

- b. Les éprouvettes cylindriques ont été usinées avec grand soin et ont subi un traitement thermique léger et bien défini après usinage. Leur longueur était égale à environ quatre diamètres extérieurs, les rapports des diamètres intérieur et extérieur étant de 1,5 et de 2.
- c. Les mesures des déformations ont été faites à l'extrados et, dans certains cas à l'intrados, au moyen d'un appareillage permettant des mesures de déformations en dix points, par straingages à la sensibilité de 1 millionième (soit 1 micro-déformation).
- d. Les mesures de pression ont été faites par balance manométrique à la précision du 0,5 millième.

L'étude a porté essentiellement sur la détermination, pour les divers aciers, de l'effet dimensionnel de l'épaisseur des parois sur les circonstances de franchissement des limites des déformations élastiques et sur les circonstances de rupture. Dans ce but on a fait varier :

- a) le rapport du diamètre intérieur au diamètre extérieur (rapport k).
- b) l'épaisseur des parois en conservant ce rapport k constant.

3. RECHERCHES EXPERIMENTALES. (*).

a. Mesures globales.

Les essais effectués jusqu'à présent ont porté sur un acier doux et un acier demi-dur. Ils ont examiné différents rapports diamètre extérieur/diamètre intérieur ($d_e/d_i = k$), et pour chacun de ces rapports différentes épaisseurs de paroi. Des essais ont été faits à la température ambiante, et à différentes températures inférieures à l'ambiance : -20 , -40 , -60 et -80 °C. On a déterminé dans ces essais la pression à laquelle la déformation plastique atteint l'extrados (p_e), ainsi que la pression maximale supportée par l'éprouvette avant rupture (p_m). Les résultats obtenus par ces essais sont groupés dans les fig. 1 à 3. Les trois premières figures montrent l'influence de l'épaisseur de la paroi à la température ambiante et à -80 °C, pour des cylindres de rapport $k = 2$ et $k = 1,5$. La fig. 1 montre l'influence de la température pour un acier demi-dur de rapport $k = 2$ et de 8 mm d'épaisseur de paroi. On observe sur la fig. 2 qu'il existe un effet d'échelle pour l'acier doux, en ce sens que la pression p_e , de même que la pression p_m décroissent légèrement quand on augmente l'épaisseur de la paroi. Dans l'acier demi-dur, la pression p_e varie dans le même sens, mais p_m varie en sens inverse, c'est-à-dire qu'elle augmente avec l'épaisseur de la paroi. La fig. 3 montre un effet d'échelle sans anomalie pour les cylindres de rapport $k = 1,5$.

b. Mesures de déformation.

1. Chaque cylindre expérimenté avait été muni d'un certain nombre de jauges de contrainte, collées à sa surface extérieure, de manière à permettre la mesure des déformations circonférentielle et longitudinale à tout instant de l'essai.

(*) Texte repris d'une étude de M. J. Gouzou (3).

On a étudié la variation de la déformation circonférentielle avec la pression, pour la première série de cylindres en acier doux de rapports $k = 2$. Cette étude avait principalement pour but d'examiner s'il était possible de détecter le début des déformations plastiques à l'intrados en se basant uniquement sur des mesures de déformation à l'extrados. On a comparé les déformations calculées théoriquement pour l'extrados, dans l'hypothèse d'une déformation plastique progressant par couches concentriques, selon le schéma de la fig. 4, avec les déformations mesurées dans le cas particulier du cylindre pour lequel les données expérimentales étaient les plus nombreuses. Cette comparaison montre que l'hypothèse d'une déformation plastique par couches concentriques conduit à des déformations nettement plus faibles que les déformations réelles (environ 50 fois plus petites). Ce résultat suggère que la déformation réelle ne se fait pas par couches concentriques, mais plutôt par des déformations plus localisées et de plus grande amplitude, relevant du même mécanisme que les bandes de Lüders de l'essai de traction, selon le schéma de la fig. 5.

