

LE JOURNAL DE PHYSIQUE

ET

LE RADIUM

RÉALISATION DE TRÈS HAUTES PRESSIONS COMPRISES ENTRE 50 000 ET 10 0000 kg/cm²

Par M. JAMES BASSET.

Laboratoire James Basset pour la Recherche scientifique aux ultra-pressions.

Sommaire. — Il a été possible d'atteindre en Laboratoire des pressions comprises entre 50 000 et 75 000 kg/cm² et supérieures aux pressions atteintes avec la Technique de Bridgman, en réalisant des cylindres et des pistons avec des blocs de carbures métalliques de grande dureté; les cylindres étant constitués par un emboîtement de tubes concentriques frettés créant des réactions centripètes s'opposant à l'expansion du cylindre sous l'influence de la pression.

Le domaine des pressions comprises entre 75 000 et 100 000 kg/cm² est atteint en refroidissant tout le système à de très basses températures, ce qui élève la limite de la contrainte élastique de travail des matériaux employés et permet d'atteindre 100 000 kg/cm².

La réalisation de presses de Laboratoire pour l'obtention de très hautes pressions permanentes pose un double problème de matières premières et d'utilisation mécanique de ces matières que nous avons exposée par ailleurs ⁽¹⁾ en précisant l'histoire des obturateurs étanches employés par les physiciens et en particulier par Bridgman et dérivant de l'obturateur de Bange utilisé en artillerie.

La métallurgie des carbures de grande dureté, comme le carbure de tungstène par exemple, a pu faire des progrès suffisants pour mettre à la disposition du physicien des blocs agglomérés par frittage, d'une bonne homogénéité, et de dimensions assez importantes pour constituer des cylindres et des pistons de dimensions acceptables.

Le carbure de tungstène possède un module d'élasticité de l'ordre de 60 000 ⁽²⁾ et peut, dans certaines conditions de contention, supporter une contrainte de travail à l'écrasement atteignant 750 kg/mm². Malheureusement, les corps de ce genre présentent à un haut degré les inconvénients des corps très durs : ils sont fragiles et ne tolèrent que des déformations très petites avant rupture.

D'une façon générale, les matières à très haute

résistance supportent les efforts de compression beaucoup mieux que les effets de traction, les contraintes de rupture dans les deux cas pouvant être dans le rapport de 1 à 2. Ceci se comprend aisément, le travail à la compression produisant un rapprochement moléculaire permettant un mutuel appui des éléments jusqu'à la limite d'écrasement, alors que le travail à la traction tend à écarter les molécules et amplifie les moindres défauts d'homogénéité en développant les fissurations microscopiques pouvant exister dans les sections les plus défectueuses de la pièce.

Lorsqu'on crée de hautes pressions dans un cylindre construit en matière très dure, on constate que le cylindre éclate sous une pression qui correspond à une contrainte moyenne de travail des parois d'autant plus faible, que le cylindre est plus épais et que la matière qui le constitue présente, à égalité de résistance, un plus faible allongement avant rupture.

Si l'on considère un tube indéfini à parois très épaisses, construit en une matière incompressible, dont la limite élastique de travail à la traction est pratiquement presque confondue avec la limite de rupture et qu'on comprime un fluide à l'intérieur de ce tube, on constate que le tube subit une augmentation de diamètre interne et le tube se dilate jusqu'à ce que les efforts de traction créés dans l'épaisseur des parois pour l'allongement produit

⁽¹⁾ *Bulletin de la Société française de Physique*, 19 mai 1939, 434, p. 92-95.

⁽²⁾ Le module d'élasticité des aciers à haute résistance est voisin de 20 000.

par cette dilatation équilibrent l'effort de la pression.

Cette augmentation de diamètre pour les couches successives de la paroi est inversement proportionnelle au diamètre de la couche considérée et comme la longueur développée des couches successives est proportionnelle au diamètre, l'allongement relatif des fibres de chaque couche et, par conséquent, la contrainte de travail à la traction (qui est proportionnelle à l'allongement) décroît comme le carré du diamètre. C'est la somme des contraintes de travail à la traction qui se répartissent aussi dans la paroi qui équilibre l'effort de la pression dans le tube.

