

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Sauvage, Louis Auguste Édouard (1850-1937)
Titre	Sur la comparaison des résultats fournis par différentes éprouvettes prélevées sur une même pièce métallique
Adresse	[Lieu de publication inconnu] : [éditeur inconnu] ([Paris] : Imprimerie nationale, 1894)
Collation	1 vol. (30 p.) : tabl. ; 28 cm
Nombre d'images	30
Cote	CNAM-BIB 4 De 72 (2)
Sujet(s)	Métaux -- Essais Métaux -- Échantillonnage
Thématique(s)	Matériaux
Typologie	Ouvrage
Note	Tiré à part de "Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction. Première session. Tome II, Section A, Métaux, Rapports particuliers (première série)", p. [277]-306.
Langue	Français
Date de mise en ligne	20/05/2021
Date de génération du PDF	20/05/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?4DE72.2

H^o De 72.

2
SUR

H^o De 72⁽²⁾

LA COMPARAISON DES RÉSULTATS
FOURNIS PAR DIFFÉRENTES ÉPROUVETTES
PRÉLEVÉES SUR UNE MÊME PIÈCE MÉTALLIQUE.

RAPPORT

PRÉSENTÉ PAR M. ÉD. SAUVAGE.



DIFFÉRENCES DE TEXTURE DANS LES MÉTAUX TRAVAILLÉS.

Si l'on découpe côte à côte dans une pièce de métal deux éprouvettes identiques, ces éprouvettes, soumises aux mêmes essais par traction, n'indiquent pas exactement les mêmes valeurs pour la limite d'élasticité, la charge de rupture, l'allongement et la striction. Ces divergences s'expliquent aisément : le métal n'est jamais parfaitement homogène et les diverses parties de la pièce n'ont pas été travaillées de même. Les portions épaisses des pièces coulées se refroidissent moins vite que les minces, et de ce refroidissement inégal naissent des textures différentes. Le laminage d'une barre produit des efforts différents sur les diverses parties de la section ; la barre peut en outre varier d'une extrémité à l'autre quand elle provient d'un lingot d'acier, dont le haut n'est pas identique au bas. Les paquets de fer laminé donnent des différences encore plus grandes. Toutes les portions d'un métal forgé ne sont pas travaillées également ; même pour produire les formes les plus simples, celles d'une barre ronde, par exemple, le marteau n'agit pas sur le centre comme sur la surface.

INFLUENCE DES DÉFAUTS.

La portion du métal qui forme l'éprouvette recèle quelquefois un défaut, tel qu'une soufflure, une paille : les résultats de l'essai sont alors faussés, et ils ne représentent plus la résistance réelle du métal. Si la soufflure, si la paille est étendue, l'effet en est considérable et ne peut échapper à la vue ; mais certaines soufflures sont fort petites et à peine visibles : faut-il les considérer comme des défauts accidentels qui font écarter les chiffres donnés par l'essai ? Non, car il serait parfois impossible de trouver une seule éprouvette qui en fût complètement exempte ; on doit admettre que le métal présente normalement, dans toutes ses parties, certains défauts de peu d'importance ; mais, comme ces petits défauts ne sont jamais répartis dans la masse d'une manière uniforme, ils contribuent à faire varier les résultats de l'épreuve des diverses éprouvettes.

EFFET DE L'ÉTIRAGE.

Les différences sont considérables entre deux éprouvettes découpées dans une même tôle, l'une suivant la direction du laminage, l'autre transversalement; la résistance et surtout l'allongement proportionnel de la première éprouvette sont plus considérables; le laminage améliore beaucoup le métal suivant le sens de l'étirage. Cette différence entre les qualités de la tôle en long et en travers est bien connue et la plupart des cahiers de charges la mentionnent. Des différences aussi grandes peuvent exister dans les pièces forgées entre le sens de l'étirage à la forge et la direction perpendiculaire; mais elles sont plus rarement constatées. Les soufflures aplaties dont les parois ne sont pas soudées, qui se rencontrent dans l'acier, n'affaiblissent guère le métal tiré dans le sens de l'étirage, mais elles réduisent la section résistante de l'éprouvette transversale.

CARACTÈRE PEU PRÉCIS DES GRANDEURS MESURÉES.

Les divergences entre les chiffres d'essais tiennent aussi à la nature même des grandeurs mesurées, grandeurs qui ne sont pas des qualités physiques exactement définies. La charge de rupture par millimètre carré est l'effort le plus grand supporté par l'éprouvette, divisé par la section avant l'essai, exprimée en millimètres carrés; comme les allongements qui précèdent cet effort maximum ne réduisent pas beaucoup la section, la charge de rupture ainsi définie est assez constante pour un métal donné, s'il est bien homogène.

On ne peut en dire autant de l'allongement proportionnel, quand on envisage les métaux sujets à la striction; cet allongement se compose de deux extensions, l'une à peu près uniforme sur toute la longueur de l'éprouvette, et l'autre, beaucoup plus forte, localisée dans la partie où s'est produite la striction. Cette striction est la conséquence d'un allongement considérable du métal; elle se produit en un seul point de l'éprouvette, quand la section diminue plus vite que ne croît sa résistance par millimètre carré de section réelle; au moment où la striction commence sous l'action d'une charge croissante, le métal est dans un état d'équilibre instable: dès qu'un de ses points s'allonge un peu plus que le reste, la déformation y continue et la striction se produit. Ce n'est pas que le reste de l'éprouvette ne puisse s'allonger autant que la partie soumise à la striction; en pliant à bloc une barre un peu épaisse, on soumet toute la fibre extérieure à des extensions comparables à celle causée par la striction; on peut aisément le vérifier en traçant au préalable une division sur la barre.

La striction peut même se produire en deux points d'une éprouvette, qui donnera ainsi un chiffre remarquablement élevé d'allongement proportionnel.

ÉTUDE DES ÉCARTS PAR COMPARAISON DES CHIFFRES D'ESSAIS.

Les différences entre les résistances et les allongements de diverses éprouvettes sont inévitables; les écarts entre les chiffres seront plus ou moins grands suivant la nature du métal et le travail qu'il a subi. Quels sont les écarts acceptables dans chaque cas, pour chaque nature de pièce? La comparaison de nombreux chiffres d'essais permet seule de répondre, et c'est ce que nous avons cherché à faire.

Nous ne soumettons pas à cette comparaison les chiffres divergents donnés par des éprouvettes différant par la longueur et le diamètre; nous admettons qu'elles sont toutes exactement pareilles, que les essais sont exécutés de même, à l'aide des mêmes machines et à peu près à la même température.

