

quera le système de rotation du piston : en effet, afin de réduire au maximum les frottements solides entre le piston libre et son logement, ce premier doit être soumis à une rotation au moment des mesures.

2° Pour l'étalonnage du quartz piézoélectrique on intercale entre le statif et le point de réaction de la balance, un support simple, le bouchon porte-quartz étant introduit par le dessous.

3° Enfin, pour l'étalonnage des crushers, on utilise un support spécial, permettant la rotation du cylindre entourant le piston afin de réduire les frottements sur ce dernier au moment de la mesure.

En plus de cette balance manométrique, nous utilisons pour des études spéciales (par exemple l'étude de l'hystérésis des manomètres « Bourdon ») un manomètre à piston libre de forme simple et classique, consistant en un cylindre dans lequel peut coulisser un piston de diamètre parfaitement connu, la poussée hydrostatique à mesurer étant contrebalancée par des poids suspendus à une rotule s'adaptant à l'extrémité libre du piston.

Ce préambule ayant servi à définir la nature des appareils que nous utilisons, je passerai maintenant à l'exposé des études et travaux réalisés à l'I.B.H.P. en indiquant dans chacun des cas les moyens spéciaux mis en œuvre.

Exposé des recherches.

1. Section des hautes pressions statiques. —

Dans le domaine des hautes pressions statiques deux types de travaux ont retenu notre attention, les premiers relatifs à l'étude des variations de certaines grandeurs physiques, en particulier la température de fusion et la température de transformation de formes polymorphes, de substances pures et de solutions concentrées de substances pures, recherches dont les résultats pourront être intégrés dans les théories modernes des états liquide et solide et des phénomènes de transition « ordre-désordre »; les seconds se rapportant à des problèmes plus précis sur l'état des matériaux soumis à de très hautes pressions.

Dans les premiers de ces travaux se place la continuation des études que j'avais poursuivies jusqu'en 1940 sur l'analyse piézométrique, et en particulier la détermination avec grande précision de l'influence de l'élévation de pression sur les températures de fusion et de transformation de corps purs et de mélanges binaires organiques ou inorganiques (solutions concentrées).

Ces travaux, dont l'importance au point de vue théorique et les résultats vous ont été signalés par M. Timmermans, ont entre autres, comme buts de définir une échelle manométrique, comparable à l'échelle thermométrique, et d'étudier les propriétés thermodynamiques sous pressions élevées

de substances organiques et de leurs mélanges binaires.

Ces recherches sont réalisées au moyen de l'analyse piézométrique, qui consiste à étudier la courbe de variation de la température de fusion ou de transformation sous l'influence d'une chute régulière de pression, à température constante. Les résultats, ainsi que j'ai pu le montrer au cours des travaux publiés dès 1936, sont remarquables et la méthode est d'une grande rigueur.

La réalisation technique de cette méthode est assez compliquée, surtout si l'on veut pousser les recherches jusqu'à des pressions de l'ordre de 10 000 atm, comme nous le faisons actuellement.

En effet, il est nécessaire :

1° d'avoir une bombe-laboratoire séparée du corps de presse, afin de pouvoir la maintenir à une température parfaitement constante;

2° de posséder un système permettant d'effectuer une chute de pression régulière et très lente dans la bombe-laboratoire, les variations de volume devant être très faibles, afin qu'à tout moment la substance étudiée se trouve en équilibre.

En ce qui concerne ce deuxième point, la méthode la plus rigoureuse est celle qui consiste à utiliser une pompe à entraînement mécanique du piston et à actionner celui-ci au moyen d'une horloge à poids ou d'un moteur démultiplié. Précédemment nous avons utilisé chacun des deux systèmes, de manière à réaliser des chutes de pression régulières de l'ordre de 5 à 10 atm à l'heure.

Je n'entrerai pas dans les détails de ces appareils, qui doivent être en outre combinés à un système de photographie automatique du manomètre.

Actuellement, l'un des assistants de l'Institut, M. Trappeniers, a réalisé un appareil de chute de pression basé sur le principe d'une fuite réglable, appareil dont la description mérite d'être faite (photographie 4).

La haute pression est obtenue à l'aide d'un amplificateur à piston différentiel d'un rapport 1 à 18, rendu parfaitement étanche par des joints glissants automatiques. Un système de fuite fait tomber lentement la basse pression de l'amplificateur, causant ainsi un recul du piston différentiel et une augmentation lente du volume dans la partie soumise à haute pression. L'espace dans le cylindre amplificateur, compris entre la grande et la petite section du piston, suit fidèlement cette variation de volume tout en la multipliant par le rapport des sections du piston moins la petite section : soit environ 1 à 17. Cet espace est mis en communication par l'intermédiaire d'huile et de mercure à une cellule de mesure formée par un tube de verre de 3 mm de diamètre; à la partie inférieure de cette cellule se trouve un contact fixe en platine et à sa partie supérieure un contact mobile.

Deux robinets, pouvant être actionnés par un

dispositif électromagnétique, permettent de mettre la cellule de mesure en communication soit avec un réservoir à mercure, soit avec l'espace entre les deux pistons, dont on veut mesurer la variation de volume.

