

# Les recherches sous hautes pressions et leurs applications dans l'industrie belge<sup>(\*)</sup>

C.D.U. 001 S : 539.893.004.14.66 (493)

par LOUIS DEFFET D<sup>r</sup> Sc.,  
Directeur de l'Institut Belge des Hautes Pressions  
Sterrebeek

*L'I.B.H.P. réalise des travaux orientés vers des applications industrielles, dont le comportement élastique et plastique sous pression de cylindres d'acier; la corrosion des aciers par l'hydrogène et l'hydrogène sulfuré; l'amélioration des manomètres; la thermodynamique des gaz industriels; des réactions chimiques diverses en milieux gazeux et liquide; la solubilité des solides dans les liquides. Ces recherches se réalisent sous des pressions atteignant 5.000 kg/cm<sup>2</sup> et des températures de l'ordre de 850 °C.*

*De door het Belgisch Instituut voor Hoge Drukken uitgevoerde werken zijn gericht op industriële toepassingen en omvatten de elastische en plastische gedragingen van stalen cylinders onder druk; de corrosie van staal door waterstof en zwavelwaterstof; het verbeteren van manometers; de thermodynamica van nijverheidsgassen; allerlei scheikundige inwerkingen van gassen en vloeistoffen; de oplosbaarheid van vaste stoffen in vloeistoffen. Deze opzoekingen worden uitgevoerd onder druk gaande tot 5.000 kg/cm<sup>2</sup> en temperaturen tot 850 °C.*

## Introduction.

« Le rôle de la pression dans les fabrications chimiques, bien que relativement plus récent que celui de la température, n'en revêt pas moins aujourd'hui une importance du même ordre. En fait, notre industrie lui doit beaucoup de progrès révolutionnaires, en matière de synthèse et de production de masse, qui marquent son histoire depuis le début du siècle». Ainsi débute un de ces remarquables éditoriaux du Professeur L. Jacqué qui animent chaque mois la revue « Chimie et Industrie ».

En Belgique, autant sinon plus qu'à l'étranger, l'industrie chimique a fait appel, depuis longtemps déjà, aux hautes pressions pour valoriser et étendre ses productions : aussi, le rappel des applications les plus importantes fait dans cet éditorial s'applique-t-il aussi bien à notre pays qu'à la France.

Mais l'évolution constante des techniques oblige l'industrie belge à de très grands efforts pour se maintenir au niveau international. L'Institut Belge des Hautes Pressions s'efforce de lui apporter une aide efficace, quoique forcément assez restreinte, dans l'étude et la solution de ses nouveaux problèmes.

Le but de cet exposé est de montrer comment et avec quels moyens cet organisme remplit cette tâche, toujours difficile, mais souvent exaltante.

Des pays comme la Belgique ne possèdent pas, ainsi que certains de leurs grands voisins, et surtout les U. S. A.,

(\*) Traduction (partielle) d'une communication au « Symposium on High Pressure ». Fifty-Eighth Annual Meeting of the American Institute of Chemical Engineers, Philadelphia, 5-9, December 1965.

de grands budgets de recherche : de ce fait, les laboratoires spécialisés doivent, avant d'opter pour une direction de travail et de proposer — ou d'accepter — des sujets de recherche, être extrêmement bien qualifiés parce que moins le budget de travail est élevé, plus difficile et étroite est la voie à suivre pour atteindre les résultats souhaités.

Le rappel de ces quelques notions banales n'a d'autre but que de préparer une réponse à la question qui se posera certainement chez les auditeurs : pourquoi un Institut d'une envergure aussi modérée réalise-t-il des recherches dans d'aussi nombreux domaines, plutôt que de choisir une seule spécialité ? Aussi paradoxal que cela puisse paraître, c'est précisément le fait que des recherches sous pressions élevées doivent, en Belgique, servir à de nombreux autres laboratoires que cette apparente dispersion a été nécessaire.

Mais seul l'exposé même des résultats acquis pourra montrer que cette diversité des recherches a été bénéfique.

## I. TRAVAUX SUR L'ELASTICITE ET LA PLASTICITE DES METAUX ET DES ACIERS.

### A. Comportement sous pression de cylindres à parois épaisses.

#### 1. AVANT-PROPOS.

Lors de l'examen des circonstances qui font franchir les limites du domaine des déformations élastiques ou qui provoquent la rupture de cylindres à parois épaisses, nous avons observé un phénomène peu connu et très imparfaitement décrit jusqu'à présent : l'influence sur ces circonstances de l'épaisseur relative des parois.

En effet, indépendamment de diverses constatations qui n'avaient pas encore été faites, ou qui demandaient confirmation (début des ruptures à l'intrados, commencement de la rupture à caractère ductile, valeurs de la pression de fin du domaine élastique) nous avons observé l'existence d'une certaine valeur relative critique, pour le rapport du diamètre extérieur des cylindres à son diamètre intérieur.