Je ferai d'importants emprunts à la note publiée par M. Oursel dans la *Revue générale des chemins de fer* en mai 1892; cette note compare les essais de bandages, de tôles d'acier, de fers profilés, d'essieux en fer et en acier, de plaques et de barres en cuivre. J'ai en partie reproduit les tableaux de M. Oursel. Dans ces tableaux, les écarts sont exprimés en centièmes des résultats moyens constatés et sont tantôt en plus, tantôt en moins. La *striction* y est le rapport de la section rompue (S') à la section initiale (S).

Rails. — M. Lebasteur m'a communiqué les résultats moyens d'un très grand nombre d'essais faits sur des rails provenant de six usines différentes. Pour la tête, la charge de rup-

ture est de 66 kg. 2 avec allongement de 14,5 p. 100; pour l'âme, la moyenne est de 69 kg. 5 avec 13,8 p. 100, et pour le patin, 68 kg. 6 avec 13,4 p. 100. Ces différences sont moindres que celles relevées d'un rail à l'autre. Dans *Les Métaux à l'Exposition universelle de 1878* (p. 222), M. Lebasteur cite un tableau d'essais d'une série de rails où les résistances varient de 72 à 94 kilogrammes et les allongements de 15 à 8 p. 100.

Je dois à M. Pourcel des chiffres d'essai d'un rail à patin de la Compagnie du Nord; l'éprouvette prise dans l'âme avait une limite élastique de 40 kg. 5, une charge de rupture de 54 kg. 5, avec allongement de 7,35 p. 100 sur 200 mm.; sur l'éprouvette prise dans le champignon ces chiffres étaient 37,25 — 51 — 5,8 p. 100.

Notre collègue M. Hallopeau m'a communiqué une série d'essais exécutés sur deux rails de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, obtenus par le procédé Bessemer, l'un en acier dur, l'autre en acier doux. L'annexe n° 1 résume ces essais.

M. Hallopeau m'a également communiqué quelques chiffres d'essais de barres rondes en acier doux Bessemer pour tirefonds; les résistances de 18 éprouvettes sont comprises entre 39 kg. 5 et 44 kg. 2 et les allongements varient de 28 à 37 p. 100.

Bandages d'acier. — Pour les bandages, nous donnons (annexe n° 2) d'intéressants tableaux communiqués par M. Polonceau. Ces tableaux contiennent les résultats d'essais de 251 bandages, provenant de coulées différentes dans six usines. Dans chaque bandage essayé, on a découpé trois éprouvettes côte à côte, dans le sens du laminage: l'une au milieu de la section, les deux autres voisines des faces planes extérieure et intérieure; cette dernière éprouvette est désignée par le mot « boudin » sur les tableaux, mais on doit remarquer qu'elle n'est pas découpée dans la partie même qui forme ce boudin. Tous ces essais ont été exécutés pendant les années 1888 à 1891. Les éprouvettes avaient un diamètre de 16 millimètres et une longueur de 200 millimètres entre repères. On entend par *striction* le rapport de $S-S'$ à S , S étant la section initiale, S' la section amincie rompue; remarquons que cette définition diffère de celle donnée un peu plus haut.

Les tableaux montrent que la résistance par millimètre carré ne varie, pour beaucoup de bandages, que de 1 à 2 kilogrammes dans la même section; la différence dépasse rarement 4 kilogrammes et atteint par exception des valeurs plus élevées (on trouve des résistances de 65,5 et 76 kilogrammes dans un bandage de l'usine A). Si l'on compare les divers bandages d'une même usine, on trouve des écarts d'une dizaine de kilogrammes par millimètre carré entre les chiffres extrêmes. Les écarts entre les allongements atteignent, dans un même bandage, 7 à 8 centièmes (par exemple, 22 et 14,5 p. 100 dans un bandage de l'usine A); d'un bandage à l'autre, de même provenance, on peut relever des écarts analogues; toutefois, si l'on néglige quelques résultats défectueux, on trouve souvent des chiffres qui se rapprochent beaucoup d'une valeur moyenne. C'est ce que montre notamment le tableau des essais de l'usine B, en écartant le dix-septième essai (allongement 6 p. 100), qui a probablement fait rebuter la coulée.

Quant aux chiffres de striction, on y relève des variations bien plus grandes encore.

L'annexe n° 3, que je dois à M. Clérault, rapporte des essais exécutés sur des bandages, rompus en service, de locomotives et tenders, à raison de 4 par bandage; plusieurs paraissent assez homogènes, d'autres accusent d'importantes différences d'un point à un autre (49 et 60 kilogrammes, 75 et 100 kilogrammes, par exemple).

L'annexe n° 4 donne des chiffres relatifs à des bandages en acier de la Compagnie de l'Est. Trois éprouvettes ont été découpées côte à côte dans chaque bandage. La position de la prise d'essai par rapport au boudin et aux faces latérales ne paraît pas être une cause de variation, car les différences entre les trois éprouvettes voisines ne se présentent pas dans le même ordre sur les divers bandages.

Fers profilés et fers de forge. — M. Oursel a découpé des séries d'éprouvettes sur des fers profilés et des fers de forge; les essais sont rapportés dans la note précitée de la *Revue générale des chemins de fer*. L'annexe n° 5 donne quelques essais d'une barre de fer ronde pour rivets, d'un fer en U et d'un fer en I, d'après cette note. Elle indique des écarts assez forts d'un point à l'autre de la même barre. Les résistances accusent des différences d'une dizaine de kilogrammes, et les allongements varient presque du simple au double. L'annexe n° 6 donne quelques moyennes d'essai de l'âme et des ailes de fers profilés, qui m'ont été communiquées par M. Siegler.

Tôles de fer. — C'est dans les tôles de fer qu'on trouve fréquemment les plus fortes variations de résistance et d'allongement; la composition des paquets est forcément irrégulière, puis vient

l'action inégale du laminage. M. Lebasteur, dans son ouvrage sur *Les Métaux à l'Exposition universelle de 1878* (p. 194), rapporte les essais d'une tôle « de bonne qualité » entièrement découpée en bandes d'épreuves, 17 en travers et 15 en long; les différences constatées sont énormes, la résistance ayant varié de 32 à 46 kilogrammes par millimètre carré dans le sens du laminage, de 32 à 37 dans la direction perpendiculaire, et les allongements de 12 à 22 p. 100 et de 7 à 14 p. 100.

On constate rarement des écarts aussi grands, peut-être parce que souvent les essais ne peuvent porter que sur les bords des tôles.

