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. 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. Siehe Rechtliche Hinweise.

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. Voir Informations légales.

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. See Legal notice.

Download PDF: 14.05.2025

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 Biegungsversuche 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/mm²	30,5 kg/mm²	25,1 kg/mm²
charge de rupture	41 kg/mm²	42,2 kg/mm²	36,9 kg/mm²
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 ∅ 20:

1 A Eprouvettes de 60 × 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 × 10 comportant sur les arêtes des $^1/_2$ trous en quinconce (fig. 2, tableau II).

1 C Eprouvettes de 100 × 10 comportant sur les arêtes des $^1/_2$ 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 × 10 trous forés de ∅ 20, trous poinçonnés de ∅ 20 à ∅ 16 (fig. 4, tableau IV).

2 B Eprouvette de 40 × 10 trous forés de ∅ 20, trous poinçonnés de ∅ 20 à ∅ 16 et alésés à ∅ 20 (fig. 5, tableau V).

2 C Eprouvette de 60 × 10 trous forés de ∅ 20, trous poinçonnés de ∅ 20 à ∅ 16 alésés ou non (fig. 6, tableau VI).

2 D Eprouvette de 80 × 10 trous forés de ∅ 20, trous poinçonnés de ∅ 20 à ∅ 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 × 80 × 9 comportant dans une aile un trou de ∅ 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 × 10 comportant 2 trous de ∅ 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 × 10 comportant 2 trous de ∅ 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 × 10 comportant 2 trous de ∅ 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 ∅ 20 dans les conditions suivantes:

mandrin $r = 10$ mm rouleaux ∅ 30 mm entre axe des rouleaux = 75 mm

4e série:

4 A Eprouvettes de 60×12 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 40×10 avec trou central foré de ∅ 20 ou poinçonné de ∅ 20 à 16 (fig. 13, tableau XIII).

4 C Eprouvettes de 40×10 avec trou central foré de ∅ 20 ou poinçonné de ∅ 20 à 16 et trou poinçonné juste ∅ 20 avec jeu ∅ 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 40×10 avec trou central de ∅ 20 foré ou poinçonné de ∅ 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[1]).

[1]) Seules les éprouvettes poinçonnées sans aucun alésage manifestent une résistance à la fatigue (contraintes et flexion: 2—33 kg/mm²) 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 Biegungsversuchen, 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 ($^1/_8$ inch) are not inferior to the drilled holes.

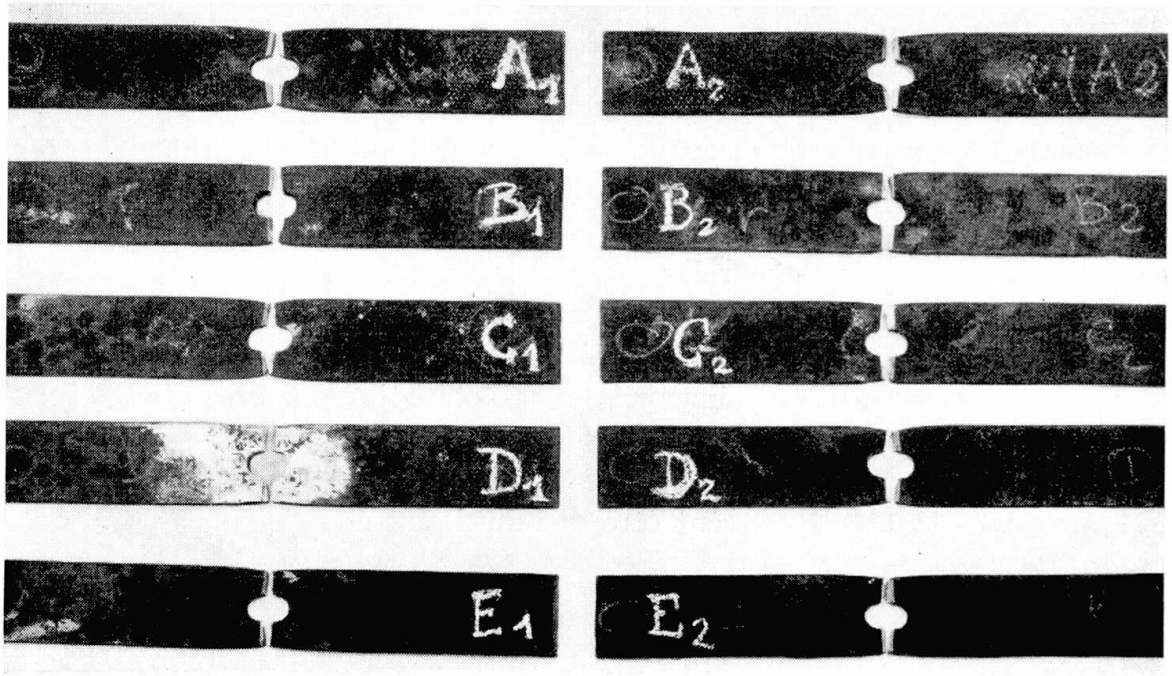

Fig. 1.

Tableau I

Repère	Usinage du trou	Charge de rupture	Longueur du trou après rupture	Observations
A_1 A_2	foré ⌀ 20	17 150 18 920	31,5 31	
B_1 B_2	poinçonné ⌀ 20	15 000 15 500	24,5 25,5	fissure dans trou à 14 T 5 fissure dans trou à 15 T
C_1 C_2	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	19 200 17 800	30 28	
D_1 D_2	poinçonné ⌀ 18 et alésé ⌀ 20	17 800 18 400	28 31,5	
E_1 E_2	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 20	18 300 18 200	29 28,5	

