

**Zeitschrift:** IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen  
**Band:** 15 (1955)  
  
**Artikel:** Essais comparatifs de traction et de pliage sur des éprouvettes comportant des trous forés, poinçonnés, ou poinçonnés et alésés  
**Autor:** Cassé, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-14488>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **Essais comparatifs de traction et de pliage sur des éprouvettes comportant des trous forés, poinçonnés, ou poinçonnés et alésés**

*Vergleichende Zug- und Biegeversuche an Stahlproben mit gebohrten oder gestanzten Öffnungen, oder Öffnungen, die gestanzt und ausgebohrt wurden*

*Comparative tension and bending tests on steel specimens with drilled or punched holes, or holes that have been punched and drilled*

M. CASSÉ, Ingénieur principal, à la Division des Ouvrages d'Art de la S.N.C.F.,  
51, rue de Londres, Paris (8e)

La question de l'influence du mode d'exécution des trous sur la sécurité des constructions métalliques est ancienne: avec l'apparition de l'acier de construction, la crainte de fissures génératrices de ruptures a suscité bon nombre d'essais qui ont généralement conduit à recommander, pour les constructions importantes, d'éviter le poinçonnage non suivi d'alésage.

La pratique a quelquefois délaissé ces prescriptions surtout dans le cas des charpentes soumises à des efforts peu variables: il n'en est pas toujours résulté de gros inconvénients mais on a parfois découvert des fissures partant de trous poinçonnés et ruinant un élément.

Depuis quelques années, la construction métallique cherche à relever les contraintes limites de calcul ou à dimensionner les pièces en faisant état de la plastification éventuelle du métal. Ces deux circonstances amènent à se demander si, pour les éléments comportant des trous et sollicités jusqu'à la plastification, la marge de sécurité reste la même ou non pour les différents modes couramment pratiqués d'exécution des trous.

Aussi, la S.N.C.F. a-t-elle jugé utile de procéder à des essais comparatifs assez étendus en vue de se rendre compte de l'influence du mode de perçage au moins pour des épaisseurs et des diamètres courants. On a réalisé des essais sous charges imposées, d'autres sous déformations imposées et d'autres sous sollicitations ondulées; certaines éprouvettes étaient rainurées ou dissymétriques.

La S.N.C.F. n'ignore pas que l'aspect et la qualité des trous poinçonnés sont sérieusement influencés par les conditions de poinçonnage — des études sont en cours en France pour définir les conditions de poinçonnage les plus favorables. — Elle ne s'est pas proposée de comparer les divers modes de poinçonnage imaginables, mais de recueillir des renseignements sur la qualité des trous confectionnés couramment dans les bons Ateliers soumis à son contrôle régulier.

La présente note précise quels essais ont été effectués et quels résultats ont été obtenus.

Les diverses séries d'essais sont définies ci-après, dans les figures, les photos des éprouvettes se trouvent, pour chaque série, au-dessus du tableau des résultats.

### Eprouvettes

Les éprouvettes ont été prélevées dans des tôles (pour une série dans un T) d'acier doux se pliant parfaitement à bloc. Elles ont été usinées dans un grand atelier de constructions métalliques avec les machines et les modes de mise en œuvre couramment pratiqués.

Les caractéristiques des aciers sont les suivantes:

	tôle de 12	tôle de 10	T
limite élastique	27 kg/mm <sup>2</sup>	30,5 kg/mm <sup>2</sup>	25,1 kg/mm <sup>2</sup>
charge de rupture	41 kg/mm <sup>2</sup>	42,2 kg/mm <sup>2</sup>	36,9 kg/mm <sup>2</sup>
allongement de rupture	32,5 %	29,5 %	25 %

### Essais de traction

#### *Essais de traction centrée*

On a imposé à toutes ces éprouvettes une charge régulièrement croissante:  
*1re série:* Eprouvettes avec trou central de  $\varnothing$  20:

- 1 A Eprouvettes de  $60 \times 12$  comportant une rainure transversale de 1 mm de profondeur faite sur chaque face et ramenant la section à 10 mm d'épaisseur (fig. 1, tableau I).
- 1 B Eprouvettes de  $60 \times 10$  comportant sur les arêtes des  $\frac{1}{2}$  trous en quinconce (fig. 2, tableau II).
- 1 C Eprouvettes de  $100 \times 10$  comportant sur les arêtes des  $\frac{1}{2}$  trous au droit du trou central (fig. 3, tableau III).

*2e série:* Eprouvettes comportant dans l'axe un trou foré et un trou poinçonné espacés de 100 mm.

- 2 A Eprouvette de  $40 \times 10$  trous forés de  $\varnothing 20$ , trous poinçonnés de  $\varnothing 20$  à  $\varnothing 16$  (fig. 4, tableau IV).
- 2 B Eprouvette de  $40 \times 10$  trous forés de  $\varnothing 20$ , trous poinçonnés de  $\varnothing 20$  à  $\varnothing 16$  et alésés à  $\varnothing 20$  (fig. 5, tableau V).
- 2 C Eprouvette de  $60 \times 10$  trous forés de  $\varnothing 20$ , trous poinçonnés de  $\varnothing 20$  à  $\varnothing 16$  alésés ou non (fig. 6, tableau VI).
- 2 D Eprouvette de  $80 \times 10$  trous forés de  $\varnothing 20$ , trous poinçonnés de  $\varnothing 20$  à  $\varnothing 16$  (fig. 7, tableau VII).

Les essais de traction centrée font apparaître, dans l'ensemble pour les trous poinçonnés bruts, une charge de rupture plus faible que pour les trous forés; pour les trous poinçonnés et faiblement alésés, on retrouve la charge de rupture correspondant au trou foré et on la dépasse parfois avec un alésage important.