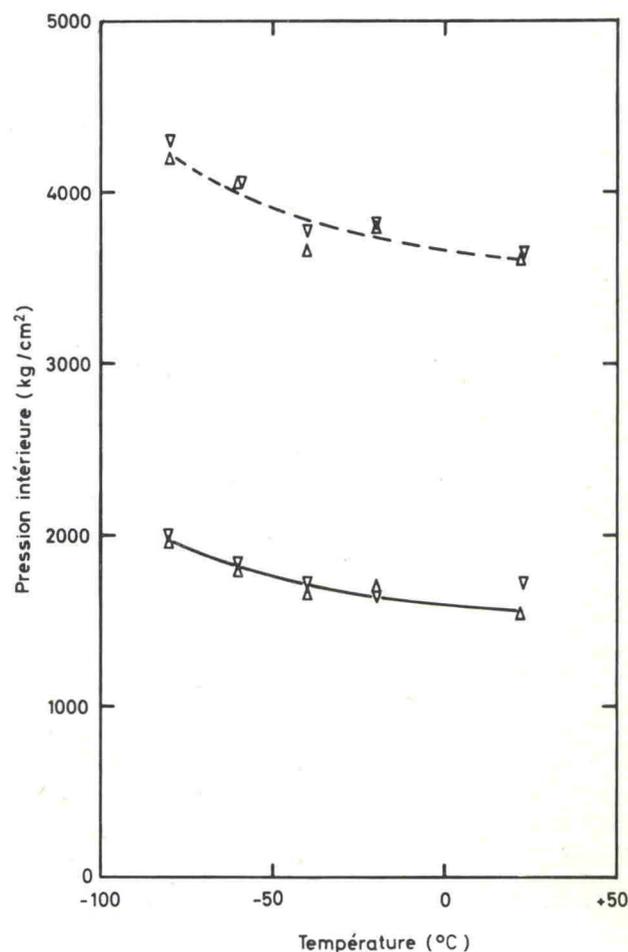


Fig. 1. — Essais à différentes températures sur cylindres de rapport $k = 2$, avec $d_i = 16$ mm, $d_e = 32$ mm - Acier demi dur
 △ 1^{re} série d'essais ▽ 2^e série d'essais
 ———— Pression correspondant à la plasticité complète.
 - - - - - Pression maximale supportée par le cylindre avant rupture.

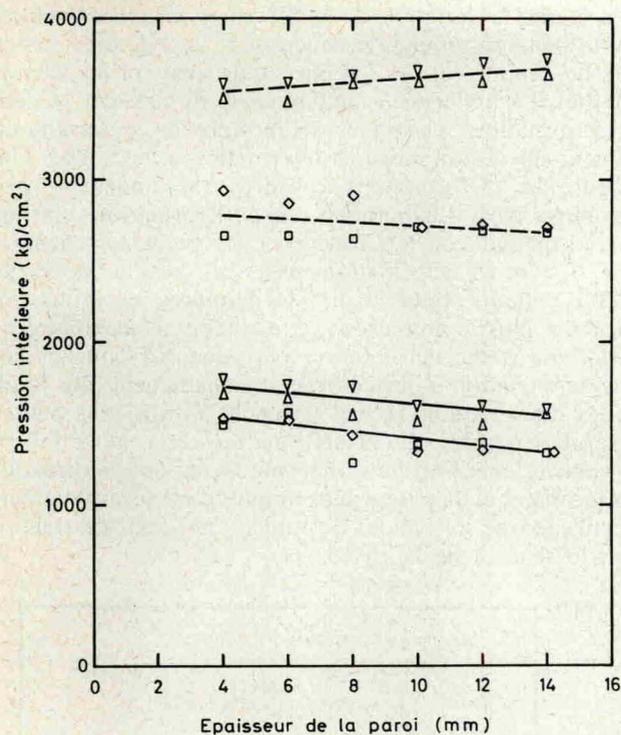


Fig. 2. — Essais à la température ambiante sur cylindres de rapport $k = 2$.