Eprouvettes rainurées: épaisseur 12 mm (largeur 60 mm) 1 A

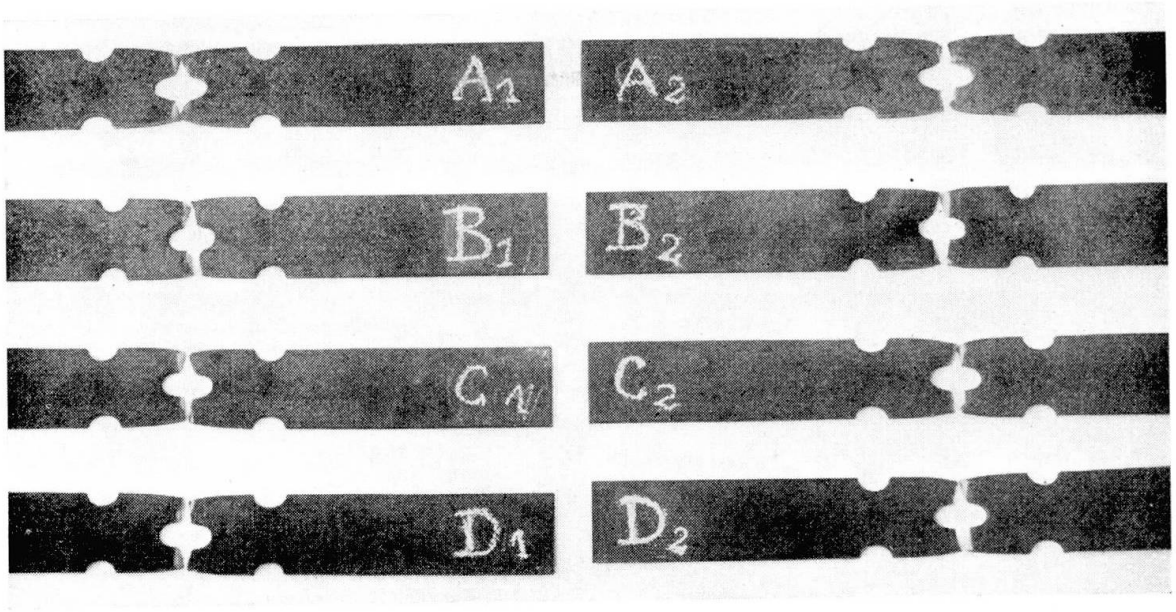

Fig. 2.

Tableau II

Repère	Usinage des trous	Charge de rupture	Longueur des trous après rupture					Observations
			c^{al}	a	b	c	d	a c^{al} b c d
A_1 A_2	forés ⌀ 20	15 750 16 100	34,5 34,5	25 25	25 25	25 25	25 25	rupture trou cal.
B_1 B_2	poinçonnés ⌀ 20	14 200 14 900	28 28,5	22 22	22 22	22 22	22 22	do.
C_1 C_2	poinçonnés ⌀ 19 et alésés ⌀ 20	17 000 16 300	31,5 32	23 25	25 23	23 25	25 23	do.
D_1 D_2	poinçonnés ⌀ 19 et alésés ⌀ 20	17 000 17 000	36,5 36,5	24 24	23,5 23,5	25 24	25 25	do.

Trous en quinconces: épaisseur 10 mm (largeur 60 mm) 1 B

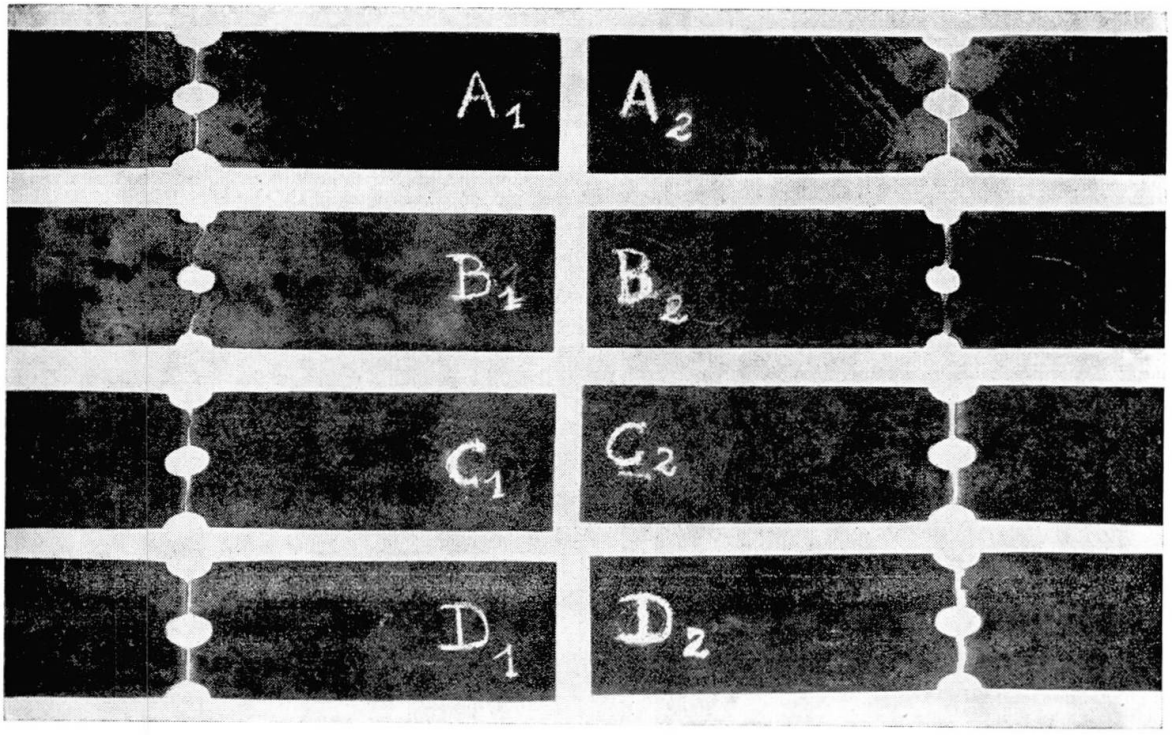

Fig. 3.

Tableau III

Repère	Usinage des trous	Charge de rupture	Longueur des trous après rupture	Observations
A_1 A_2	forés ⌀ 20	25 000 26 000	31 32	striction
B_1 B_2	poinçonné ⌀ 20	23 500 22 500	24 24	fissure dans le trou central
C_1 C_2	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	27 850 28 000	31 31	fissure partie du trou central
D_1 D_2	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 20	25 000 29 000	29, 30, 31 29	légère excentricité striction
3 trous axés: épaisseur 10 mm (largeur 100 mm) 1 C				

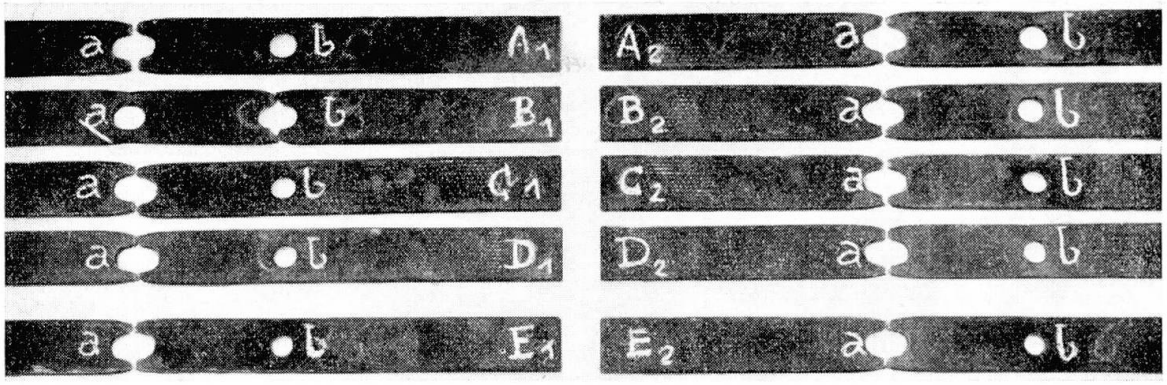

Fig. 4.

