

FIG. 1. — Schéma d'ensemble de l'enceinte de pression double étage.

qualité Standard G1, qui constitue l'élément amplificateur de pression. L'arrivée du liquide, sous basse pression, est assurée par un capillaire souple en acier inox ( $\varnothing$  ext. 3,15 ;  $\varnothing$  int. 0,3) lequel établit la liaison entre le générateur de pression, construit par la Sté Basset, 92-Sèvres, situé en amont de l'obturateur ② sur lequel il est vissé et brasé. L'étanchéité du liquide sous pression dans l'étage I est assurée d'une part à l'aide d'un joint glissant à serrage automatique de type Bridgman ③, côté piston, et d'autre part, par un système de 3 joints en métal ④ décrits dans [14], côté obturateur. L'obturateur ②, le champignon ⑤, la bague ⑥ et les écrous de serrage sont en acier Maraging traité à 180 hbar. Les deux enceintes I et II sont constituées de cylindres frettés ; les emmanchements ont été effectués uniquement par dilatation thermique. L'âme de l'enceinte basse pression I est en acier Maraging traité à 180 hbar alors que la frette est en acier BMV 4 Aubert et Duval traité à 150 hbar.

L'enceinte haute pression II est constituée de 3 enceintes, l'âme ⑦, en acier Maraging traité à 230 hbar, a subi un traitement de nitruration-dureté superficielle 900 Vickers — avant que la chambre de  $\varnothing$  15 ne soit soigneusement rodée, ceci afin de réduire les frottements qui, comme nous le verrons dans la seconde partie, jouent un rôle essentiel dans le bon

fonctionnement des cellules téflon. Les deux frettes sont en acier BMV4 Aubert et Duval. La première ⑧ est traitée à 185 hbar, la seconde ⑨ à 150 hbar.

L'ensemble obturateur-cellule téflon ⑩ et ⑪ est soutenu par un cylindre en carbure de tungstène ⑫, de qualité G2, fretté à sa base par une bague en acier Maraging traitée à 180 hbar. L'ensemble est soutenu par l'écrou de serrage, qui est utilisé pour effectuer la mise en place de cet ensemble.

Les calculs des enceintes ont été effectués dans l'hypothèse de Lamé, par laquelle on suppose que la pression s'applique uniformément sur toute la longueur de la chambre, ce qui est bien vérifié pour les contraintes résultant des frettages, mais très critiquable en ce qui concerne la répartition des contraintes à l'intérieur des enceintes soumises à la pression.

En l'absence d'informations sur la courbe de résistance intrinsèque des aciers Maraging et BMV4 nous avons supposé que la limite élastique au cisaillement était, comme pour les aciers de type fragile, d'environ 0,8 fois la limite élastique de traction pure. Le critère de Mohr-Caquot a été utilisé pour combiner les contraintes.

## 2.2 GÉNÉRALITÉS SUR LES SYSTÈMES ÉTANCHES AUTOMATIQUES. APPLICATION AUX CELLULES TÉFLON.

La technique, dite, des *cellules téflon*, qui consiste à emplir de liquide une boîte en téflon et à soumettre l'ensemble à l'effort d'un piston, fut utilisée pour la première fois en 1956 par Hamann et Teplitzky [15].

Cette technique succède au joint Bridgman, lequel, d'un fonctionnement très sûr jusque vers 23 kbar, devient pratiquement inutilisable pour des pressions supérieures, de par l'insuffisance des matériaux existants, utilisés pour sa construction.

Rappelons que ce système (Fig. 2) a pour but de créer dans le joint en caoutchouc, lequel assure l'étanchéité du fluide sous pression, une pression,  $P$ , supérieure et surtout proportionnelle à celle qui règne dans le fluide.

$$P = \frac{F}{S - s}$$

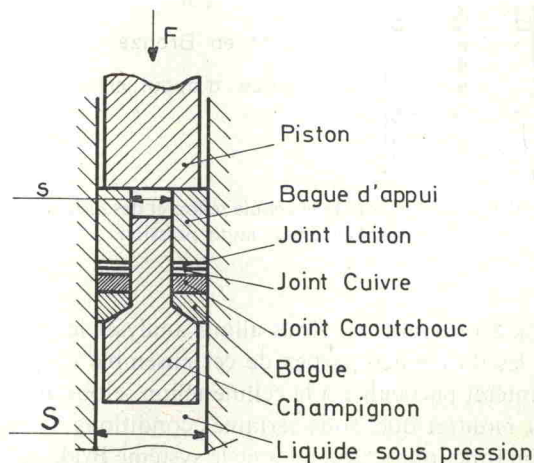


FIG. 2. — Joint Bridgman.

Il faut d'ailleurs remarquer que la condition d'isotropie de  $P$ , sur le pourtour du joint, ne sera réalisée que dans la mesure où le caoutchouc se comporte de façon hydrostatique, ce qui, vraisemblablement, n'est que partiellement vrai, surtout aux hautes pressions. Lorsque la pression  $P$ , dépasse une certaine valeur, le *champignon* a tendance, sous l'effet d'un ensemble de contraintes complexes à être sectionné au niveau du joint. De par son principe de fonctionnement, le joint *type Bridgman* doit réaliser un compromis entre, d'une part, une surpression suffisante pour assurer l'étanchéité, laquelle est imposée par le rapport  $s/S$  et la qualité d'hydrostaticité du joint, et, d'autre part, des caractéristiques mécaniques élevées pour les matériaux constituant la bague et le *champignon* qui, de plus, doivent présenter une bonne résilience de par les discontinuités de contraintes inhérentes à la géométrie de cet ensemble.