En groupant des chiffres d'essais exécutés par la Compagnie de l'Est, sur plus de 100 éprouvettes dans chaque groupe, on trouve les chiffres qui suivent :

	RÉSISTANCES						ALLONGEMENTS P. 100					
	EN LONG.			EN TRAVERS.			EN LONG.			EN TRAVERS.		
	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.
Tôles pour viroles de chaudières :	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.						
Usine A.....	38,4	34	32,5	35,9	33	31	25	21,5	12	20,6	16	10,5
Usine B.....	38,7	36	34	38,8	35	31,8	22	17	11	20,5	12	8
Tôles à emboutir.....	40,2	36	34,6	37,6	35	32,2	27	21	14	19	13	8,5

Tôles d'acier. — Par tôles d'acier on désigne les tôles obtenues avec des lingots fondus, dont le métal est parfois extrêmement doux. On les emploie de plus en plus pour les chaudières et les constructions.

M. Barba m'a communiqué les essais de deux tôles d'acier bien homogènes : l'une est une tôle pour chaudières, de 1 m. 500 sur 4 mètres, sur une épaisseur de 18 millimètres, provenant d'un lingot ayant une résistance de 42 kilogrammes par millimètre carré. Trois éprouvettes en long, sur le bord de la tôle, avaient une résistance de 40 kilogrammes et des allongements de 30, 31 et 32 p. 100; sur trois éprouvettes en travers, également sur les bords, deux prises du bout provenant au pied du lingot avaient la même résistance, 40 kilogrammes avec allongement de 29 et 31 p. 100; la troisième, du côté opposé, a donné 43 kilogrammes et 28 p. 100. Sur une chute de la tôle, longue de 1 m. 250 et provenant de la partie supérieure du lingot, on a relevé, en travers, des résistances s'élevant à 46 kilogrammes et des allongements descendant à 16 p. 100.

Sur la seconde tôle, tôle pour construction, provenant d'un lingot à 46 kilogrammes, de mêmes dimensions, sauf l'épaisseur de 15 millimètres, les éprouvettes des bords avaient des résistances comprises entre 44 et 47 kilogrammes et des allongements de 27 à 23 p. 100. On trouve 51 kilogrammes et 15 p. 100 dans la chute supérieure.

Je dois à M. Godron le tableau des essais minutieux qui ont été exécutés sur les tôles destinées aux chaudières du *Duquesne* : chaque tôle a été éprouvée aux deux extrémités, correspondant à la tête et au pied du lingot, tantôt en long et tantôt en travers. On a découpé de la sorte sur 50 tôles 100 éprouvettes; les chiffres de résistance et d'allongement ont peu varié : leurs écarts extrêmes sont donnés ci-dessous :

Éprouvettes en long, tête du lingot (sauf une ayant donné un allongement de 26 p. 100 avec 43 kg.).....	40 à 43,2 kg.	34 à 29 p. 100
Éprouvettes en long, pied du lingot.....	39,2 à 42,2	34 à 26,5
Éprouvettes en travers, tête du lingot.....	41,2 à 44,2	34,5 à 26,5
Éprouvettes en travers, pied du lingot.....	39,1 à 42,7	32,5 à 27

Un tableau publié dans le *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer* (vol. V, p. 252) donne un résumé d'essais exécutés par la Compagnie de l'Est sur des lots de tôles d'acier. Les éprouvettes sont indiquées sur ce tableau comme recuites ou trempées; le mot *recuit* s'applique à l'opération subie par les tôles avant d'être livrées.

Le maximum, le minimum et la moyenne des charges de rupture relevées sur un grand nombre de tôles sont les suivants, en kilogrammes par millimètre carré :

TÔLES POUR CHAUDIÈRES.		ÉPROUVETTES NORMALES.						ÉPROUVETTES TREMPÉES.					
		EN LONG.			EN TRAVERS.			EN LONG.			EN TRAVERS.		
		Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.
		kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
Viroles...	Usine A. . .	42,8	40,8	38,1	46,1	41,7	37,6	68	58	52,1	69,7	55,4	41,8
	Usine B. . .	45	38,7	34,9	45,2	39,7	35,1	63	48,8	43,6	63,5	50,3	43
Emboutis.	Usine A. . .	43,6	40,3	37,7	45,5	40,8	38,7	61,3	56,4	47,8	63,5	53,1	45
	Usine B. . .	39,1	36,8	34,2	43,3	38,7	35	51,5	47	43,4	58	49	42,5

L'annexe n° 7 donne, d'après M. Oursel, les chiffres d'essais de 16 éprouvettes découpées sur une même tôle, 8 en travers et côte à côte sur le milieu de la feuille, 4 en long sur chacun des deux bords. On remarquera que les résistances varient très peu d'une éprouvette à l'autre; les allongements, un peu plus divergents, sont encore tous voisins d'une valeur moyenne.

Sur une grande quantité de tôles d'acier, provenant de deux usines différentes, les plus grands écarts de part ou d'autre de la moyenne ont été, pour la résistance de 10 p. 100, pour l'allongement de 26 p. 100, et pour la striction de 37 p. 100.

M. Pourcel m'a remis un dossier complet d'essais de tôles obtenues au four Martin sur sole acide; l'une est en tôle ordinaire, pour coques de navires, l'autre est de qualité supérieure. Sur chacune de ces tôles on a pris une série de 26 éprouvettes, qu'on a essayées à la traction; on a de plus fait l'analyse chimique du métal sur chaque éprouvette. Les annexes n° 8 et 9 donnent les résultats de ces importants essais.

Essieux d'acier. — Les essieux du matériel de chemin de fer nous fournissent un exemple de pièce forgée à forme simple. Bien exécutés, ils peuvent donner des différences de 3 à 4 kg. dans les charges de rupture par millimètre carré, et de 5 à 6 centièmes dans les allongements. M. Lebasteur m'a communiqué les chiffres pour un essieu dont les diverses parties ont été essayées; la charge de rupture y varie de 45 à 46 kg. 2 et l'allongement de 19,4 à 25,7 p. 100. La résistance et l'allongement sont plus grands tantôt au centre et tantôt à la surface.

Je dois à l'obligeance de M. Polonceau un tableau d'essais exécutés sur de nombreux essieux de locomotives, provenant chacun d'une coulée différente; ce tableau forme l'annexe n° 10.

Sur chaque essieu on a découpé trois éprouvettes côte à côte, l'une au centre, l'une des deux autres sur les bords. On voit que les différences entre les résistances de ces trois éprouvettes ne dépassent guère 3 kilogrammes, et entre les allongements 6 centièmes. Les valeurs extrêmes des chiffres fournis par les cinquante essieux d'une même usine sont, 58 kg. 4 et 43 kg. 9, 14 et 28 p. 100.