Tableau IV

Repère	Usinage des trous		Charges (kg)		Longueur des trous ap. rupture		Observations
	a	b	limite élast.	rupture	a	b	
A_1 A_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 20	6 200 7 500	8 500 8 400	*28,5* *29*	21 22	fissure trou b rupture trou a
B_1 B_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 19	6 800 6 200	8 000 8 400	29,5 29	23 20	do.
C_1 C_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 18	6 400 6 300	8 400 8 400	29 29	18,5 18,5	do.
D_1 D_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 17	7 800 ? ×	8 500 8 600	28,5 29	18 18,5	do.
E_1 E_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 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

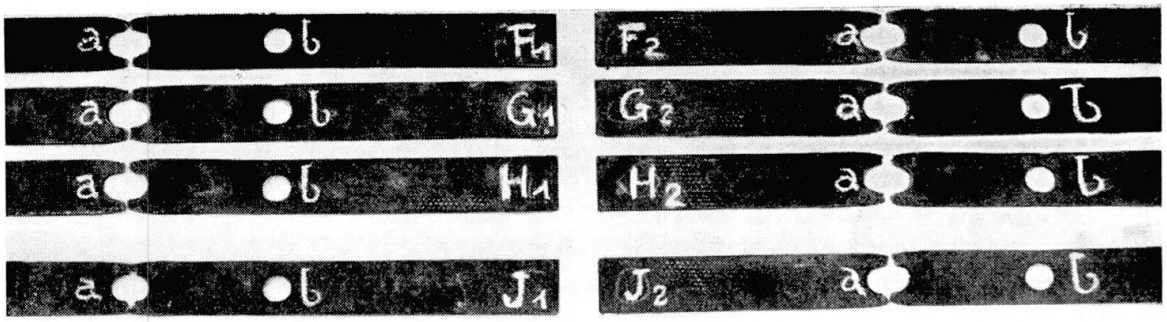

Fig. 5.

Tableau V

Repère	Usinage des trous		Charges (kg)		Longueur des trous ap. rupture		Observations
	a	b	limite élast.	rupture	a	b	
F_1 F_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	6 000 6 800	7 800 8 700	*29* *28,5*	22 22	rupture trou a
G_1 G_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 18 et alésé ⌀ 20	7 000 7 200	8 600 8 500	*28,5* *28,5*	21,5 21,5	rupture trou a
H_1 H_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 20	6 600 6 800	8 700 8 400	*29* *29*	22 22	rupture trou a
J_1 J_2	poinçonné juste ⌀ 20	poinçonné avec jeu max. ⌀ 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							

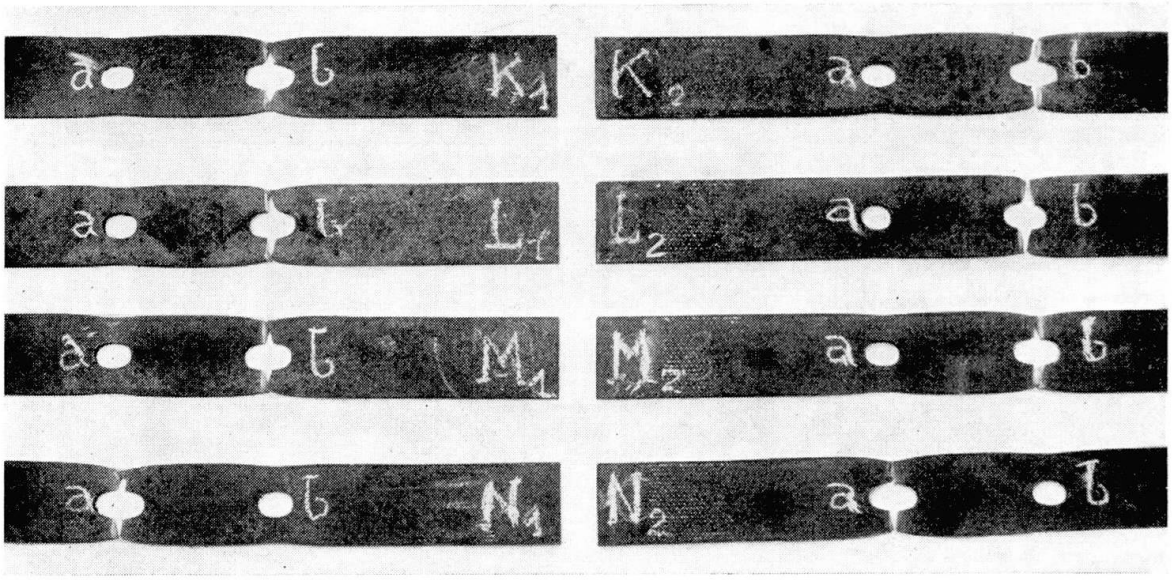

Fig. 6.

Tableau VI

Repère	Usinage des trous		Charges (kg)		Longueur des trous ap. rupture		Observations
	a	b	limite élast.	rupture	a	b	
K_1 K_2	foré ⌀ 20	foré ⌀ 20	11 800 12 700	16 000 17 200	25,5 27	*32,5* *32,5*	rupture trou b double striction
L_1 L_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 20	11 900 12 300	16 400 15 000	25 22	30 26,5	fissures et rupture trou b
M_1 M_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	12 200 12 400	17 500 17 600	26,5 26	*30* *30*	rupture trou b double striction
N_1 N_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 20	12 800 12 600	17 200 17 700	*32,5* *32,5*	26 26	rupture trou a double striction