#### *Essais de traction excentrée*

On a imposé à ces éprouvettes une charge régulièrement croissante.

3e série:

- 3 A T de  $80 \times 80 \times 9$  comportant dans une aile un trou de  $\varnothing 20$  (trou poinçonné foré ou alésé) la traction s'exerçait suivant l'axe de l'âme du T (fig. 8, tableau VIII).
- 3 B Eprouvettes de  $60 \times 10$  comportant 2 trous de  $\varnothing 20$ , l'un foré, l'autre poinçonné ou poinçonné et alésé excentrés, le bord à 10 mm de la tranche (fig. 9, tableau IX).
- 3 C Eprouvettes de  $80 \times 10$  comportant 2 trous de  $\varnothing 20$ , l'un foré l'autre poinçonné ou poinçonné et alésé excentrés, le bord à 10 mm de la tranche (fig. 10, tableau X).
- 3 D Eprouvettes de  $80 \times 10$  comportant 2 trous de  $\varnothing 20$ , l'un foré, l'autre poinçonné ou poinçonné et alésé excentrés, le bord à 10 mm de la tranche (fig. 11, tableau XI).

Ces essais font apparaître une charge de rupture plus élevée pour le trou foré que pour le trou poinçonné et une charge sensiblement plus élevée pour le trou alésé de 3 mm.

L'ensemble des essais de traction fait ressortir, pour la charge de rupture rapportée à la section rompue, un chiffre assez voisin de la charge de rupture d'une éprouvette non trouée, généralement un peu plus faible pour le trou poinçonné brut et un peu plus forte dans tous les autres cas. Il y a généralement allongement plastique du trou, mais nettement plus faible dans le cas du trou poinçonné brut.

Avec un faible alésage on se rapproche des qualités des trous forés. Avec un alésage de 3 mm sur le diamètre les trous poinçonnés sont au moins équi-



valents aux trous forés. Ces essais ne condamnent pas l'utilisation de trous poinçonnés. Mais les essais de pliage où la déformation et non la charge est imposée donnent des résultats assez différents.

### Essais de pliage

Les essais de pliage ont été effectués sur éprouvettes de 40 mm de largeur avec trou central de  $\varnothing 20$  dans les conditions suivantes:

mandrin  $r = 10$  mm    rouleaux  $\varnothing 30$  mm    entre axe des rouleaux = 75 mm  
4e série:

- 4 A Eprouvettes de  $60 \times 12$  comportant une rainure transversale de 1 mm de profondeur faite sur chaque face et ramenant la section à 10 mm d'épaisseur (fig. 12, tableau XII).
- 4 B Eprouvettes de  $40 \times 10$  avec trou central foré de  $\varnothing 20$  ou poinçonné de  $\varnothing 20$  à 16 (fig. 13, tableau XIII).
- 4 C Eprouvettes de  $40 \times 10$  avec trou central foré de  $\varnothing 20$  ou poinçonné de  $\varnothing 20$  à 16 et trou poinçonné juste  $\varnothing 20$  avec jeu  $\varnothing 20$  (fig. 14, tableau XIV).

Les essais de pliage font apparaître un avantage considérable du point de vue de la capacité de déformation des trous forés par rapport aux trous poinçonnés et aux trous poinçonnés et alésés; il faut un alésage de 3 mm pour retrouver des angles de 1re crique et de rupture analogues à ceux des trous forés.

### Essais de torsion

On a cherché si une torsion imposée aux éprouvettes trouées faisait apparaître, comme l'essai de pliage, une différence très variable de comportement entre trous forés et poinçonnés. Il n'en a pas été ainsi. Nous donnons seulement les résultats d'une série:

- 5 B Eprouvettes de  $40 \times 10$  avec trou central de  $\varnothing 20$  foré ou poinçonné de  $\varnothing 20$  à 16 (fig. 15, tableau XV).

### Essais de sollicitations ondulées

Les différences obtenues aux essais de pliage conduisent à rechercher le comportement des éprouvettes trouées en flexion ondulée; c'est l'objet d'essais qui ont malheureusement été retardés les machines de fatigue nécessaires n'étant pas disponibles. Ces essais commencent, nous en donnerons les résultats ultérieurement<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Seules les éprouvettes poinçonnées sans aucun alésage manifestent une résistance à la fatigue (contraintes et flexion: 2—33 kg/mm<sup>2</sup>) inférieure à celle des éprouvettes à trou foré.

### Conclusion

Les trous poinçonnés non alésés, tels qu'on les pratique couramment en construction métallique réduisent la résistance des pièces aux efforts de traction davantage que les trous forés, ils diminuent largement les possibilités de déformations angulaires.

L'alésage de 1 ou 2 mm relève la résistance traction au niveau de celle des pièces avec trou foré, mais ces dernières conservent une supériorité très nette aux déformations de pliage. Il faut un alésage de 3 mm sur le diamètre pour retrouver avec le trou poinçonné des caractéristiques comparables à celles du trou foré, elles paraissent alors un peu supérieures.

Les essais sous sollicitations alternées, en cours, permettront de vérifier si les conclusions ci-dessus peuvent être étendues aux charges variables.

### Résumé

L'article rend compte d'essais effectués par la S.N.C.F. sur des éprouvettes en acier doux avec trous forés, poinçonnés ou alésés après poinçonnage.

L'infériorité du trou poinçonné se manifeste surtout aux essais de pliage, les trous poinçonnés avec alésage de 3 mm se sont montrés au moins équivalents aux trous forés.

### Zusammenfassung

In diesem Bericht werden die von der S.N.C.F. an Stahlproben vorgenommenen Versuche beschrieben, wobei Proben mit angebohrten, gestanzten, oder nach der Stanzung ausgebohrten Löchern untersucht wurden.