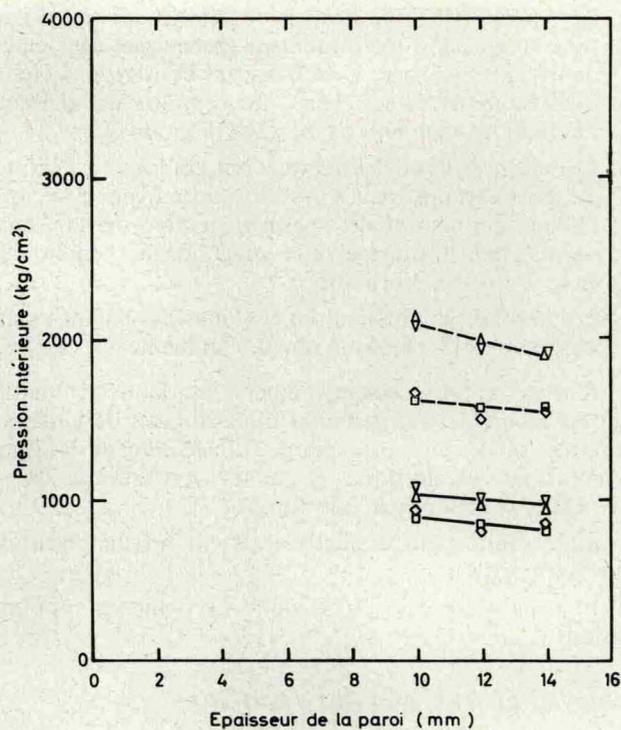


Fig. 3. — Essais à la température ambiante sur cylindres de rapport $k = 1,5$

Acier doux : □ 1^{re} série d'essais ◇ 2^e série d'essais
 Acier demi-dur : △ 1^{re} série d'essais ▽ 2^e série d'essais
 ——— Pression correspondant à la plasticité complète
 - - - - - Pression maxima supportée par le cylindre avant rupture.

Le problème de l'effet d'échelle se rattache donc à la progression de ces bandes déformées plastiquement. Dans l'essai de traction, l'état de contraintes est le même en tout point de l'éprouvette et la croissance des bandes de Lüders s'opère à tension constante sans difficultés. Dans le cylindre sollicité par une pression inférieure, au contraire, l'état de contraintes se modifie de manière continue quand on passe de l'intrados à l'extrados. Une bande de Lüders qui s'amorce à l'intrados et qui tend à se propager vers l'extrados rencontre donc, au cours de sa progression, des états de contraintes de moins en moins favorables à cette progression et elle est rapidement arrêtée. Elle ne pourra poursuivre son avance qu'après une augmentation de la pression intérieure. Ce freinage des bandes de Lüders par l'état de contraintes des couches extérieures du cylindre pourrait donner une explication de l'effet d'échelle observé dans la mise en plasticité. On remarque en effet que dans deux cylindres géométriquement semblables soumis à la même pression intérieure, le gradient de contraintes est plus élevé dans le petit cylindre. On peut donc raisonnablement s'attendre à ce que la propagation des bandes de Lüders soit mieux freinée dans ce cylindre, et qu'il soit donc nécessaire d'appliquer une pression plus élevée pour obtenir la mise en plasticité complète.

2. Les mesures de déformation effectuées sur la première série de cylindres en acier doux de rapport $k = 2$ ont donc montré qu'il était possible d'obtenir des informations intéressantes en utilisant les mesures de déformation à l'extrados.

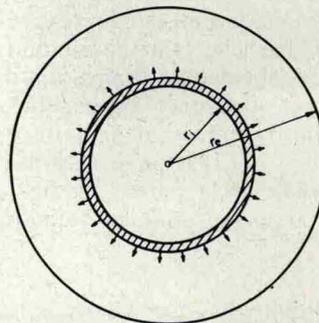


Fig. 4. — Progression de la déformation plastique de l'intrados vers l'extrados par couches concentriques.

Tenant compte de cette possibilité on a effectué des mesures de déformation plus nombreuses, qu'on a exploitées systématiquement en rapportant chaque fois la déformation