Traction centrée: épaisseur 10 mm (largeur 60 mm) 2 C

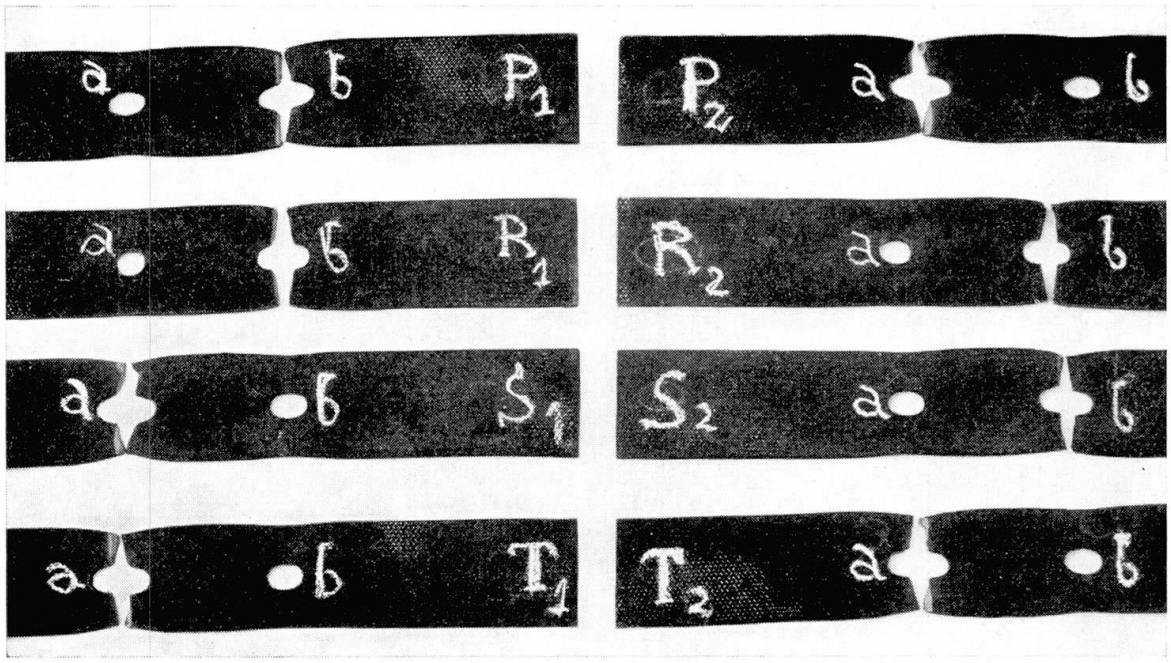

Fig. 7.

Tableau VII

Repère	Usinage des trous		Charges (kg)		Longueur des trous ap. rupture		Observations
	a	b	limite élast.	rupture	a	b	
P_1 P_2	foré ⌀ 20	foré ⌀ 20	20 000 18 000	26 000 23 000	28 *36,5*	*34,5* 28	double striction
R_1 R_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 20	15 500 15 200	19 200 19 000	23,5 23,5	*30,5* *30,5*	fissure trou b
S_1 S_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	18 000 18 000	24 400 24 500	*35,5* 27	27,5 *34*	double striction
T_1 T_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 20	18 000 18 000	24 500 24 600	*34* *34*	27,5 27,5	double striction
Traction centrée: épaisseur 10 mm (largeur 80 mm) 2 D							

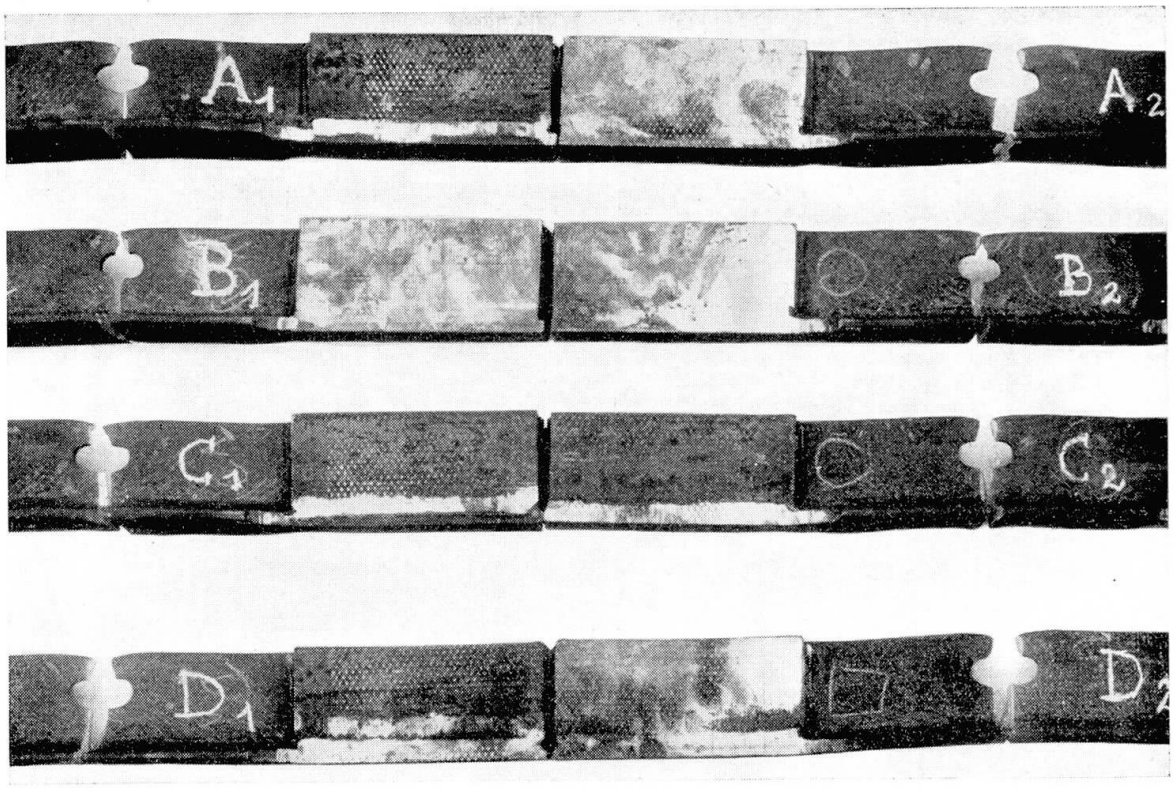

Fig. 8.

Tableau VIII

Repère	Usinage du trou	Charges			Ouvertures après rupture		Observations
		Fissuration	Rupture				
			petit côté	grand côté	trou	haut h bas b	
A_1 A_2	foré ⌀ 20	41 000 43 000	43 500 46 000	44 200 46 500	34 42,5	h 4 h 15	
B_1 B_2	poinçonné ⌀ 20	26 000 25 000	× 33 000	35 750 37 000	28 27,5	b 7 b 5	
C_1 C_2	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	42 500 40 000	44 000 42 300	44 200 43 500	34 32	h 4 h 3	
D_1 D_2	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 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

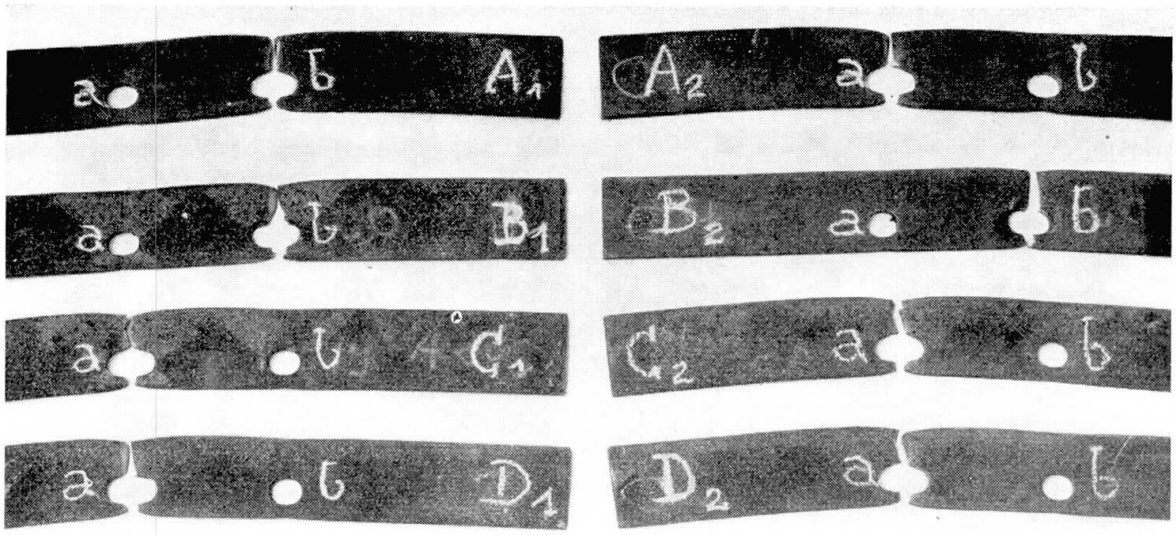

Fig. 9.

