cela a été rendu possible grâce au progrès énorme de l'électronique et des circuits logiques qui permettent de construire actuellement des instruments dont la reproductibilité des mesures ne pouvait être atteinte il y a une dizaine d'années.

(à suivre)