

H8756

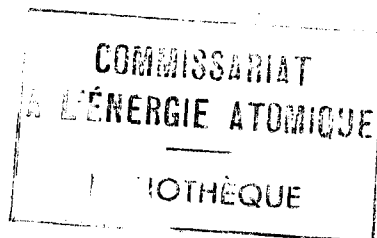
PREMIER MINISTRE
COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**Courbe d'Hugoniot de la silice vitreuse
et cristallisation sous choc**

par

J. VIARD

Rapport CEA n° **1346**



1959

CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY
SERVICE DE DOCUMENTATION
Boite postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.-et O.)

VIARD J.

Report CEA n° 1346

HUGONIOT CURVE OF VITROUS SILICA AND CRYSTALLISATION UNDER SHOCK

Summary :

The Hugoniot curve of vitrous silica shows a discontinuity of slope towards 135 kb, a sign of the passage, from the vitrous state to a crystalline structure in the shock wave.

1959

3 pages

PHYSIQUE DU SOLIDE. — *Courbe d'Hugoniot de la silice vitreuse et cristallisation sous choc.* Note de M. JEAN VIARD, présentée par M. Gustave Ribaud.

La courbe d'Hugoniot de la silice vitreuse présente une discontinuité de pente vers 135 kb, indice du passage de l'état vitreux à une structure cristalline dans l'onde de choc.

Dancroft, Peterson et Minshall (1) ont mis en évidence une transformation cristalline du fer soumis à un choc de 130 kb. Cette transformation se traduit par une discontinuité de la pente de la courbe d'Hugoniot.

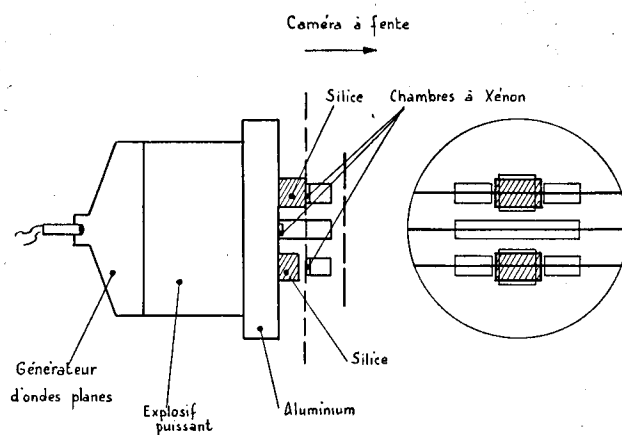


Fig. 1.

Fig. 2.

De même la courbe d'Hugoniot du bismuth, étudiée par Walsh, Rice, Mc Queen et Yarger (2) jusqu'à 450 kb se raccorde convenablement à la courbe de compression statique établie par Bridgman jusqu'à 100 kb et faisant apparaître une transformation cristalline vers 25 kb. La possibilité des transformations cristallines sous choc, en un temps inférieur à la microseconde, est donc bien établie. Il a paru intéressant d'étudier de ce point de vue un corps particulièrement riche en variétés cristallines comme la silice. Pour favoriser au maximum l'apparition de transformations sous l'action de la pression, nous sommes partis de la forme la moins dense, la silice vitreuse.

Dispositif expérimental. — La courbe d'Hugoniot peut s'obtenir à partir de la célérité de l'onde de choc D et de la vitesse matérielle u au moyen des formules classiques, valables pour un choc intense

$$P = \frac{1}{\nu_0} u D, \quad \frac{\nu}{\nu_0} = \frac{D - u}{D}$$

(D , pression de choc; ν_0 , volume spécifique initial; ν , volume spécifique sous le choc).

On a mesuré la célérité de l'onde de choc et la vitesse matérielle dans des pastilles de silice vitreuse de densité 2,20 et d'indice de réfraction 1,4608 (à 19°0,4 pour la raie D du sodium), attaquées par une onde de choc plane (à mieux de 0,05 μ s sur un diamètre de 60 mm) produite par un explosif puissant à base d'hexogène et ayant traversé une plaque d'aluminium.

La célérité du choc se détermine aisément par la mesure du temps que met l'onde de choc à traverser l'épaisseur de la pastille.



Fig. 3.

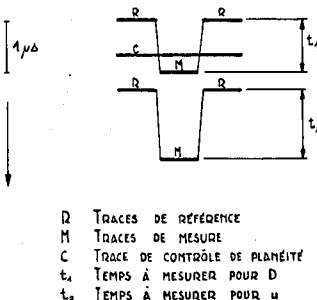


Fig. 4.

La vitesse matérielle s'obtient à partir de la vitesse de la surface libre de l'échantillon. On montre en effet ⁽³⁾ qu'à une très bonne approximation la vitesse de la surface libre est deux fois la vitesse matérielle.

La méthode de mesure dérive directement de celle décrite dans la référence ⁽²⁾, quoique notablement simplifiée. Le dispositif est schématisé sur les figures 1 et 2, les enregistrements sont reproduits aux figures 3 et 4.

Résultats. — Les résultats obtenus sont présentés sous forme de graphique. La figure 5 représente les résultats bruts des mesures de D et u. Les isochores et les isobares ont été représentées dans le plan (D, u). La célérité du choc et la vitesse matérielle croissent d'abord avec la pression du choc, puis à partir d'une pression de l'ordre de 130 à 140 kb, la célérité du choc décroît alors que la vitesse matérielle continue de croître.