Tableau IX

Repére	Usinage des trous		Charges de rupture		Longueur des trous ap. rupture		Observations
	a	b	petit côté	grand côté	a	b	
A_1 A_2	foré ⌀ 20	foré ⌀ 20	13 000 12 200	16 300 15 300	25 *32*	*32* 24,5	rupture trou b rupture trou a
B_1 B_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 20	13 200 13 000	14 300 14 200	23,5 21,5	*28* *26*	fissures trou b
C_1 C_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	12 000 11 900	14 000 14 700	*31,5* *31,5*	23,5 23	rupture trou a
D_1 D_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 20	12 000 12 300	18 000 15 800	*31,5* *32*	23 23,5	rupture trou a
Traction excentrée: épaisseur 10 mm (largeur 60 mm) 3 B							

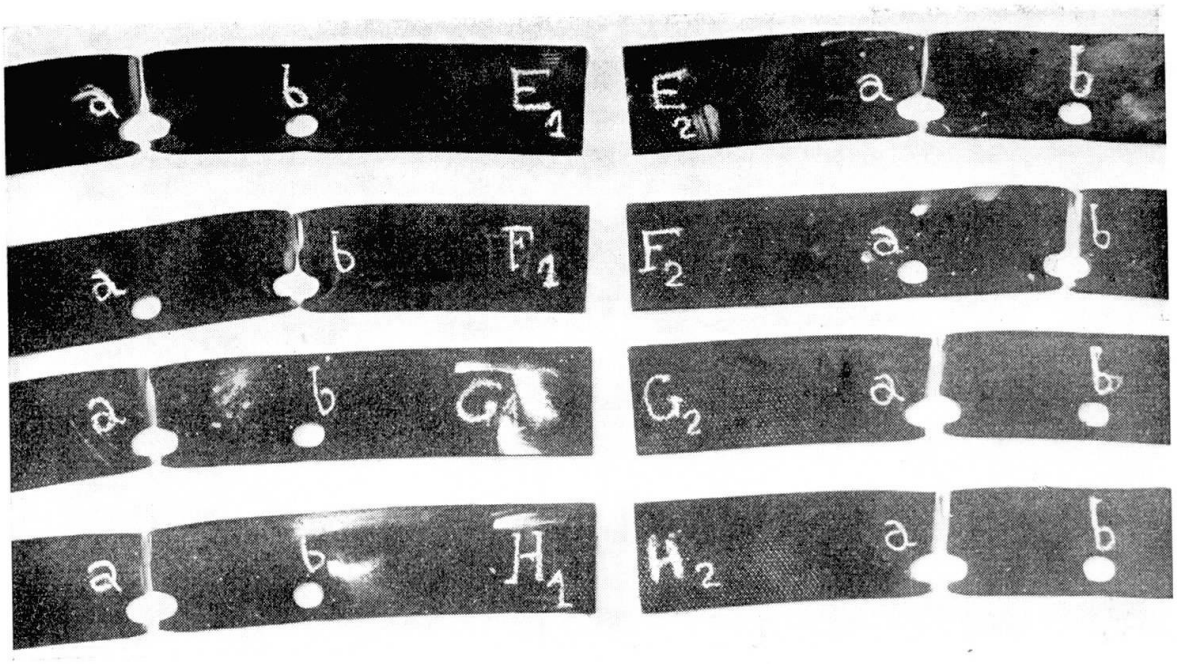

Fig. 10.

Tableau X

Repère	Usinage des trous		Charges de rupture		Longueur des trous ap. rupture		Observations
	a	b	petit côté	grand côté	a	b	
E_1 E_2	foré ⌀ 20	foré ⌀ 20	17 000 18 000	21 000 22 500	*31,5* *31,5*	24 24	rupture trou a
F_1 F_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 20	17 500 17 000	20 000 20 200	22 22	*27* *26,5*	rupture trou b
G_1 G_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	18 000 18 000	22 000 22 600	*32* *32*	23,5 23,5	rupture trou a
H_1 H_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 20	17 000 17 500	21 000 22 000	*32,5* *32,5*	23,5 23,5	rupture trou a
Traction excentrée: épaisseur 10 mm (largeur 80 mm) 3 C							

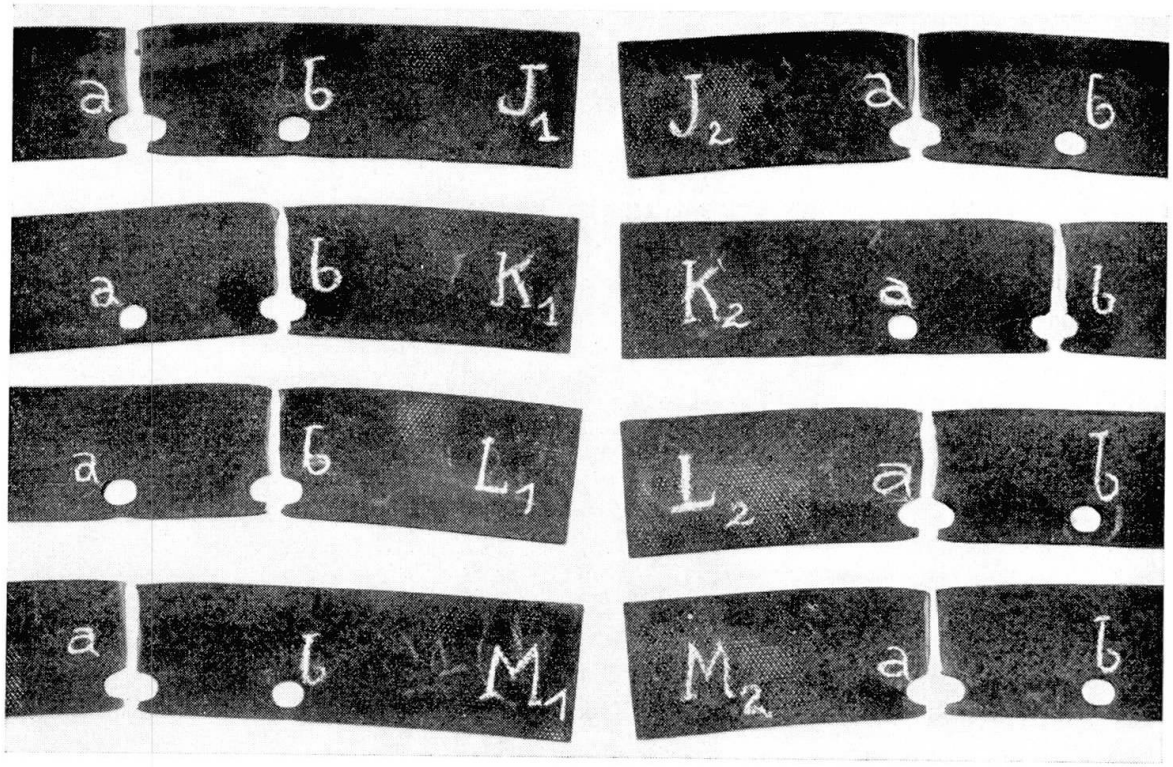

Fig. 11.