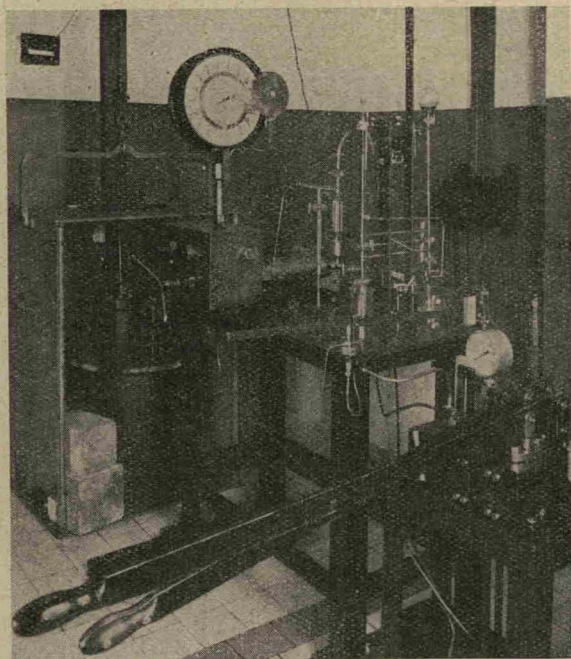


Fig. 4.

Au début de l'expérience le robinet isolant la cellule est fermé, l'autre robinet donnant accès à la réserve de mercure étant ouvert. La cellule se remplit lentement jusqu'à ce que le mercure ferme le contact supérieur, faisant ainsi simultanément s'ouvrir le premier robinet et se fermer l'autre. Le mercure de la cellule s'écoule, aspiré par l'augmentation de l'espace entre les deux pistons. Lorsque le contact inférieur est interrompu, le même dispositif électrique ferme de nouveau le premier robinet et ouvre le second, de sorte que la cellule puisse se remplir de nouveau. En même temps l'impulsion électrique actionne l'obturateur d'un appareil photographique, enregistrant ainsi une photo du manomètre sur un film mobile.

De cette façon on prend une série de photographies du manomètre à un intervalle de volume exactement donné par le volume délimité par les deux contacts électriques.

La pesée du mercure qui remplit la cellule permet de calibrer très exactement son volume. En fait la précision n'est limitée que par la reproductibilité des contacts électriques; elle peut atteindre 1 mm^3 , soit pour 1 cm^3 , le $1/1000^{\circ}$. Tenant compte de l'amplification de 1 à 17 dans l'espace entre les pistons et également des écarts sur le diamètre du cylindre

on pourrait obtenir le $1/500^{\circ}$, à condition alors de réaliser une constance de température à $0^{\circ},1$.

Ainsi que je vous l'ai signalé tantôt, dans cette section se poursuivent également des recherches sur la résistance des aciers à haute pression et en particulier l'étude des diverses caractéristiques des tubes soumis à des pressions élevées : cette étude, dont les résultats doivent servir à définir des théories sur le comportement des tubes à haute pression, a été réalisée de manière à pouvoir déterminer la limite élastique du métal et de suivre le comportement du tube jusqu'à la rupture.

a. Etude sur l'éclatement des tubes. — Le but de cette étude expérimentale aussi bien que théorique est de fournir une base sûre pour le calcul des appareils travaillant à très haute pression et pour l'étude des tubes à parois multiples. On sait en effet que la théorie de la résistance des matériaux sous sa forme habituelle, devient insuffisante lorsqu'elle est appliquée à des cylindres épais devant résister à une pression interne élevée. Bridgman par exemple a montré que de tels cylindres peuvent supporter des pressions excédant de 4 à 5 fois celles prévues par la théorie ordinaire. Cet effet est dû, semble-t-il, à des propriétés spéciales de l'état plastique que prennent les couches internes du tube, propriétés très mal connues encore jusqu'ici. Il en résulte que les méthodes de calcul pour appareils à hautes pressions, extrapolées des théories ordinaires, contiennent toujours une sérieuse part d'empirisme.

En général ces méthodes partent d'une analyse mathématique des états de tension dans la paroi du tube qui conduit à une relation entre la pression interne et les tensions radiales et tangentiels dans la paroi. On est obligé alors d'introduire dans le raisonnement un critère simple de limite d'élasticité ou de rupture afin de pouvoir calculer les états critiques pour le tube global. Seule une étude expérimentale de l'éclatement de tubes peut conduire à la connaissance parfaite d'un tel critère.

La technique des essais d'éclatement à haute pression est difficile et, à notre connaissance, les travaux de Cook et Robertson ne dépassant pas quelques 2 000 atm sont les seuls de ce genre jusqu'à présent. A la lumière de ces faits, on voit l'intérêt que revêt une étude systématique des conditions de gonflement et de rupture de tubes épais jusqu'à des pressions de 5 000 atm comme nous l'avons entreprise, d'autant plus que, par comparaison des résultats d'éclatement de tubes avec des essais mécaniques simples sur des éprouvettes tirées de ces mêmes tubes, nous espérons rattacher le critère d'élasticité et de rupture aux caractéristiques des matériaux données par les essais mécaniques habituels.

Ainsi, nous avons l'espoir de pouvoir apporter