L'annexe n° 11 donne un extrait du tableau, dressé par M. Oursel, des essais exécutés sur des essieux en acier; sur chaque essieu, on a prélevé deux éprouvettes côte à côte, sur l'une des portées de calage; ces essieux provenaient de six usines; nous donnons le détail des essais pour les deux usines qui offrent les produits les plus réguliers et les plus irréguliers, et seulement les moyennes pour les autres usines.

En résumé, les produits de même provenance, comparés à la moyenne des résultats, donnent au maximum des écarts de 8 p. 100 pour la résistance, 18 p. 100 pour l'allongement, 24 p. 100 pour la striction.

Essieux en fer. — Dans les essieux en fer qu'on employait autrefois pour les véhicules de chemins de fer, le métal était souvent mal épuré à la partie centrale et les chiffres d'essais moindres au centre, comme le montrent les relevés de M. Lebasteur donnés ci-dessous :

	CHARGE DE RUPTURE.	ALLONGEMENT.
Surface.....	39 kg.	20 p. 100.
Centre.....	35,7	12

Dans des essieux en fer, M. Oursel a découpé 6 éprouvettes parallèles dans chaque portée de calage et autant dans chaque fusée; on a traité de la sorte 14 essieux provenant de sept usines différentes : on a donc fait 336 essais. Les écarts les plus grands relevés sur l'une des séries de six éprouvettes voisines ont été de 15,3 p. 100 pour la résistance, de 114 p. 100 pour l'allongement proportionnel, de 85 p. 100 pour la striction.

M. Oursel a comparé les moyennes des résultats donnés par chaque usine, et trouvé, en les comparant à la moyenne générale, que la résistance montrait des écarts de 11,5 p. 100, l'allongement de 55 p. 100 et la striction de 67 p. 100.

Pièces diverses en acier forgé. — Je citerai deux essais d'arbres forgés en acier que m'a communiqués M. Pourcel. Dans chaque arbre on a découpé trois éprouvettes, deux en long (une près de la surface, l'autre sur l'axe) et une en travers; les chiffres sont les suivants :

		RÉSISTANCE.	ALLONGEMENT.
1 ^{er} essai.	En long (surface).....	39 kg.	22 p. 100
	En long (axe).....	37	18
	En travers.....	36	14
2 ^e essai.	En long (surface).....	39,5	21,5
	En long (axe).....	36	16
	En travers.....	34,5	13,5

Des canons de fusil, après trempe à l'huile, donnent, entre les éprouvettes prises dans la volée et la culasse, des différences de 5 kilogrammes dans la limite élastique, de 3 kilogrammes dans la charge de rupture, et de 11 centièmes dans l'allongement (résultats transmis par M. Pourcel).

Pièces en acier coulé. — Je citerai les chiffres d'essais d'obus coulés en acier, chiffres que je dois également à l'obligeance de M. Pourcel; six éprouvettes ont été découpées, deux dans la partie ogivale, deux dans la partie cylindrique, et deux dans la base du culot; le tableau des essais qui suit montre de notables différences d'un point à l'autre du moulage :

	OGIVE.			CORPS.			CULOT.		
	LIMITE d'élasticité.	RÉSISTANCE.	ALLON- GEMENT.	LIMITE d'élasticité.	RÉSISTANCE.	ALLON- GEMENT.	LIMITE d'élasticité.	RÉSISTANCE.	ALLON- GEMENT.
	kg.	kg.	p. 100.	kg.	kg.	p. 100.	kg.	kg.	p. 100.
1 ^{er} essai.	53,0	80,5	3,8	47,3	84,0	5,7	32,5	71,8	14,2
	51,7	86,3	4,0	44,5	81,2	5,2	31,8	71,5	11,5
2 ^e essai.	55,0	93,1	2,1	51,7	90,0	3,8	32,3	75,2	6,5
	56,8	93,0	2,3	52,2	92,0	3,5	31,7	76,0	8,2
3 ^e essai.	55,6	87,0	2,5	53,6	86,0	2,8	41,3	78,0	7,0
	53,5	85,9	3,0	54,3	90,1	3,0	40,8	79,0	7,3

Laitons. — Pour le laiton, M. le commandant Deport m'a communiqué les résultats d'essais sur six éprouvettes découpées dans une même feuille, épaisse de 4 millimètres; ces résultats indiquent une remarquable uniformité, la limite élastique variant de 8 kg. 2 à 9 kilogrammes, la charge de rupture de 31 kg. 2 à 32 kg. 2. Les allongements sont de 65, 66 et 69 p. 100 pour trois éprouvettes de 24 millimètres sur 200, et de 56, 61,5 et 62,5 pour trois éprouvettes de 6 millimètres sur 100.

Cuivres. — 183 essais de plaques de foyer, exécutés par M. Oursel, ont donné une résistance moyenne de 22 kg. 6 avec allongement de 40 p. 100 et une striction $\left(\frac{S'}{S}\right)$ de 0,54. Les écarts les plus forts à partir de ces moyennes ont été pour la résistance de 4 p. 100, pour l'allongement de 20 p. 100 et pour la striction de 26 p. 100.

54 essais de barres pour entretoises ont donné une résistance moyenne de 25 kilogrammes, avec écart maximum de 3 p. 100, et un allongement de 32,6 p. 100 avec écart de 17 p. 100.

TRAVAUX D'ENSEMBLE SUR LA QUESTION.

J'ai cité plusieurs fois le travail de M. Oursel, qui dirige le service des réceptions du matériel et de la traction à la Compagnie de l'Est.

M. Mussy a publié dans le *Génie civil* (20 février 1892 et 5 mars 1892) une série de chiffres d'essais exécutés sur des bandages et des essieux en acier. Les résultats rapportés par M. Mussy sont bien complets, car ils comprennent, outre la charge de rupture et l'allongement, la limite d'élasticité et la striction, définie par le rapport de $S - S'$ à S (S section initiale, S' section rompue). Les divers essais ont été soigneusement classés d'après l'aspect de la cassure, en cuvette, en sifflet ou à grains. Les variations sont, comme toujours, assez étendues, les résistances variant de 50 à 60 kilogrammes par millimètre carré pour une même qualité de bandage dans une même usine.

M. Mussy fait remarquer l'assez grande constance, pour un métal déterminé, du total des chiffres de la résistance et de la striction, et de ceux de la limite élastique et de l'allongement.

RÉSUMÉ.

Nous pourrions étendre indéfiniment notre liste déjà longue de chiffres d'essais, mais sans éclairer beaucoup plus le lecteur. D'une manière générale, on peut dire que la résistance des parties travaillées de même sur la plupart des pièces métalliques, de bonne fabrication et sans défauts graves, s'écarte de 10 p. 100 en plus ou en moins d'une valeur moyenne; il paraît difficile d'exiger davantage, à moins qu'on ne désire des produits spéciaux sans en considérer le prix. La limite d'élasticité présentera des écarts analogues; mais souvent elle n'est pas mesurée, de sorte que les renseignements à cet égard sont plus rares. La variation des allongements est plus considérable encore; nous l'estimerons à 25 p. 100 en plus ou en moins de la moyenne.