Tableau XI

Repère	Usinage des trous		Charges de rupture		Longueur des trous ap. rupture		Observations
	a	b	petit côté	grand côté	a	b	
J_1 J_2	foré ⌀ 20	foré ⌀ 20	23 000 22 000	28 000 26 000	*34* *34*	25 25	rupture trou a
K_1 K_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 20	24 000 24 000	25 200 25 000	21,5 25	*26,5* *29*	rupture trou b
L_1 L_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	23 000 23 000	29 000 27 500	24 *33,5*	*32* 23	rupture trou b rupture trou a
M_1 M_2	foré ⌀ 20	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 20	23 500 23 000	28 000 28 000	*32,5* *32,5*	24,5 24,5	rupture trou a

Traction excentrée: épaisseur 10 mm (largeur 100 mm) 3 D

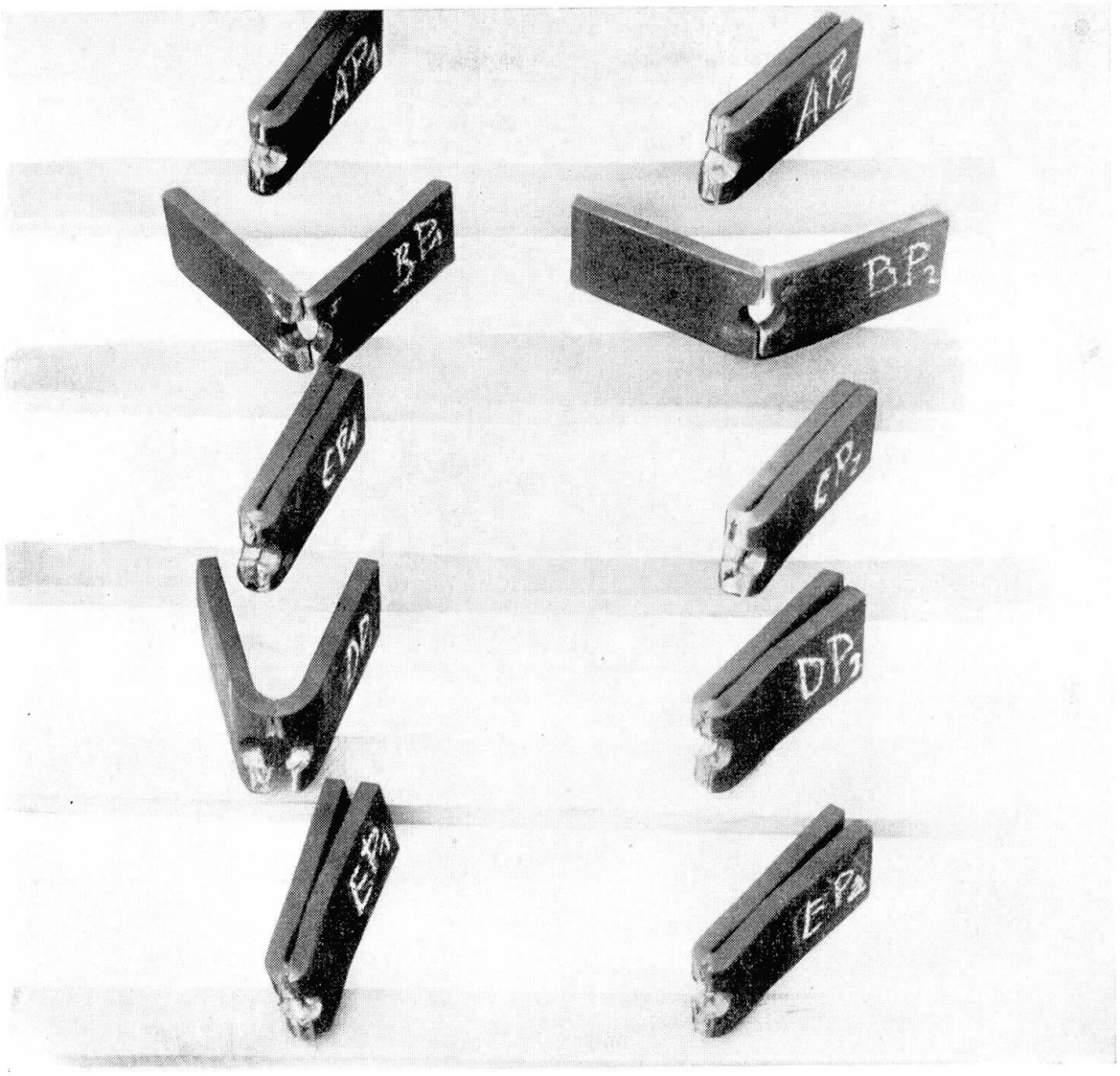

Fig. 12.

Tableau XII

Repère	Usinage du trou	Angle de pliage		Observations
		1re crique	rupture	
AP_1 AP_2	forés ⌀ 20	167° 170°	— —	à bloc crique sur la moitié de l'épaisseur
BP_1 BP_2	poinçonné ⌀ 20	55° 18°	99° 66°	rupture un côté du trou rupture 2 côtés du trou
CP_1 CP_2	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	47° 30′ 68°	172° [1]) 166° [1])	[1]) rupture un côté du trou
DP_1 DP_2	poinçonné ⌀ 18 et alésé ⌀ 20	78° 89°	156° [1]) à bloc non rompu	[1]) pour 1 côté; pour le 2e, 161° crique sur les ¾ de l'épaisseur
EP_1 EP_2	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 20	172° 163°	— —	à bloc crique sur la moitié de l'épaisseur
Eprouvettes rainurées épaisseur 12 mm 4 A				