Der Nachteil der gestanzten Öffnung zeigt sich besonders bei den Biegeversuchen, während die gestanzten und um 3 mm nachgebohrten Öffnungen den gebohrten Öffnungen nicht nachstehen.

### Summary

In this report are described investigations carried out by the S.N.C.F. on steel specimens, in which tests were made with drilled, punched, or sub-punched and drilled holes.

The disadvantage of the punched holes is clearly shown, especially in the bending tests, whilst the punched holes which are drilled out by 3 mm ( $\frac{1}{8}$  inch) are not inferior to the drilled holes.

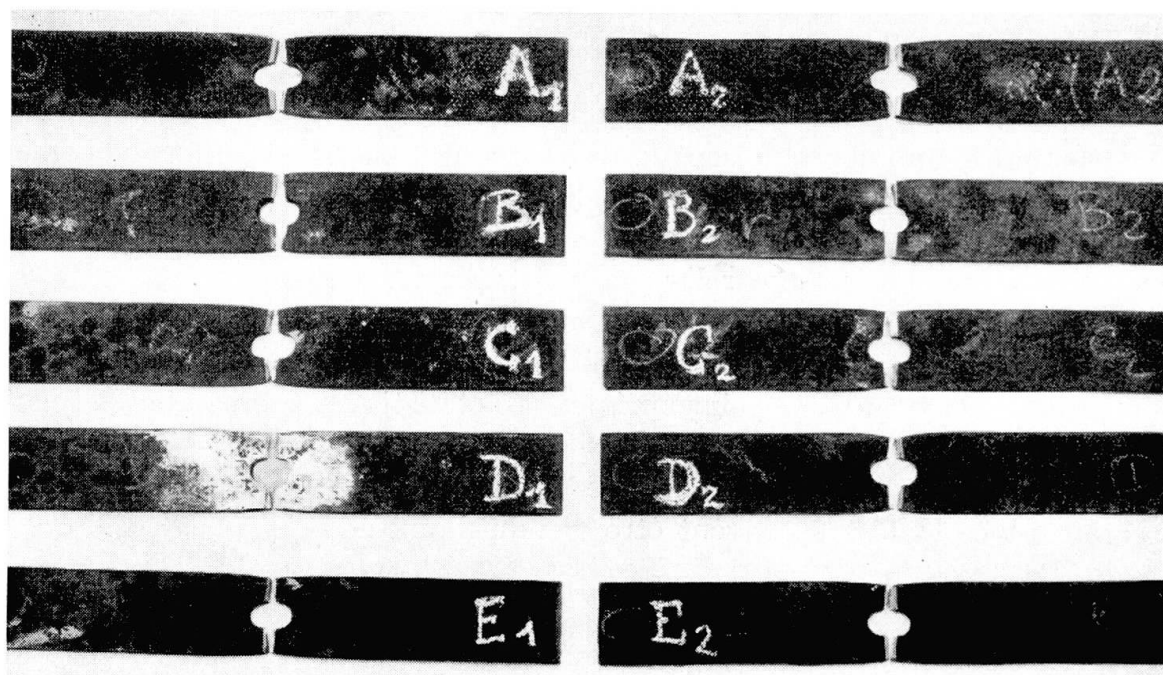


Fig. 1.

Tableau I

Re- père	Usinage du trou	Charge de rupture	Longueur du trou après rupture	Observations
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	foré $\varnothing$ 20	17 150 18 920	31,5 31	
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 20	15 000 15 500	24,5 25,5	fissure dans trou à 14 T 5 fissure dans trou à 15 T
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 19 et alésé $\varnothing$ 20	19 200 17 800	30 28	
D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 18 et alésé $\varnothing$ 20	17 800 18 400	28 31,5	
E <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 17 et alésé $\varnothing$ 20	18 300 18 200	29 28,5	
<i>Eprouvettes rainurées: épaisseur 12 mm (largeur 60 mm) 1 A</i>				



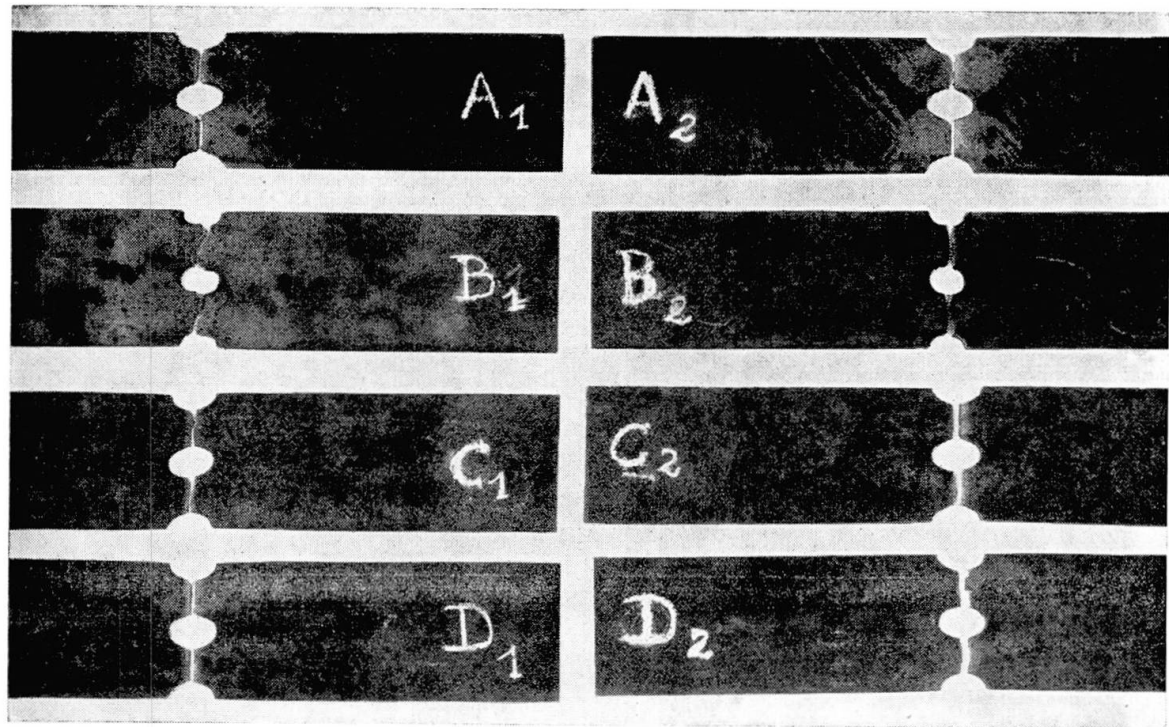


Fig. 3.