Ceci ne serait rigoureux que si la matière constituant les parois étant parfaitement incompressible. Pratiquement la loi de décroissance de la contrainte de travail dans l'épaisseur (si la paroi décroît encore plus rapidement que ne l'indique la figure 1) est représentée par la loi théorique C. B.

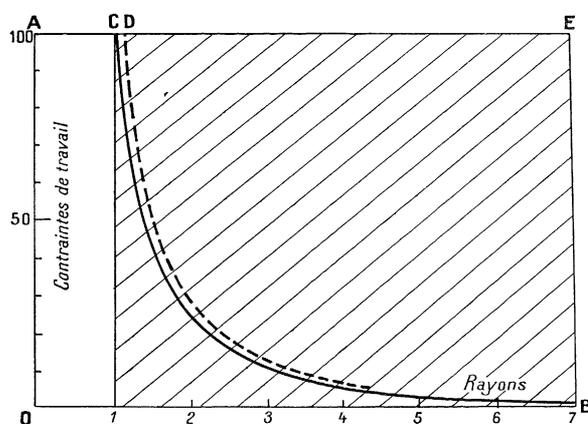


Fig. 1.

La rupture d'un tube épais se produira dès que la couche de la paroi interne atteindra un allongement capable d'y produire des fissurations, et le tube éclatera à la pression produisant cet allongement, quelle que soit l'épaisseur de ses parois.

Pour un tube donné construit en une matière dure ne fluant pas, il n'est donc pas possible de dépasser la pression limite d'éclatement qu'à condition de développer, pendant ou avant la mise en pression, des contraintes de travail négatives ⁽³⁾ empêchant sa dilatation et s'opposant aux efforts de la pression.

A cet effet, Bridgman constitue le pot de presse, où doivent être créés de très hautes pressions, par un cylindre conique A (fig. 2) obturé par un bouchon B à une extrémité. Ce cylindre est forcé dans un sommier d'acier C, soit par l'action du piston compresseur D poussé par la presse hydrau-

⁽³⁾ Nous appelons contraintes négatives, des contraintes de travail à la compression développées dans la paroi par une pression extérieure dont les efforts s'exercent centripètement.

lique E, soit (en inversant le cône du cylindre comme il est indiqué dans la figure) au moyen d'une presse auxiliaire F.

Ce moyen, employé par Bridgman pour atteindre des pressions de l'ordre de 50 000 kg/cm², ne permet pas d'utiliser jusqu'à l'extrême limite les possibilités mécaniques des matériaux employés pour les raisons suivantes :

En raison de la fragilité du cylindre et de ses très faibles possibilités de déformation. Il exige un excellent ajustage des parties frottantes ;

La compression radiale est irrégulière et dépend du frottement des surfaces coniques ; elle est à la merci d'un grippage.

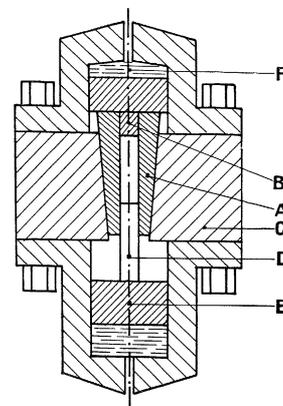


Fig. 2.

Pendant toute l'opération, la répartition des contraintes de travail dans le cylindre est très irrégulière car, le cylindre intérieur subissant sous la pression une déformation en tonneau, le développement des réactions radiales de contention est d'autant plus irrégulier que les pressions atteintes sont plus élevées.

Par ailleurs, les contraintes développées dans l'épaisseur du sommier sont soumises aux lois que nous venons de voir pour les tubes épais.

Pour élever le plafond des pressions maxima accessibles au Laboratoire et pouvoir atteindre l'extrême limite de la résistance à l'écrasement des pistons, j'emploie le principe du fretage multiple.