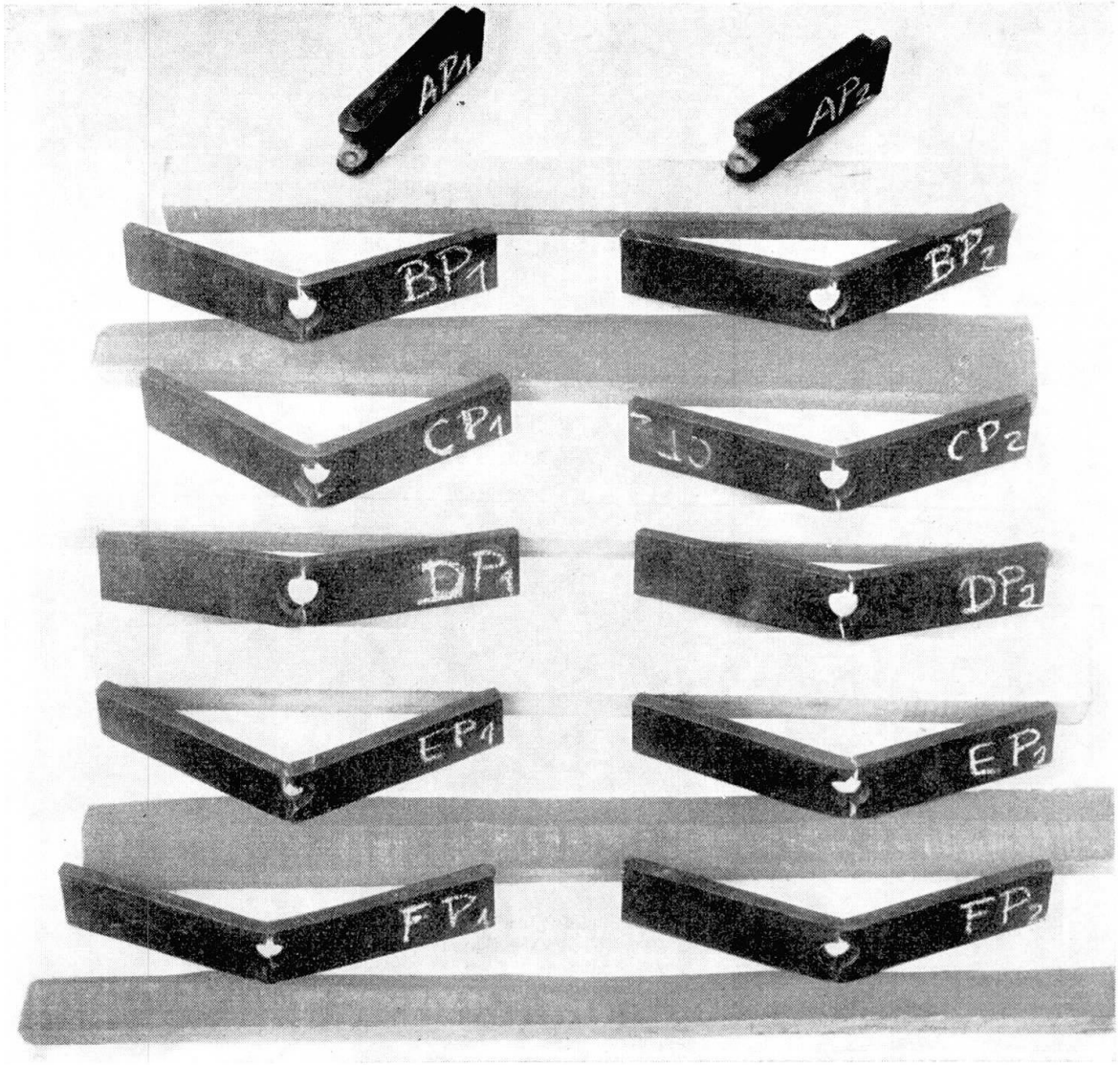

Fig. 13.

Tableau XIII

Repère	Usinage du trou	Angle de pliage		Observations
		1re crique	rupture	
AP_1 AP_2	forés ⌀ 20	— —	— —	à bloc sans crique ($e = 0$)
BP_1 BP_2	poinçonné ⌀ 20	× 31°	50° 47°	débouchure à l'extérieur de l'angle du pliage criques et rupt. des 2 côtés du trou
CP_1 CP_2	poinçonné ⌀ 19	20° 22°	51° 44°	do.
DP_1 DP_2	poinçonné ⌀ 18	20° 22°	41° 46°	do.
EP_1 EP_2	poinçonné ⌀ 17	21° 18° 30′	47° 30′ 51°	do.
FP_1 FP_2	poinçonné ⌀ 16	25° 20°	47° 48°	do.
Epaisseur 10 mm 4 B				