Tableau III

Re- père	Usinage des trous	Charge de rupture	Longueur des trous après rupture	Observations
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	forés $\varnothing$ 20	25 000 26 000	31 32	striction
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 20	23 500 22 500	24 24	fissure dans le trou central
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 19 et alésé $\varnothing$ 20	27 850 28 000	31 31	fissure partie du trou central
D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 17 et alésé $\varnothing$ 20	25 000 29 000	29, 30, 31 29	légère excentricité striction
3 trous axés: épaisseur 10 mm (largeur 100 mm) 1 C				

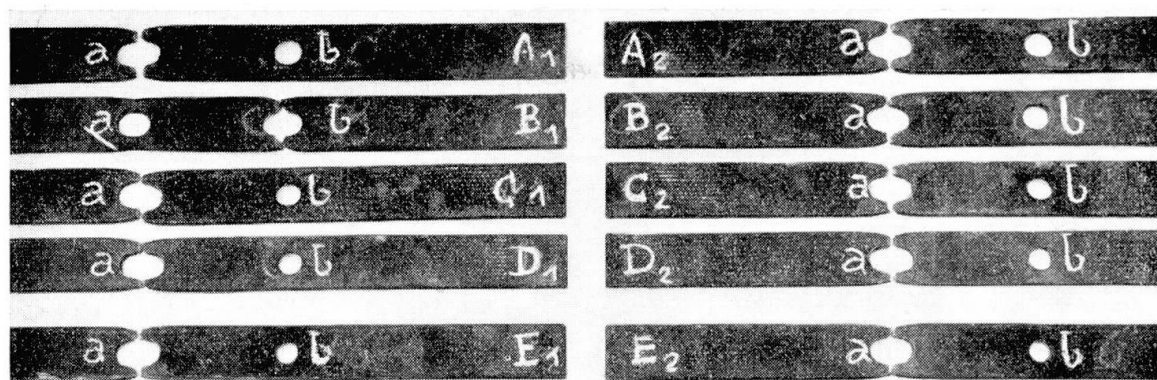


Fig. 4.

Tableau IV

Re- père	Usinage des trous		Charges (kg)		Longueur des trous ap. rupture		Observations
	a	b	limite élast.	rupture	a	b	
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	foré Ø 20	poinçonné Ø 20	6 200 7 500	8 500 8 400	28,5 29	21 22	fissure trou b rupture trou a
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	foré Ø 20	poinçonné Ø 19	6 800 6 200	8 000 8 400	29,5 29	23 20	do.
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	foré Ø 20	poinçonné Ø 18	6 400 6 300	8 400 8 400	29 29	18,5 18,5	do.
D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	foré Ø 20	poinçonné Ø 17	7 800 ? ×	8 500 8 600	28,5 29	18 18,5	do.
E <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	foré Ø 20	poinçonné Ø 16	6 500 6 400	8 800 8 400	29 28,5	17 17	do.

*Traction centrée: épaisseur 10 mm (largeur 40 mm)    2 A*

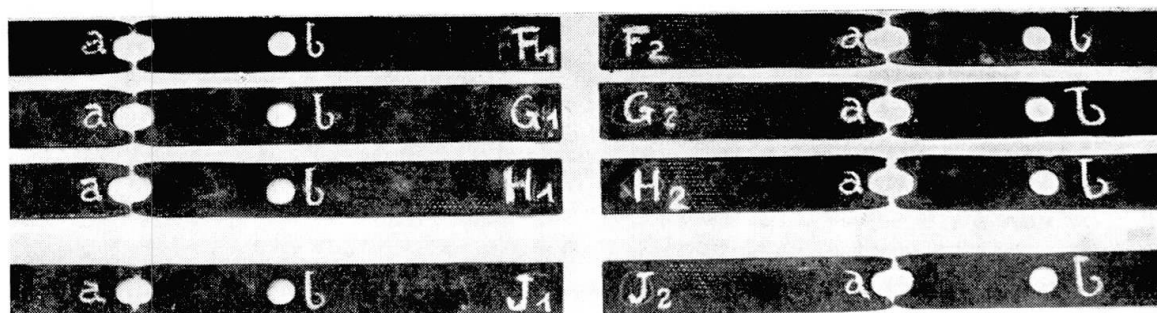


Fig. 5.