C'est pour remédier à ces inconvénients que Hamann, puis Geller [16] et Jayaraman [13] ont remplacé le joint Bridgman par une cellule téflon pour maintenir étanche un liquide sous haute pression.

Dans notre montage, représenté sur la figure 3, nous avons réalisé une géométrie voisine de celle adoptée par

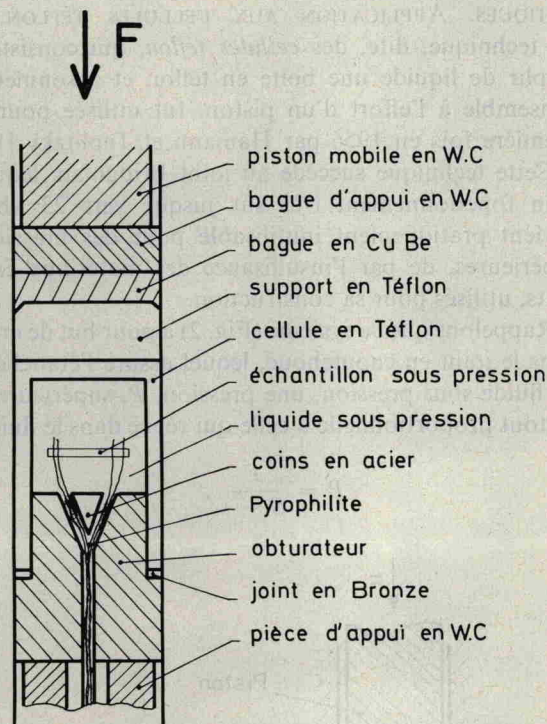


FIG. 3. — Disposition de la cellule téflon et des différents joints dans l'enceinte haute pression.

Kang Soo Kim [17]. Nous allons analyser le rôle joué par les différentes parties de cet ensemble en portant un intérêt particulier à la cellule téflon. Nous allons en effet montrer que, sous certaines conditions, la cellule téflon fonctionne, tout comme le système Bridgman, en *joint automatique* et donne son équivalent sur le plan de

l'étanchéité. Ce fait est constaté par l'expérience qui montre qu'une fuite éventuelle, au cours d'une montée en pression, tend d'elle-même à se colmater.

2.2.1 *Etude de la cellule téflon.* — Jayaraman *et al.* [13] ont constaté que ce qu'il peut être convenu d'appeler le coefficient d'efficacité d'une cellule, lequel pourrait être défini par le rapport

$$\eta = \frac{\text{pression reçue par le liquide}}{\text{pression exercée par le piston}}$$

dépendait de facteurs géométriques (diamètre extérieur de la cellule, épaisseur des parois) et de facteurs physiques (nature du fluide comprimé et qualité du téflon).

Pour mettre en évidence l'influence relative de ces différents facteurs, nous allons, à partir d'un modèle simplifié, représenté sur la figure 4, établir des relations permettant de mieux comprendre son fonctionnement.

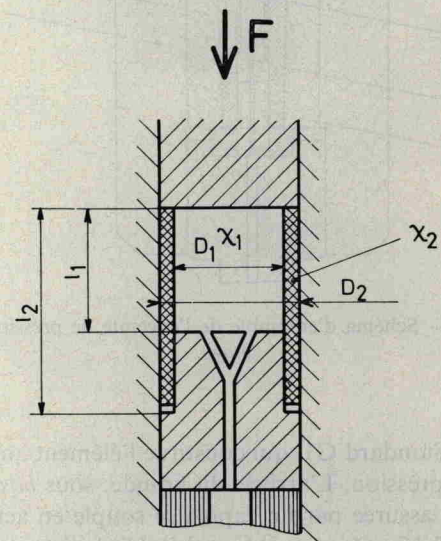


FIG. 4. — Cylindre téflon ; modèle simplifié de la cellule téflon.

Dans ce premier modèle, nous négligerons les effets des frottements entre parois métalliques et cellule téflon. Nous assimilerons la cellule téflon à un simple cylindre en négligeant, pour le moment l'influence du fond, qui, comme nous le verrons, n'intervient qu'en tant que coefficient correcteur dans les relations que nous allons établir.

Le coefficient de Poisson,  $\nu$ , du téflon, est très voisin de 0,5. Ce coefficient, qu'il est difficile d'atteindre par une mesure directe de par la nature physique du téflon, peut être déduit de la relation qui lie certains coefficients élastiques :

$$\chi = \frac{3(1 - 2\nu)}{E}$$

où  $\chi$  est le coefficient de compressibilité et  $E$  le module d'Young.

Nous avons mesuré ces deux coefficients à la température de 20 °C sur le téflon utilisé pour nos cellules