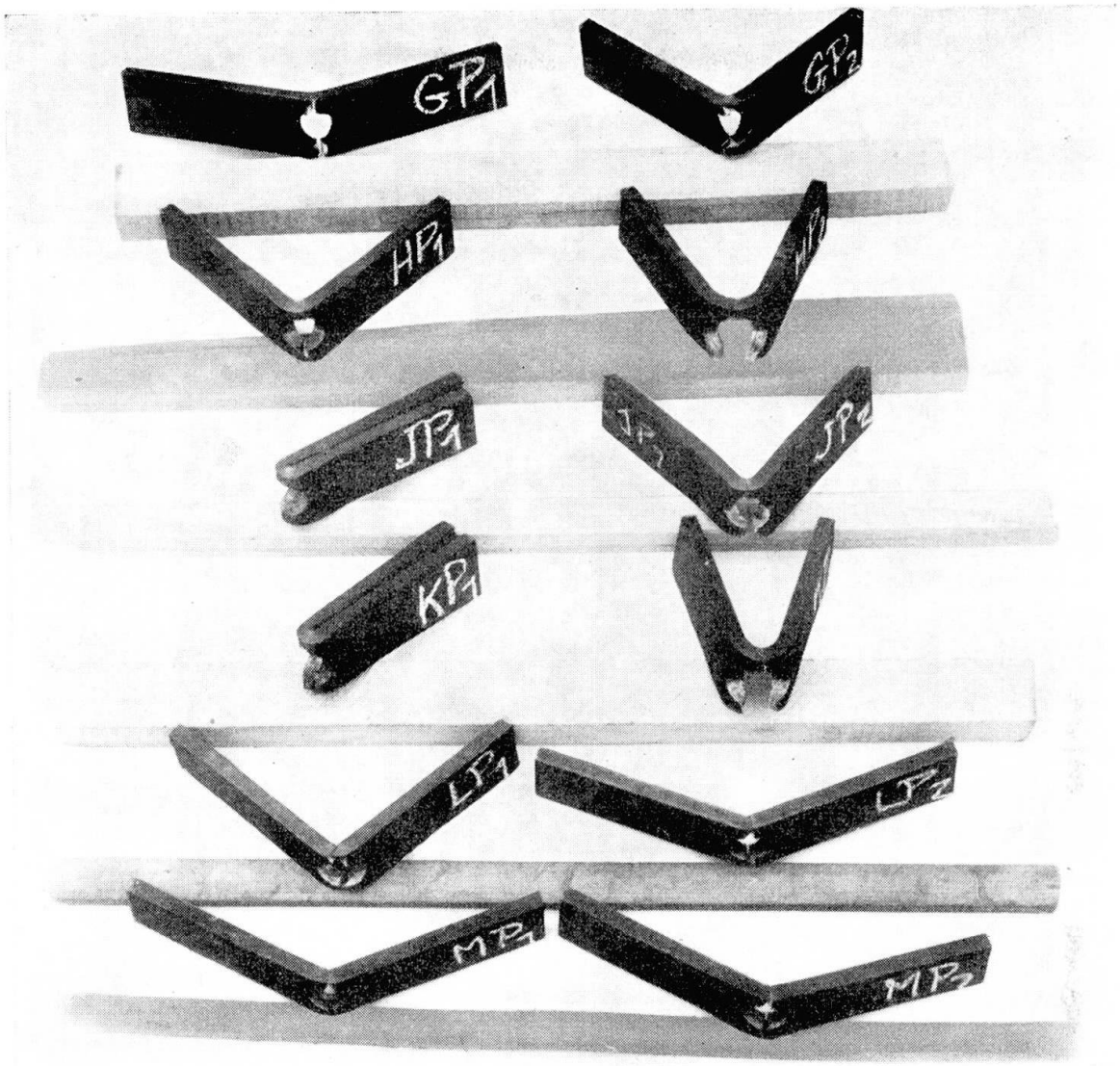

Fig. 14.

Tableau XIV

Repère	Usinage du trou	Angle de pliage		Observations
		1re crique	rupture	
GP_1 GP_2	poinçonné ⌀ 20	20° 24°	48° 82°	débouchure à l'éxterieur de l'angle du pliage. Criques et rupt. d. 2 côtés
HP_1 HP_2	poinçonné ⌀ 19 et alésé ⌀ 20	77° 45°	103° 105°	
JP_1 JP_2	poinçonné ⌀ 18 et alésé ⌀ 20	— 1/, $e = 12$	— à bloc	pliage à bloc sans crique 1) // = branches parallèles
KP_1 KP_2	poinçonné ⌀ 17 et alésé ⌀ 20	//, $e = 8$ 103° 1)	— 157° 30′ 2)	à bloc 1 côté rompu 1) crique 1er côté; crique 2e côté 2) rupture totale [143°
LP_1 LP_2	poinçonné juste ⌀ 20	25° 20°	95° 47°	crique et rupture des 2 côtés
MP_1 MP_2	poinçonné avec jeu max. ⌀ 20	17° 25°	44° 43°	crique et rupture des 2 côtés
Epaisseur 10 mm 4 C				

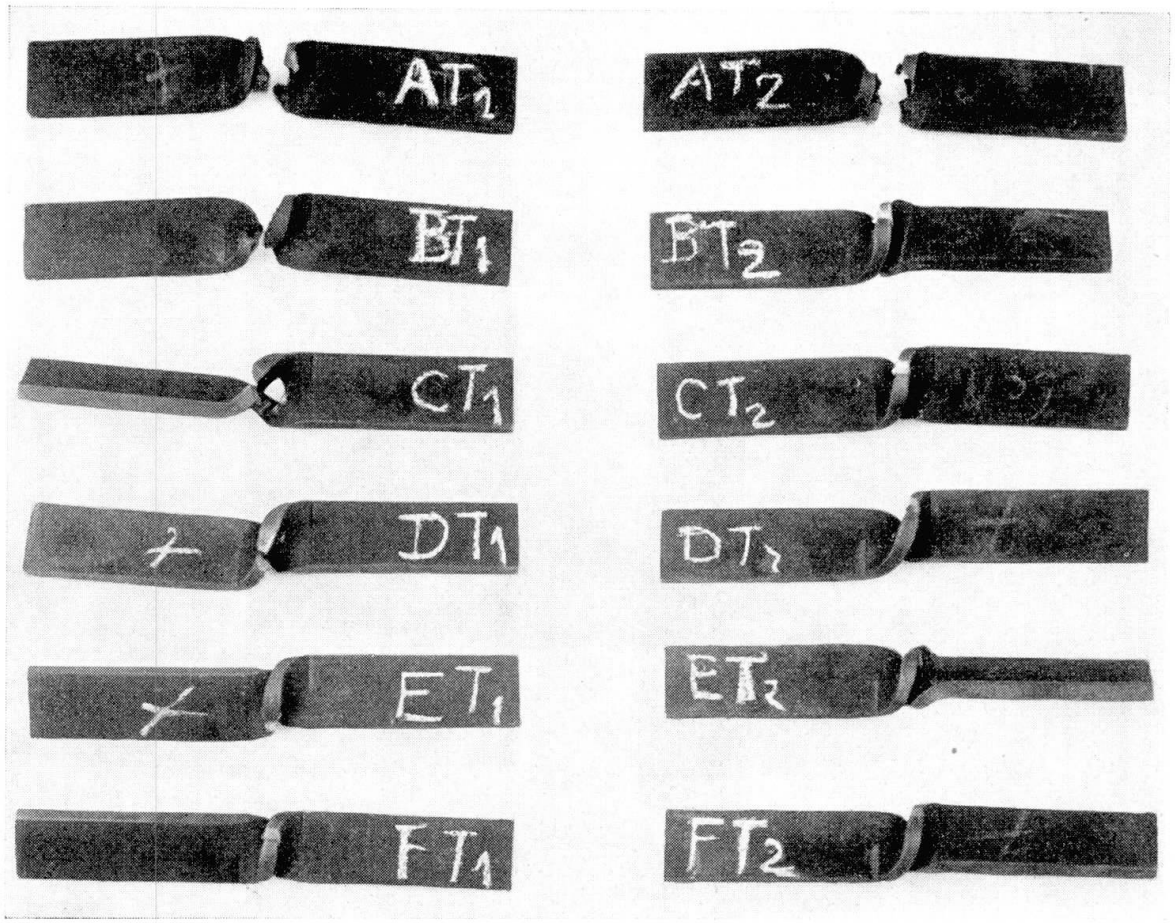

Fig. 15.

Tableau XV

Repère	Usinage du trou	Largeur de torsion	Rupt. à la torsion		Rupture sur 1 ou 2 côtés	Observations
			Moment (mk)	Angle		
AT_1	foré ∅ 20	40	94	190°	2	essayés le 9/9/54
AT_2			85	210°	2	
BT_1	poinçonné ∅ 20	40	89	190°	2	
BT_2			88	185°	1	
CT_1	poinçonné ∅ 19	39	90	165°	1	
CT_2			80	165°	1	
DT_1	poinçonné ∅ 18	38	80,5	150°	1	
DT_2			80	135°	1	
ET_1	poinçonné ∅ 17	37	80	186°	1	
ET_2			84	216°	1	
FT_1	poinçonné ∅ 16	36	76	192°	1	
FT_2			78,5	175°	1	
Epaisseur 10 mm 5 B						