Tableau V

Re- père	Usinage des trous		Charges (kg)		Longueur des trous ap. rupture		Observations
	a	b	limite élast.	rupture	a	b	
F <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	foré Ø 20	poinçonné Ø 19 et alésé Ø 20	6 000 6 800	7 800 8 700	29 28,5	22 22	rupture trou a
G <sub>1</sub> G <sub>2</sub>	foré Ø 20	poinçonné Ø 18 et alésé Ø 20	7 000 7 200	8 600 8 500	28,5 28,5	21,5 21,5	rupture trou a
H <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	foré Ø 20	poinçonné Ø 17 et alésé Ø 20	6 600 6 800	8 700 8 400	29 29	22 22	rupture trou a
J <sub>1</sub> J <sub>2</sub>	poinçonné juste Ø 20	poinçonné avec jeu max. Ø 20	7 300 7 800	8 500 8 300	24,5 25,5	21,5 21,5	fissure et rupture trou a

*Traction centrée: épaisseur 10 mm (largeur 40 mm)      2 B*









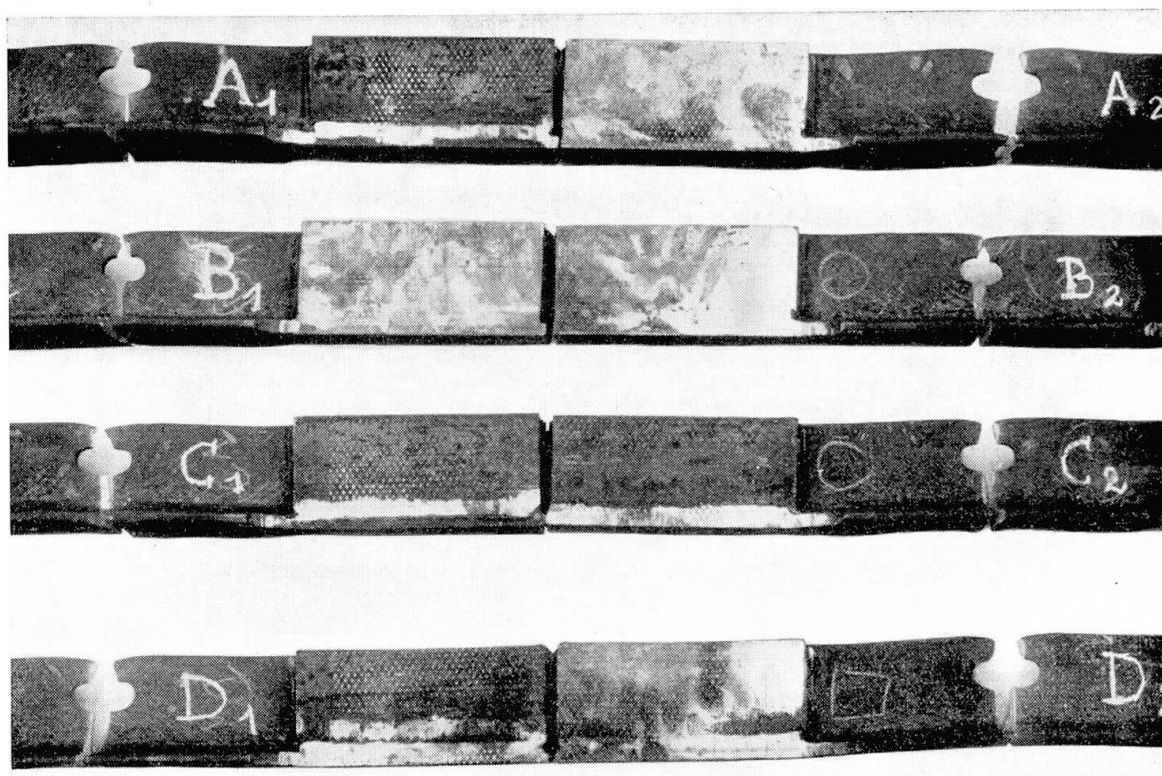


Fig. 8.

Tableau VIII

Re- père	Usinage du trou	Charges			Ouvertures après rupture		Obser- vations
		Fissura- tion	Rupture		trou	haut h bas b	
			petit côté	grand côté			
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	foré $\varnothing$ 20	41 000 43 000	43 500 46 000	44 200 46 500	34 42,5	h 4 h 15	
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 20	26 000 25 000	× 33 000	35 750 37 000	28 27,5	b 7 b 5	
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 19 et alésé $\varnothing$ 20	42 500 40 000	44 000 42 300	44 200 43 500	34 32	h 4 h 3	
D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 17 et alésé $\varnothing$ 20	43 000 43 000	45 000 45 000	45 000 46 000	39 43	h 13 h 15	

