
MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Influence de la vitesse sur la forme des cycles couple-torsion d'un métal étudié à l'état visqueux. Hystérésigraphe de torsion à enregistrement photographique.* Note (1) de MM. PIERRE CHEVENARD et CHARLES CRUSSARD.

La courbe μ_0/μ_n , qui représente la variation thermique du module de Coulomb d'un métal, étudié au pendule de torsion ou au thermoélasticimètre (2), s'incurve vers le bas dès que la température atteint celle de la rapide croissance du frottement interne. Dans les deux méthodes, en effet, le module est représenté par la pente moyenne d'un petit cycle *couple-torsion*, et cette pente diminue rapidement quand l'hystérésis du cycle s'accroît. Le seuil de l'incurvation rétrograde vers les basses températures au fur et à mesure que le cycle est parcouru plus lentement, prouve du rôle joué par la *relaxation visqueuse* dans le frottement interne des métaux aux températures élevées.

Si l'on veut pousser plus loin l'étude thermoélastique d'un métal à l'état visqueux, on ne peut plus se contenter d'apprécier la pente moyenne d'un cycle mécanique; il faut enregistrer, puis élaborer ce cycle. Un hystérésigraphe de torsion a été construit dans ce but.

Un fil échantillon (longueur 10^{mm}, diamètre 0^{mm},3), maintenu à température uniforme et constante dans un four électrique à régulateur, subit une torsion α suivant une loi sinusoïdale du temps t

$$\sin \alpha = \sin \alpha_0 \sin \frac{2\pi}{T} t.$$

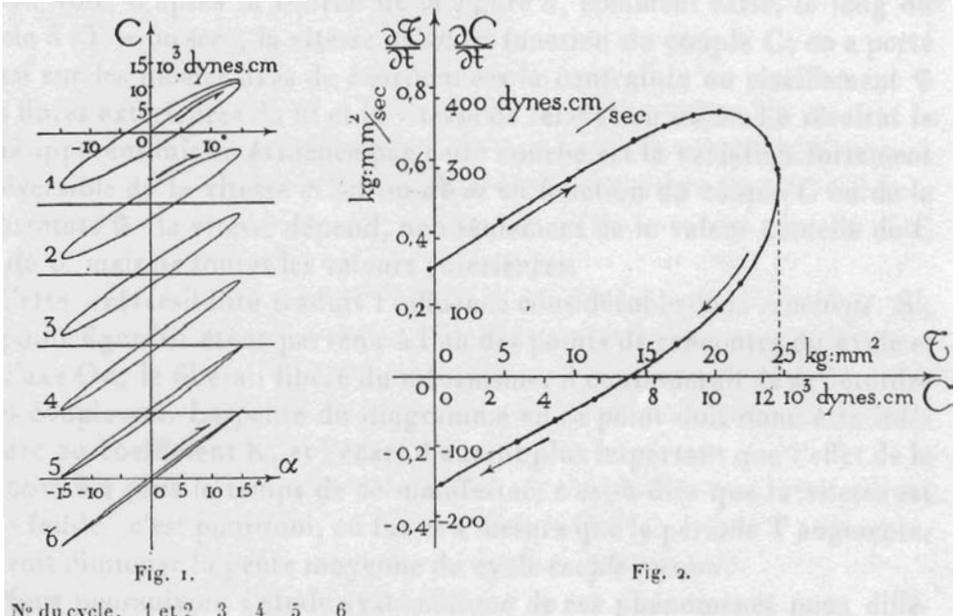
L'amplitude α_0 peut atteindre $\pm 60^\circ$ et la période T varier de 1 à 600 sec. Le couple C créé par la déformation est repéré par la torsion d'un barreau-dynamomètre vertical, en élinvar. Un prisme à réflexion totale, mobile autour d'un axe horizontal, éprouve une petite déviation proportionnelle à l'angle de torsion α ; et un rayon lumineux, réfléchi successivement par

(1) Séance du 23 février 1942.

(2) P. CHEVENARD et E. JOUMIER, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 548.

le prisme et par un miroir fixé au dynamomètre, inscrit sur une plaque sensible le diagramme *couple-torsion*.

La figure 1 groupe six courbes ainsi enregistrées : elles concernent un fil de nickel étudié à 400°C., après avoir été recuit pendant 2 heures à 400° au sortir de la filière. L'amplitude α_0 est $\pm 15^\circ$ d'arc. La période T est égale à 180 sec pour les courbes 1 et 2; pour les quatre suivantes, les valeurs respectives de T sont 60, 20, 3 et 1,05 sec. Tandis que les cycles à



N° du cycle.	1 et 2	3	4	5	6
Périodes	180	60	20	3	1,05
Secondes					

courte période affectent la forme à sommets pointus observée à froid, la forme arrondie des cycles décrits lentement prouve que le couple, en même temps qu'il se crée, se relâche en partie par déformation visqueuse. Conformément aux prévisions, l'hystérésis du cycle augmente en même temps que la période, tandis que la pente moyenne décroît.

On peut évaluer la vitesse $\frac{\partial C}{\partial t}$ de la relaxation visqueuse en tout point d'un cycle. En effet, la variation dC du couple dans l'intervalle de temps dt , alors que la torsion varie de $d\alpha$, est la somme d'un terme $Kd\alpha$ d'origine élastique et d'un terme $\frac{\partial C}{\partial t} dt$, dt représentant la relation visqueuse. D'où

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{d\alpha}{dt} \left(\frac{dC}{d\alpha} - K \right).$$

La dérivée $d\alpha/dt$ est facile à calculer à partir de la période T et des dimensions du mécanisme; $dC/d\alpha$ est obtenu par dérivation graphique de la courbe enregistrée, opération précise en raison de la netteté des tracés. La constante de torsion K est, soit le coefficient angulaire à l'origine de la courbe de première torsion, soit la pente à la détorsion des cycles à sommets pointus décrits rapidement : en fait, les valeurs de K déduites des courbes 1 et 6 coïncident à 0,002 près.

On voit, d'après la courbe de la figure 2, comment varie, le long du cycle 3 ($T = 60$ sec), la vitesse $\partial C/\partial t$ en fonction du couple C ; on a porté aussi sur les mêmes axes de coordonnées la contrainte au cisaillement \mathfrak{C} des fibres extérieures du fil et la vitesse de relaxation $\partial \mathfrak{C}/\partial t$. Le résultat le plus apparent mis en évidence par cette courbe est la variation fortement irréversible de la vitesse $\partial C/\partial t$ ou $\partial \mathfrak{C}/\partial t$ en fonction du couple C ou de la contrainte \mathfrak{C} : la vitesse dépend, non seulement de la valeur actuelle de C ou de \mathfrak{C} , mais de toutes les valeurs antérieures.

Cette irréversibilité traduit l'influence considérable de la *réactivité*. Si, le point figuratif étant parvenu à l'un des points de rencontre du cycle et de l'axe $O\alpha$, le fil était libéré du mécanisme, il continuerait de se détordre sous couple nul. La pente du diagramme en ce point doit donc être inférieure au coefficient K , et l'écart d'autant plus important que l'effet de la réactivité a plus le temps de se manifester, c'est-à-dire que la vitesse est plus faible : c'est pourquoi, au fur et à mesure que la période T augmente, on voit diminuer la pente moyenne du cycle *couple-torsion*.

Nous poursuivons l'étude systématique de ces phénomènes pour différents métaux en faisant varier méthodiquement la température, la période et l'amplitude de la torsion.

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*,

t. 217, p. 415-417, séance du 2 mars 1942.)