La figure 6 représente la courbe d'Hugoniot. A la pression d'environ 135 kb, la pente de la courbe change brusquement. On retrouve donc un phénomène analogue à celui qui a été observé dans le fer ⁽⁴⁾.

On a reporté sur la courbe les points de compression statique jusqu'à 12 kb donnés par Sosman ⁽⁴⁾. Ces points se raccordent convenablement à la partie inférieure de la courbe d'Hugoniot.

Interprétation. — La température atteinte dans le choc peut se calculer en première approximation par la formule classique

$$C_v(T - T_0) = \frac{1}{2}(P_1 + P_0)(v_0 - v_1).$$

Le coefficient de dilatation de la silice vitreuse étant extrêmement faible, on peut écrire : $C_v = C_p$.

La référence ⁽⁵⁾ donne comme chaleur spécifique moyenne de la silice vitreuse entre 20 et 800° 0,254 cal/g. On en déduit que la température dans le choc est voisine de 760°C. La discontinuité de pente observée ne peut être attribuée à la fusion de la silice.

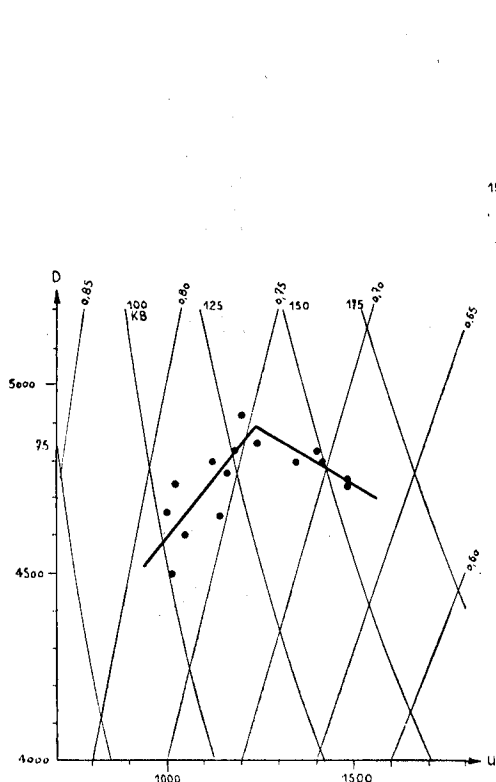


Fig. 5.

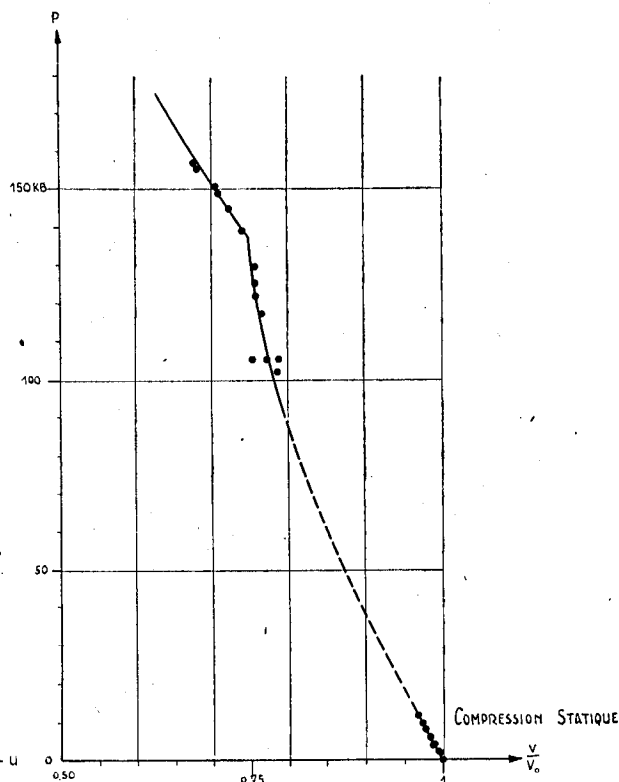


Fig. 6.

Il faut donc admettre qu'il y a formation d'une phase cristalline, sans qu'on soit en mesure de préciser actuellement s'il s'agit de quartz, de tridymite ou de cristobalite. A la pression ordinaire le domaine de stabilité de la tridymite commence à 867° et celui de la cristobalite à 1470°. La pression peut évidemment déplacer les limites de ces domaines, et en particulier permettre le passage à la forme tridymite dès 760°. Mais on sait par ailleurs que la dévitrification de la silice se fait par passage à la forme cristobalite. Enfin le quartz étant la variété la plus dense, il n'est pas exclu que ce soit cette forme qui apparaisse sous pression élevée. L'examen de débris de silice retrouvés après le tir, et l'étude de la compression du quartz devraient permettre de trancher la question.

(1) *J. Appl. Phys.*, 27, 1956, p. 291.

(2) *Phys. Rev.*, 108, 1957, p. 196.

(3) *Phys. Rev.*, 97, 1955, p. 1544.

(4) R. B. SOSMAN, *The properties of silica*, Reinhold Pub. Corp., New York, 1927, p. 427.

(5) *Les hautes températures et leurs utilisations en chimie*, II, Masson, Paris, 1950, p. 936.

Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*,
t. 249, p. 820-822, séance du 10 août 1959.

GAUTHIER-VILLARS,
55, Quai des Grands-Augustins, Paris (6^e),
Éditeur-Imprimeur-Libraire.

156157

Imprimé en France.