*Traction excentrée sur fer en T de 80 × 80 × 9    3 A*





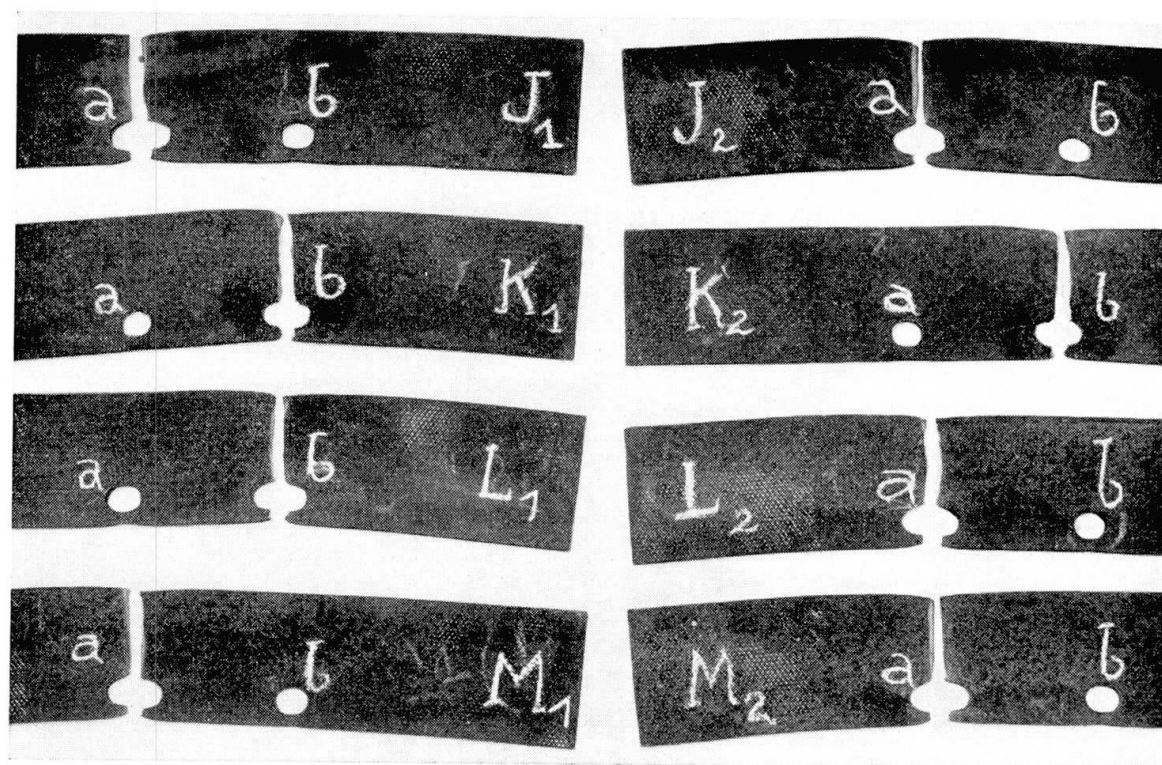


Fig. 11.

Tableau XI

Re- père	Usinage des trous		Charges de rupture		Longueur des trous ap. rupture		Observations
	a	b	petit côté	grand côté	a	b	
J <sub>1</sub> J <sub>2</sub>	foré ø 20	foré ø 20	23 000 22 000	28 000 26 000	34 34	25 25	rupture trou a
K <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	foré ø 20	poinçonné ø 20	24 000 24 000	25 200 25 000	21,5 25	26,5 29	rupture trou b
L <sub>1</sub> L <sub>2</sub>	foré ø 20	poinçonné ø 19 et alésé ø 20	23 000 23 000	29 000 27 500	24 33,5	32 23	rupture trou b rupture trou a
M <sub>1</sub> M <sub>2</sub>	foré ø 20	poinçonné ø 17 et alésé ø 20	23 500 23 000	28 000 28 000	32,5 32,5	24,5 24,5	rupture trou a
<i>Traction excentrée: épaisseur 10 mm (largeur 100 mm)      3 D</i>							



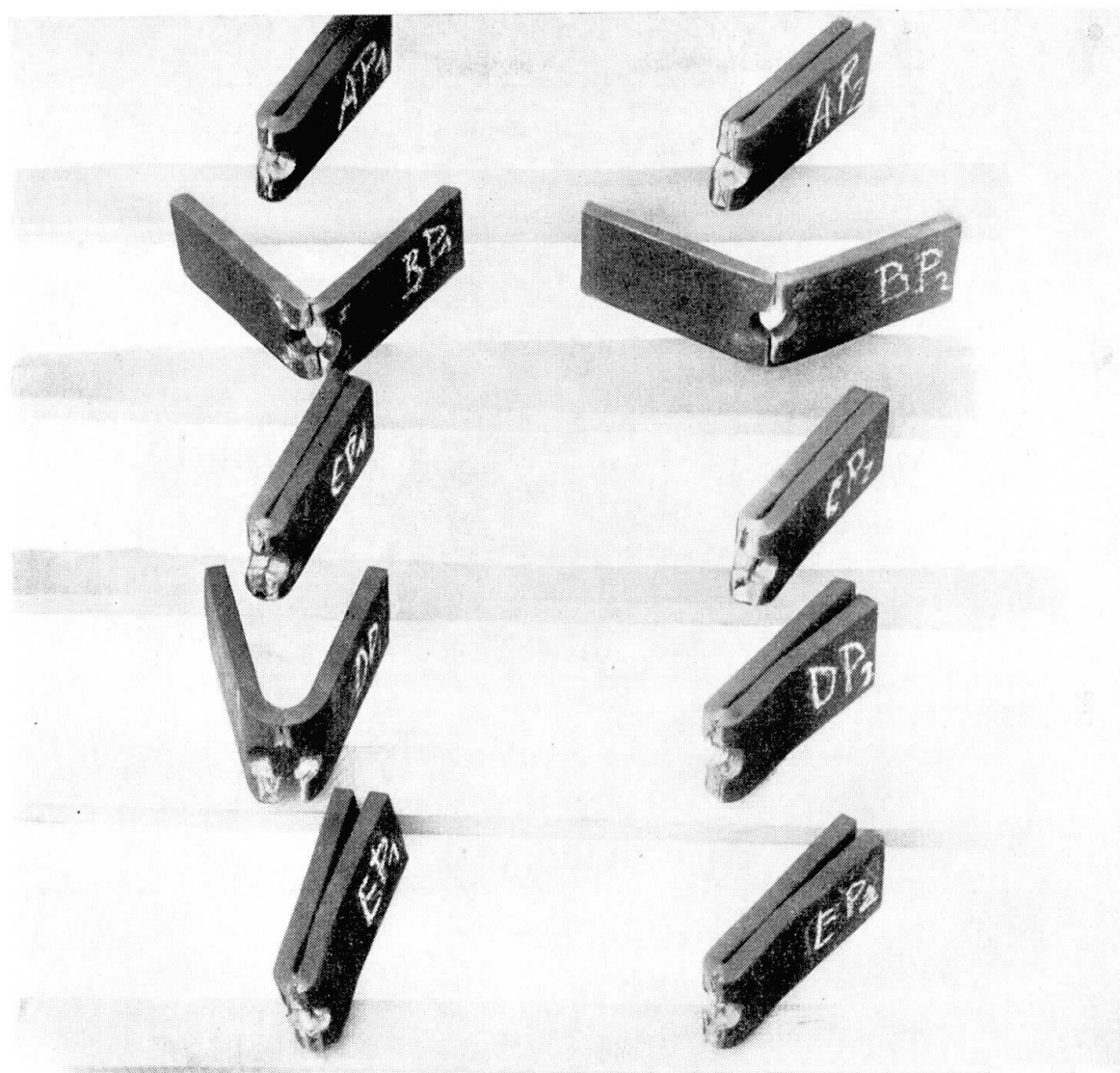


Fig. 12.