Pour la plupart des pièces laminées ou forgées, les différences entre les éprouvettes découpées dans le même sens et provenant des diverses parties sont du même ordre; par conséquent, si l'on ne fait qu'un petit nombre d'essais, on ne pourra pas voir l'influence du travail différent subi par ces diverses parties; en prenant au contraire les moyennes d'un grand nombre d'essais, on pourra remarquer des différences de quelques kilogrammes et de quelques centièmes d'une partie à une autre.

La différence entre les éprouvettes découpées suivant le sens de l'étirage et perpendiculairement à cette direction est généralement importante; la résistance et l'allongement de la seconde éprouvette sont moindres.

La plupart des pièces coulées dans des moules sont peu homogènes, pour peu que leurs formes soient compliquées; les éprouvettes donnent des résultats tellement variables d'un point à l'autre que ce genre d'essai ne peut fournir de renseignements précis.

CONCLUSIONS.

Les exemples que nous venons de rapporter montrent que la charge de rupture par millimètre carré et l'allongement proportionnel ne sont presque jamais des éléments rigoureusement déterminés d'une pièce métallique, mais ne peuvent être connus qu'approximativement; ils nous donnent une idée des écarts considérables que l'on constate souvent sur la valeur de ces éléments dans une même pièce. Ces écarts seront plus ou moins grands selon la nature des pièces éprouvées et les soins apportés à leur exécution.

Les essais de traction, dont on a fait un si fréquent usage, exigent malheureusement un travail assez long pour le découpage et le façonnage des éprouvettes. Si ces essais sont fort utiles pour la réception des matériaux de choix, qui doivent résister à des efforts considérables en service, ils sont quelquefois appliqués sans grande utilité à certains produits courants, qui justement présentent les écarts les plus considérables d'une éprouvette à l'autre. On doit

recommander dans ce cas de n'user qu'avec modération des essais de traction, surtout lorsque des procédés plus simples et plus expéditifs, tels que le pliage et l'essai au choc du mouton sur la pièce entière, permettent de vérifier la qualité du métal.

On peut encore tirer quelques conclusions plus précises de cette incertitude qui pèse sur les résultats d'essais à la traction :

Il faut tenir compte de cette variation presque inévitable des charges et des allongements, et ne pas les circonscrire entre des limites trop étroites.

Il est inutile, en rapportant des chiffres d'essai, de donner des fractions de kilogramme ou de centièmes d'allongement proportionnel, à moins qu'on ne fasse des recherches scientifiques sur les propriétés des métaux.

Des machines donnant les charges de rupture à 1 ou 2 p. 100 près suffisent pour la plupart des essais courants. De même, il convient de faire usage d'appareils enregistreurs des charges et allongements, qui sont commodes et préviennent les erreurs graves, et ne pas les repousser sous prétexte qu'ils ne sont généralement pas d'une précision extrême.

Paris, 17 juin 1892.

Éd. SAUVAGE.

ANNEXE N° 1.

*Essais à la traction d'éprouvettes
découpées dans deux rails de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée,
l'un en acier dur, l'autre en acier doux.*

		RÉSISTANCE EN KILOGRAMMES par millimètre carré.	ALLONGEMENT POUR 100.
Éprouvettes découpées dans le champignon.			
Acier dur.	Haut du lingot, métal naturel.	42,7	(Cassure fendue.)
Acier doux.	<i>Idem.</i>	51,4	4
Acier dur.	Bas du lingot, métal naturel.	84,2	9
Acier doux.	<i>Idem.</i>	62,1	19
Acier dur.	Haut du lingot, métal recuit.	65,9	(Cassure fendue.)
Acier doux.	<i>Idem.</i>	68,1	14
Acier dur.	Bas du lingot, métal recuit.	82,0	15
Acier doux.	<i>Idem.</i>	62,1	21,5
Acier dur.	Haut du lingot, métal trempé.	(Essai manqué.)	#
Acier doux.	<i>Idem.</i>	53,4	0
Acier dur.	Bas du lingot, métal trempé.	108,0	0
Acier doux.	<i>Idem.</i>	40,2	0
Éprouvettes découpées dans l'âme.			
Acier dur.	Milieu du lingot, métal naturel.	86,2	12,5
Acier doux.	<i>Idem.</i>	60,0	19
Éprouvettes découpées dans le patin.			
Acier dur.	Milieu du lingot, métal naturel.	89,5	11,5
Acier doux.	<i>Idem.</i>	64,5	19
NOTA. Les éprouvettes ont un diamètre de 13 mm. 9 et une longueur entre repères de 100 millimètres.			

*RÉSULTATS d'essais de bandages à la traction sur des éprouvettes prises au boudin,
au milieu et à l'extérieur.*

Les chiffres en CAPITALES indiquent la moyenne la plus faible.

Les chiffres en **NORMANDES** indiquent que l'éprouvette d'essai de milieu a donné un résultat inférieur à ceux des deux autres éprouvettes du même bandage.

Usine A.

RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.			STRICITION.		
BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.
66,7	68,1	67,1	17	17	19,7	49	60,5	60,5
67,1	68,6	66,1	17	20	18	60	48	60
71,3	70,5	77,4	17,5	45,5	18,2	48	49	45
72,7	69,2	66,4	18	20	20	45	58	60
70,9	65	71,6	18,5	48	21	45	52	45
70,9	67,8	71,4	19	21	17	46	51	49
71,8	65,4	66,8	16,5	21	22	55	54	54
71,8	71,8	65,3	19,5	20	19	55	54	58
67	67	68,3	20,5	20	18	45,6	58,5	57,6
68	87	67,3	21,5	20	20	55,5	53	53,7
72,2	75,4	67,6	22	16	14,5	46	51	56
66	87,3	69,7	18	22	19	54	52,5	56,8
70,8	66,4	65,1	16	18	16,5	36,2	43,5	53
65,8	66,2	65	19	19	20,5	48	55,2	54,8
69,2	69,2	70,2	16	19	18	56	40	54,5
69	72	69,2	15,5	16,5	17	47,6	54,2	55,5
70	69	68	17	18	20	43,2	53	50,2
66,6	67,3	70,3	16	19	15	50	53	52
66,4	65,5	66	21	20,5	20	50,5	55,4	54,5
65,5	69,1	65,2	15	18	15	54,8	54,7	54,1
72,6	70,6	76,9	13,5	16	17,5	51,2	54,6	48,8
69,1	69,9	73,4	16	45	15,5	47,4	51,7	43,4
71,6	73,1	68,4	15,2	15	15	53,6	52,7	53,8
74,6	71,2	71,2	15	16	16	39	35	45,4
66,3	69,4	68,9	16	18	18,5	40,8	44,2	46
65,5	76	75,5	15,5	16,5	16,5	52,1	46,8	46,8
68,3	68,3	71,9	17	46	18	47	44,2	42,3
70,4	72,9	71,7	14,5	15,5	16,5	42,3	49,7	47,5
1938,1	1938,9	1941,9	485,7	506,5	499,9	1363,8	1420,4	1455,2
MOYENNES DES 28 COULÉES.								
69,219	69,246	69,352	47,348	18,089	17,853	48,708	50,729	51,973

Usine B.

RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.			STRICTION.		
BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.
66,9	68,8	68,5	14	14	14	26	17	22
68	66,5	67,5	18	18,5	17,5	48	48	48
67	67,2	69,1	18,5	19	17	41	40,7	42,1
68,5	67,6	69,4	18,5	17	15,5	41	39,6	40,4
66,7	64,4	64,9	17	20	17,5	58,3	463	51
64,8	65,8	65,2	16,5	15,5	16,5	48,6	59,2	55
68,3	67,6	66,6	16,5	17	14	36	37	40
67,6	68	69,5	17,5	15	14,5	39,6	33,2	30
69	68,7	69,5	15,5	16,5	15,5	36	38	39
69,9	68,7	70,3	17,5	17,5	16	37,6	39,7	36
68,7	70	71,2	16,5	16,5	15,5	37,4	36	35,2
69	66,7	70,1	16,5	17	15	35,2	37,1	36,6
70	70,6	75,3	16,5	16	15	29,7	25,4	26,9
67,9	66,6	71,2	16	17	15,5	36,9	39,6	35
69,2	65,9	70,5	16,5	17	16	38,6	37,7	36,3
66,6	68,1	70,5	16,5	15	16,5	48	47	47,7
73	74,5	78,5	11,75	6	7,75	17	5	12,4
67,1	66	69,7	16,5	16,5	15,5	42,7	38	38,1
65,2	70,1	68,6	16,5	14,5	15,5	36,6	34,2	37,1
68,2	66,6	70,1	16,5	16,5	16	43,2	41,7	36
68,9	68,7	71,4	16	16,5	15	35,3	36,1	34,8
65,6	65,8	67,8	17,5	17	14,5	43	43,3	38,5
68,5	65	65,8	17	16,5	15,5	42,6	45,8	44,2
68,9	69,1	71,3	16	16,5	15	34,5	36,2	28,1
68,7	68,6	72	17	16,5	15	38	38	38,1
66	68,1	70,8	17,5	17	15,5	41,3	35,6	30,6
68,6	68,5	69,7	16,5	16,5	15,5	35,4	38,9	37,4
69,4	69,4	71,6	16,5	16,5	15,5	40,7	39,8	39,5
65,9	66,6	69,2	16,5	17	16	40,7	41,6	40,9
1972,1	1968,2	20258	4797,5	472,0	443,75	1128,9	1095,7	1076,9
MOYENNES DES 29 COULÉES.								
68,003	67,868	69,855	16,543	16,275	15,3	38,927	37,782	37,134

Usine C.

RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.			STRICTION.		
BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.
66,5	66	65	18	18,5	20,5	48	48	50
67	64,2	65,8	20	20,5	19,5	47	47	47
66,5	65,5	64,9	19,5	19	20	43,6	47	45,9
65	65,7	66	20	19	18,5	48,7	48,1	48,9
66,5	65,9	66,4	20	19,5	18	47,2	48,1	47,4
66,2	66,1	65,4	18,5	20	19,5	51,2	47,2	49,1
66,1	64,1	66,6	20	19	19	49,9	51	50
65,2	65,5	66	20	18,5	19	45,3	48,1	50,6
66,9	67,7	68,3	19	18	18,5	51,1	47,2	50,1
66,2	66,8	67,4	19,5	20	19,5	49	50,1	47,2
65,6	66,3	67	20	19	18,5	49,7	47,4	49,5
64,8	65	65,9	18,5	19	19,17	51	48,7	49,9
60,91	63,26	62,38	19	18	13	48,1	43,02	26,5
60,8	62,87	62,23	18	17	21,5	47,1	40,2	48,2
59,43	63,16	61,95	19,75	16,25	16,50	49	40	46
59,78	64,97	60,18	22	19,5	15	49	39	36
63	64,2	66	18,5	16,5	18,5	40	34,5	33,5
64,4	65,9	68,8	19	19	18	42,3	41,6	37
65,7	70	67,2	17,5	18	16	44,9	38,4	43
64,9	65,9	69,2	20,5	16	17,5	45,6	40,6	41,6
63,3	66,7	66,9	20	16,75	18	41,1	38,1	37,5
66,8	66	63,7	19	19	20	41	40,1	43,5
63,8	66	70,1	19,5	19,5	19,5	43,7	40,6	38
64,4	97,1	69	19,5	19	18	43,3	39	40,9
65,6	64,8	69,4	18	17	16,5	42,5	38,7	38,9
64,7	69,5	67,1	17	16	16,25	42,1	38,1	39,7
1678,42	1709,16	1718,84	500,25	477,50	473,92	1201,4	1129,82	1135,9
MOYENNES DES 26 COULÉES.								
64,554	65,736	66,109	19,24	18,365	18,227	46,207	43,454	43,688

Usine D.

RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.			STRICTION.		
ROUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	ROUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	ROUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.
72	66,3	69,2	16,5	16,5	18	43,7	43,2	48,7
69,8	69,7	71,7	16	16	20,5	26	28	30
69,4	70,3	71,8	16,5	16	16	34	33	34
75,5	71,5	79	16,5	16,5	15	34	34	30
67,8	65,4	68,3	18	19	18	37	38	38
66	65	68,5	17	18,5	16,5	39	34	38
65,1	65,8	67,3	18,5	16	19,75	43	32	39
68,3	65,8	69,4	19,75	18,5	19,25	39	36	32
69,4	67	69,9	17	19	17,5	41	42	40
69,7	66,8	70,2	17	15	16	40	35	35
70,2	69,7	72,2	16,5	16,75	16	29	33	32
67,8	65,7	72	17	17	16	37,2	37	34
65,4	64,7	66,8	15,70	17,25	17,5	40	41,5	38,5
65,3	65,2	67	17	16,25	18	39,5	41	38
69,7	68,9	69,9	16,5	17	16,5	36,7	38,0	36
70,7	68,3	72,9	17,5	17	15	40	40	38
74,5	70,5	73,7	15	16	17,5	32	34	38
66,4	65,9	67,8	16,5	17,5	16,75	39	39,2	38
69,8	74,6	76,5	15	12	12	35	30	36
66,3	65,4	69,2	19,5	17,8	19,5	41	36	37
71,1	66,8	69,8	17	16	15,5	37	36	40
70,3	68,8	68,8	12,5	13	15	25,8	22,4	29,7
65,8	63,4	66,3	19	18	16	40	37,8	40
75,2	72,7	70,3	14,5	15	16	34,2	23,3	34,2
66,8	67,8	67,3	16,5	18	16,5	37,3	38,3	37,3
68,8	68,3	70,7	16	16	15,75	31,2	36,3	34,2
69,7	68,8	69,3	15,25	15	14	33,5	35,1	33
65,8	66,8	66,8	17	15,5	17	37,1	35	36,6
72,8	72,2	69,3	15,5	15,5	16,5	36	35	26,5
72	74,2	80,6	13,75	14,75	12,75	28,7	29,7	23,4
69,8	68,8	71,3	14,5	15	15,5	35,1	37,1	35,1
68,3	68,8	69,2	16,5	16	15	35	33	33
67,8	68,8	68,8	17,5	16	17,75	38	43,2	40,3
68,8	68,3	68,8	16	18	17	30	33,2	34,2
63,7	64,2	67,3	17	17,5	17,5	35,2	37	37,2
69,7	67,8	72,7	16	16,5	16	39,1	39,6	39,4
69,2	69,2	71,1	16,5	16,5	15,5	41,2	41,9	39,3
69,2	61,8	73,2	16,5	16	16	38,3	40	38
73,2	71,2	71,2	14	16	16,5	35,2	38	35,2
2697,1	2657,2	2746,1	641,5	643,0	643,0	1414,0	1406,5	1396,8
MOYENNES DES 39 COULÉES.								
69,156	68,133	70,412	16,448	16,405	16,487	36,256	36,064	35,815

Usine E.

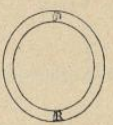
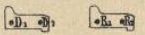
RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.			STRICTION.		
BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.
68,5	68,3	70,4	18,5	19	19	39	34	42
69,8	70,4	71,2	18,5	17,5	17	36	31	37
69,2	69,7	70,4	17	18	17	41,2	41,2	36,4
71,5	71,9	70,8	17,5	20	18	34,5	38,4	35,3
65,7	65,5	66,3	20	17	18,5	48,6	48	49,7
65,5	67,4	65,9	18,5	15,75	20,5	48	45,3	49,7
65,6	65,4	65,5	20,5	17	18,75	54,2	47,7	49,1
66,9	65,5	67,1	18	17,5	18	49,1	46,2	47,3
68,4	69,4	68	18,5	15,5	14,5	50,5	45,9	51,2
68,4	69,4	68,9	19,5	14,5	13,5	50,7	48	32,2
68,7	69,8	69,2	17,5	16	16	35,8	35,8	38,2
69,2	68,7	70,5	19	18	17,5	35,8	38,2	37
68,8	68,3	68,3	19,5	20,5	19,5	38,2	35,8	40,8
70,8	69,8	69,8	19	16	15	37,2	34	33
71,2	71,8	71,2	16,75	16,5	15	36,8	27,2	23
69,7	70,6	71	11,5	15	15,5	34,8	33,4	34,3
65,8	65,8	65,3	18,5	18,5	17,5	43	41,5	44,7
68,4	67,8	68,7	18	18,5	17	39	39,6	40,7
68,8	68,2	68,3	16,5	17	17	36,2	37,2	38,4
67,6	73	72,4	16,75	15	17,5	35,5	30,4	39,5
66,5	68,4	69,2	18,5	18,5	18,5	43	41,2	41
66,4	69,8	67,6	19	17	17,5	42	41	42,2
68,1	67,8	70,1	19	18,5	16	38,7	37,2	39,7
69	70,9	69,9	18	16	17	35,4	35	35,4
68,4	67,1	65,8	19	16,5	18	36,8	38,5	40,3
67,9	67,4	66,3	21	16	20	42	37,8	36,9
72,8	71,4	72,6	14,5	16,5	15,5	39,5	36,3	35
67	69,2	68,2	18,5	19	18,5	39,5	36,3	36,5
68,6	67,5	69,1	19,5	19	19	42,7	42,3	43,7
66,5	67,2	66,4	19,5	20	16,25	47,8	45,6	56,3
67,7	68,6	68,1	19,25	22,5	22,5	47,4	55,2	55,2
69	70,9	69,9	18	16	17	35,4	35	35,4
70,1	70,6	71,1	19	18,0	16,5	37,6	35,5	31,8
69,6	67,9	68,9	17,5	20	17	46,4	42,2	51,5
67,6	67,8	68,1	20	18,5	18,5	53,2	54,7	56,8
70,8	70,6	71,2	17	17,5	17	45,2	40,8	43,8
71,9	71,3	72,9	16,25	16,5	15,5	40,3	40,1	44,4
2537,4	2551,1	2554,6	678,00	649,25	642,5	1537,0	1437,5	1525,4
MOYENNES DES 37 COULÉES.								
68,578	68,948	69,043	18,324	17,547	17,364	41,54	39,824	41,227

Usine F.