En utilisant des matériaux convenables et en calculant correctement les éléments de construction, on peut développer, dans un tube central de carbure de tungstène, des contraintes de travail négatives atteignant près de 600 kg/mm² et obtenir, dans un tel tube, avec des pistons sélectionnés, des pressions maxima pouvant aller jusqu'à 75 000 kg/cm² représentant l'extrême limite de la résistance à l'écrasement des pistons pour les matériaux les plus durs connus qu'il soit possible d'obtenir en cylindres de dimensions acceptables.

La limite supérieure des pressions qu'il est possible d'atteindre peut être portée à un palier supérieur voisin de 100 000 kg/cm² en utilisant la propriété, que présentent tous les corps métalliques, de voir leur résistance à l'écrasement ou à la traction croître lorsque la température décroît ; à cet effet tout l'ensemble est refroidi à la température de l'air liquide, la presse étant enfermée en atmosphère rigoureusement sèche dans une cage vitrée à doubles parois permettant l'observation et empêchant les condensations.

La figure 3 montre le schéma général d'une presse à ultra-pression de ce genre.

Le refroidissement de la presse à ultra-pression à la température de l'air liquide ne limite pas à cette température l'expérimentation aux très hautes pressions, bien que l'isolation d'électrodes soit un problème difficile, il est possible de localiser, dans le volume d'un petit four électrique chauffé par une spirale de platine, une petite quantité de la substance expérimentée, et de porter cette portion à une température quelconque aussi longtemps qu'on le désire : des dispositifs de calorifugeage doivent être disposés dans l'espace central pour éviter un échauffement des couches internes de la paroi au delà d'une valeur limite fonction de la pression de marche.

Remarque générale. — Les carbures frittés présentant de nombreuses fissurations microscopiques, l'expérimentation en milieu liquide et éventuellement gazeux nécessite des artifices particuliers déjà employés par Bridgman. La substance expérimentée est contenue dans un sac plastique (étain, plomb, aluminium) dont la viscosité est suffisante pour éviter tout fluage à travers les fentes microscopiques des parois et les jeux des pistons ou obturateurs.

Dans tous les cas, l'expérimentation, dans les meilleures conditions, amène très rapidement la destruction des garnitures centrales qui ne permettent qu'un très petit nombre de montées en pression dépassant 50 000 kg/cm².

Nous publierons ultérieurement le résultat des recherches que ces réalisations ont permis.

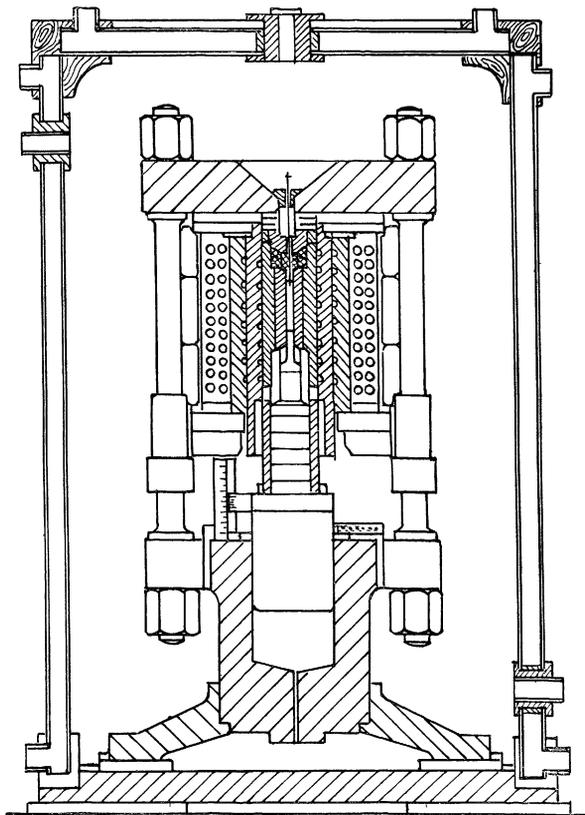


Fig. 3.

Manuscrit reçu en juillet 1939.