Tableau XII

Re- père	Usinage du trou	Angle de pliage		Observations
		1re crique	rupture	
AP <sub>1</sub> AP <sub>2</sub>	forés $\varnothing$ 20	167° 170°	— —	à bloc crique sur la moitié de l'épaisseur
BP <sub>1</sub> BP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 20	55° 18°	99° 66°	rupture un côté du trou rupture 2 côtés du trou
CP <sub>1</sub> CP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 19 et alésé $\varnothing$ 20	47° 30' 68°	172° <sup>1)</sup> 166° <sup>1)</sup>	<sup>1)</sup> rupture un côté du trou
DP <sub>1</sub> DP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 18 et alésé $\varnothing$ 20	78° 89°	156° <sup>1)</sup> à bloc non rompu	<sup>1)</sup> pour 1 côté; pour le 2e, 161° crique sur les $\frac{3}{4}$ de l'épaisseur
EP <sub>1</sub> EP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 17 et alésé $\varnothing$ 20	172° 163°	— —	à bloc crique sur la moitié de l'épaisseur
Eprouvettes rainurées épaisseur 12 mm 4 A				

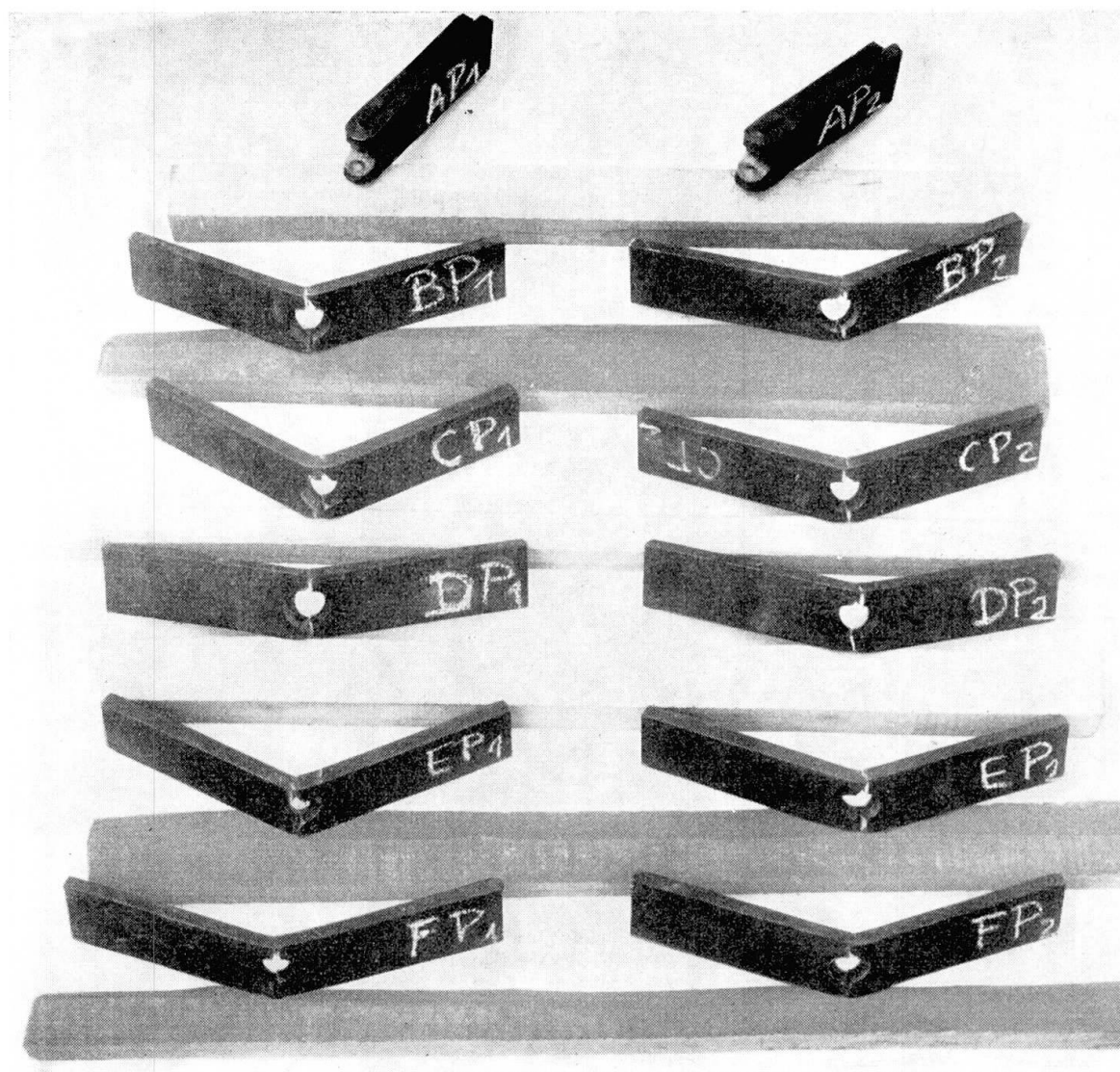


Fig. 13.