Ceci est un fait expérimental dont la cause n'a pu encore être trouvée et qui méritait une analyse poussée, car ses incidences techniques peuvent être sensibles, puisqu'il avait été observé qu'un tube épais ne résiste pas nécessairement mieux qu'un tube plus mince et que pour certains aciers, la résistance des tubes à la pression décroît à partir d'une certaine épaisseur critique de la paroi. Ainsi si l'on prend des cylindres dont le rapport des diamètres extérieur et intérieur reste constant, et dans le cas étudié égal à 2,2, et que l'on augmente respectivement ces diamètres, l'épaisseur de la paroi augmente également. A partir d'une certaine épaisseur, on voit diminuer la limite d'élasticité, enregistrée à l'extérieur du cylindre au moyen d'extensomètres électriques, et aussi la pression de rupture. Les valeurs suivantes déterminées sur des cylindres tirés d'un acier demi-doux sont extrêmement caractéristiques à cet égard (Tableau 1).

De telles observations n'avaient jamais été décrites : toutefois d'autres chercheurs avaient, en cours de réalisations et d'essais d'appareils à haute pression, observé des ruptures

TABLEAU 1

Température °C	Diamètre (mm)		Pression en kg/cm <sup>2</sup>	
	intérieur	extérieur	Début de plasticité	Rupture
20	17,5	38,5	1 750	4 000
	20	44	1 850	4 100
	20	44	1 850	4 200
	23	50,6	1 550	3 700
	23	50,6	1 350	3 800
30	17,5	38,5	1 850	4 800
	17,5	38,5	1 750	4 800
	20	44	1 850	4 800
	23	50,6	1 450	3 700
	38,6	85	1 300	3 200
	45,3	99,7	900	2 500
50	17,5	38,5	1 900	4 600
	20	44	1 850	4 900
	23	50,6	1 450	3 600
200	17,5	38,5	1 900	4 700
	17,5	38,5	1 850	4 700
	20	44	1 450	4 900
	20	44	1 550	4 900
	23	50,6	1 650	4 600
	23	50,6	1 450	4 900

que le calcul et les expériences antérieures ne laissaient pas prévoir. Les raisons en furent rarement recherchées en dehors de causes accidentelles et l'effet d'échelle ne paraît jamais avoir été mis bien en évidence (1, 2).

Nos recherches cependant n'ayant pas comme but principal la résistance des matériaux, cet aspect particulier du problème des cylindres à parois épaisses n'a pas fait à ce moment l'objet d'études plus poussées

Après la publication de ces résultats, cette question fut discutée en diverses circonstances et il fut décidé en 1960 de créer une « Commission pour l'étude des cylindres à parois épaisses » qui, en 1962, fut placée sous la présidence du Professeur H. Louis.

Cette Commission arriva à la conclusion que :

1° il était utile de poursuivre les recherches entamées précédemment sur les cylindres à parois épaisses, mais en s'efforçant de déterminer au mieux toutes données expérimentales, c'est-à-dire en affinant les mesures et en s'entourant de toutes les précautions nécessaires, quant à l'usinage des éprouvettes;

2° il existait un problème beaucoup plus général, celui de discerner les circonstances mêmes qui provoquent la rupture de l'acier sollicité en état triaxé, circonstances qui ajouteraient à notre compréhension du phénomène de la rupture de l'acier, état aussi bien monoaxé que biaxé et triaxé. Ce qui conduit à considérer que le problème général de la rupture peut être étudié sur des éprouvettes tubulaires, qui semblent être la forme la plus simple qui soit dans ce domaine.

Il en résulterait que si le problème de l'effet d'échelle présentait assurément un intérêt à être étudié plus avant, il existait un autre problème non moins intéressant, celui de l'emploi éventuel d'éprouvettes tubulaires pour l'examen des problèmes généraux de la rupture des aciers.

## 2. PROGRAMME DES RECHERCHES.

Le programme prévu pour le premier stade des recherches (octobre 1960 à fin décembre 1961) s'est partagé en des travaux expérimentaux réalisés dans les laboratoires de l'I. B. H. P., en leur examen théorique par les chercheurs du C. N. R. M. et en l'exploitation de ces résultats.

Le second stade de ces travaux a débuté en 1962 et se terminera en 1966. Les expériences ont été réalisées suivant les mêmes méthodes que celles qui furent employées au cours de travaux antérieurs, ces méthodes résidant essentiellement à étudier le comportement d'éprouvettes cylindriques à parois épaisses sous l'effet de pressions hydrauliques intérieures, afin de dégager au mieux les relations entre ces pressions d'une part et d'autre part, les limites d'élasticité et les taux de rupture en traction pure des aciers soumis à ces efforts.

Afin d'atteindre des résultats incontestables, les règles suivantes ont été observées :

- a. Pour chaque type d'acier à examiner, les éprouvettes ont été strictement choisies dans un même lot, afin d'obvier aux erreurs éventuelles pouvant provenir de légères différences de qualités entre les éprouvettes.