Tableau XIII

Re- père	Usinage du trou	Angle de pliage		Observations
		Ire crique	rupture	
AP <sub>1</sub> AP <sub>2</sub>	forés $\varnothing$ 20	—	—	à bloc sans crique ( $e = 0$ )
BP <sub>1</sub> BP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 20	×	50°	débouchure à l'extérieur de l'angle du pliage criques et rupt. des 2 côtés du trou
CP <sub>1</sub> CP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 19	20° 22°	51° 44°	do.
DP <sub>1</sub> DP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 18	20° 22°	41° 46°	do.
EP <sub>1</sub> EP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 17	21° 18° 30'	47° 30' 51°	do.
FP <sub>1</sub> FP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 16	25° 20°	47° 48°	do.
Epaisseur 10 mm 4 B				

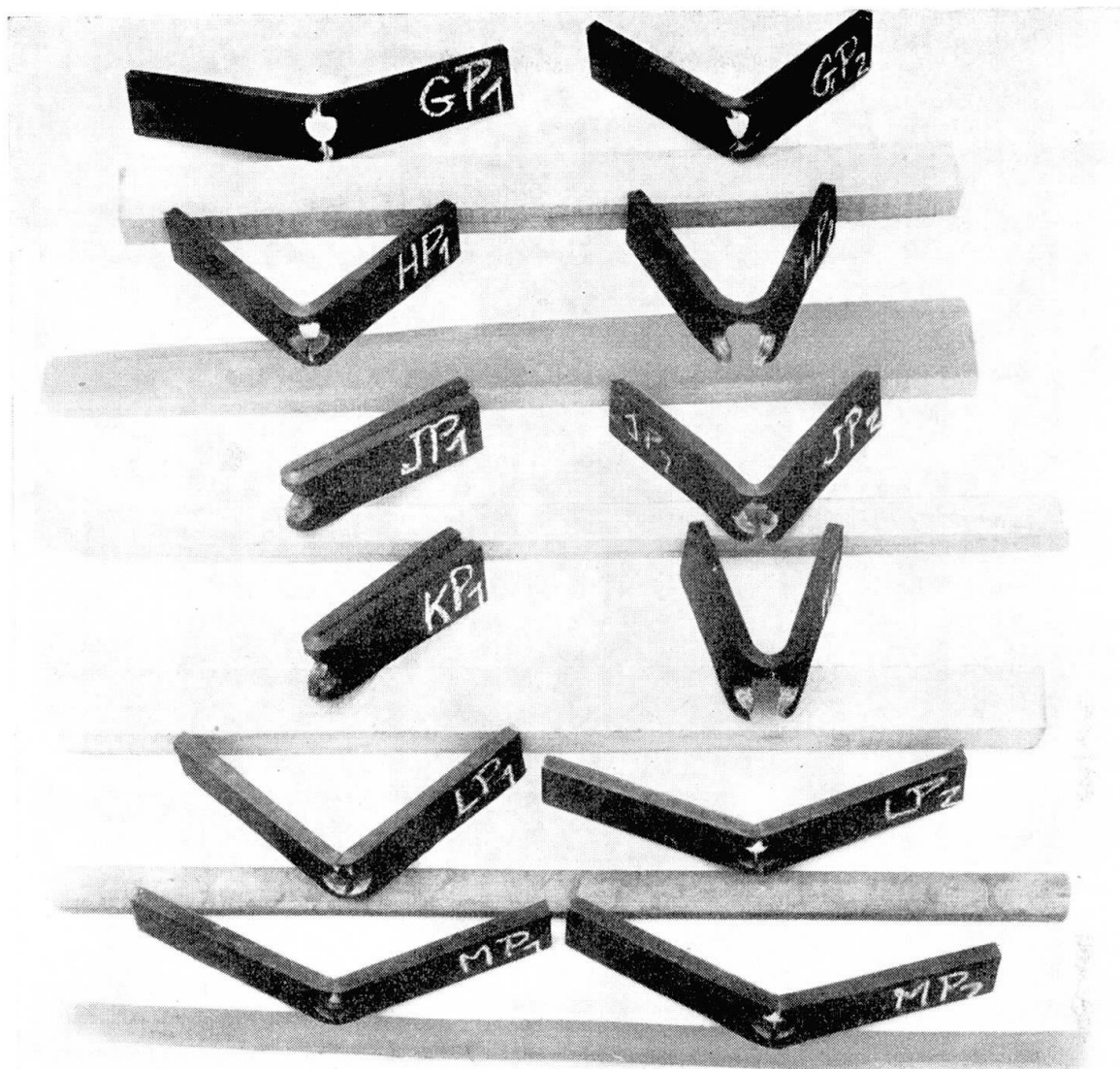


Fig. 14.

Tableau XIV

Re- père	Usinage du trou	Angle de pliage		Observations
		1re crique	rupture	
GP <sub>1</sub> GP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 20	20° 24°	48° 82°	débouchure à l'extérieur de l'angle du pliage. Criques et rupt. d. 2 côtés
HP <sub>1</sub> HP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 19 et alésé $\varnothing$ 20	77° 45°	103° 105°	
JP <sub>1</sub> JP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 18 et alésé $\varnothing$ 20	— <sup>1</sup> / <sub>2</sub> , $e = 12$	— à bloc	pliage à bloc sans crique <sup>1</sup> ) // = branches parallèles
KP <sub>1</sub> KP <sub>2</sub>	poinçonné $\varnothing$ 17 et alésé $\varnothing$ 20	//, $e = 8$ 103° <sup>1</sup> )	— 157° 30' <sup>2</sup> )	à bloc 1 côté rompu <sup>1</sup> ) crique 1er côté; crique 2e côté <sup>2</sup> ) rupture totale [143°
LP <sub>1</sub> LP <sub>2</sub>	poinçonné juste $\varnothing$ 20	25° 20°	95° 47°	crique et rupture des 2 côtés
MP <sub>1</sub> MP <sub>2</sub>	poinçonné avec jeu max. $\varnothing$ 20	17° 25°	44° 43°	crique et rupture des 2 côtés
Epaisseur 10 mm 4 C				