RESISTANCE.			ALLONGEMENT.			STRICTION.		
BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.
66,3	67,1	67,1	18	15	15,5	43,5	38,75	38,75
67,1	68,25	68,25	18	16,5	16	50,7	45,25	45,75
66,2	65,6	65,6	19	18,5	19	56	48	48
65,6	65,2	65,2	19	18	18	56,7	49	50,7
65,2	65,2	65,6	20,5	20,5	21	59	55	55
72	69,75	70,5	18	18	18,5	43,5	42	42,5
66	65,6	65,9	18,5	18	19	56	44,5	43,5
65,6	66	65,6	20	21	20	52,5	48	52,5
66	65,6	66	20	19	19	52,5	50	48
70,1	70,1	69	18,5	19,5	20	47,5	46,5	49
65,2	66	66	21,5	19,5	19,5	56,7	43,5	50
65,2	65,2	65,2	18	20	20	52,5	48	52,5
66	66	66,7	19	19	20	50	43,5	49
69,7	70,5	70,8	18	18	19,5	52,5	48	47,5
65,2	66,7	66,7	19	20	18,5	52,5	43,5	49
66	67,5	66	16	18	18,5	34	46,5	46,5
65,2	66	66	19	20	18,5	56	49	54,5
68,2	69,7	70,5	17,5	18	18,5	50	41	43
72	72,7	72	20	17	17	48	28	34
65,2	65,2	65,2	18	20	19,5	56,7	52,5	55
69	69,7	69	20,5	19,5	19	47,2	41,5	40,5
66	66	64,5	18	20	20	52,5	44,5	49
67,5	68,5	67,5	20,5	19	20	52	43	47,5
66	66	66	22	20,5	22	56	52,5	50,7
66	66,7	66,7	20	19,5	20	57,5	43,5	48
65,2	66	66	19,5	19	19	47,5	44,5	44,5
80,2	78	78	18	18	18	44	43,5	44,5
65,2	67,5	67,5	18	20	20	53,2	45,2	46,2
68,2	69,7	70,5	18,5	15,5	18	40,5	26,2	33,7
66	68,2	67,5	21	22	20	52,5	49,7	50,7
75	75	75	17	18,5	17,5	39,5	39,5	41,5
66,7	67,5	68,2	19	17	12,5	49,7	39,5	12
66,7	67,5	67,5	19	19	18	52,5	42,5	43,5
66	65,2	65,2	21	20	20,5	56	50,5	50,5
72	71,2	72	18	18	18	44,5	30,5	30,5
66	66,7	66,7	19,5	20	20	52,5	50,7	50,7
69,7	72,8	70,5	18	18	19	37,7	33,7	36,7
66	65,3	65,5	19,5	19	20,5	56,7	54,2	54,2
67,5	67	67,7	19	19,5	19	46	46	47
70,5	70	69,2	19	18,5	18	42	42	41
68	68,2	68	18,5	19,5	19	47	47	47
69	69	69	17,5	18	19	45	46	44
68,5	68,7	67,5	18	18,5	18	43	43	43
65,8	66	66,2	20,5	19,5	19	54	44	48
65,2	65,8	65,2	19,5	20	21	51	51	54
68,5	68,7	69	19	18	18,5	46	45	44
68,2	67	68,2	18	19	18,5	50	50	48
67,2	67,2	67,2	18,5	19	19,5	52	44	44
68,2	67	68,2	19	19	18,5	50	50	48

RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.			STRICTION.		
BOUDIN.	M. LIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.	BOUDIN.	MILIEU.	EXTÉRIEUR.
67,7	67,5	67,7	20	19,5	20	52	52	52
68,5	68,5	68,5	19	19	19,5	52	51	51
68,7	69	69	19	19	19	47	48	47
68,7	68,8	68,5	18	17,5	18,5	43	41	40
68,7	69	69,2	19,6	19	19,5	49	48	49
70	70	69	20	19	19,5	45	42	42
69	69	70	18	18	18	46	37	39
67,5	67,5	66,7	17,5	17	16	38,8	37,5	33,5
70,5	69,7	69,7	16,5	16	17	41,5	42,5	38,8
68,2	68,2	68,2	18	18,5	17	48	40,5	42,5
72,8	72,8	72	18	15	19	41,5	43,8	43,8
68,2	67,5	67,5	17	17	16,5	47,5	50,8	51,8
70	70	69	19,5	17	20	42,4	36	38,2
71,2	72	71,2	16	16	16	43,4	39,3	42,4
76,8	73,8	73	14	12,5	12,5	39,3	27	29,2
67,5	66,7	67,5	19	20	20	48	42	42
70,5	69,7	69,7	19,5	19	16,5	48	36	40
72	70,5	71,3	19	16	17	47,2	43,5	43,5
70,5	69,8	68,2	18	17,5	17	50	49	50
70,5	69,8	69,5	17,5	17,5	18	50,6	49	48
68,3	66,8	66,8	16,5	18	21	48	49	47
71	70,5	70,5	16,5	16	17,5	52	50,6	50,6
72	70,5	69,6	17,5	17	18	47,5	40,5	45,5
71,3	70,5	70,6	17	18	16,5	48	48	48
71	70,5	70	16	17,5	16,5	50,8	49,8	51,8
69,5	70	68,6	16,5	16,5	19	43,5	49	49
69,5	68,3	68,3	16	16,5	16	47,5	44,5	41,5
67,5	67,5	68,25	19,5	16,5	16,5	50	36,4	38,8
66	66	67,5	15,5	12,75	15	49	30,5	30,0
66	66,8	67,5	18,5	16	16	49	39	38
67,5	66,75	66	16	16	16	44,5	35,7	33,7
77,2	77,2	76,5	15,5	14	16	38,7	23	27,2
78	78	78	17,5	15,5	16	47,2	31,5	42,5
75	71,5	72	18,5	17,5	17,5	40	35,75	35,75
73	72	72,5	18	16	16,2	43,5	35,7	35
70,5	66	70,5	16,7	18	17	41,5	40,5	41,5
68,5	68	68,5	18	19	18,5	51	49,2	46,5
70,5	69	68,25	18,1	17,3	18	51,7	47,2	49,7
66,75	66	67,5	17,5	17,5	18	50,7	47,2	45,2
69,75	68,25	70,5	16,5	17	18,1	45,2	49	51,7
72,5	71,5	71,5	16	18	16,5	42,5	40,5	39,5
67,7	67	66,5	19,5	16	16,5	44,7	40	41,5
65	67	68,5	19,5	18	19,5	49,7	43	43,5
6322,5	6311,4	6312,65	1688,9	1659,05	1677,8	4441,2	4005,25	4085,55
MOYENNES DES 92 COULÉES.								
68,722	68,602	68,615	18,356	18,033	18,236	48,273	43,535	44,408

RÉSULTATS fournis par des éprouvettes prélevées en des points différents
d'un même bandage (acier).

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	MODE DE PRÉLÈVEMENT des éprouvettes.	CHARGE SUPPORTÉE par millimètre carré.	ALLONGEMENT P. 100 MESURÉ dans les 100 millimètres comprenant le point de rupture.	OBSERVATIONS.
Bandage de machine	D 1	54,25	21	
	D 2	51	22	
	R 1	54,25	22	
	R 2	52	21	
Bandage de machine	D 1	52	21	
	D 2	65,75	11	
	R 1	62,75	25	
	R 2	64,25	14	
Bandage de tender	D 1	65,3	16	
	D 2	57,5	24	
	R 1	57	27	
	R 2	57,5	24	
Bandage de machine	D 1	61,2	2,65	
	D 2	61,3	2,55	
	R 1	72	9	
	R 2	63,5	12	
Bandage de machine	D 1	50,7	21,5	
	D 2	56	22,5	
	R 1	49,5	26,5	
	R 2	54,9	21	
Bandage de tender	D 1	43,5	22	
	D 2	43,8	28	
	R 1	44,2	29,5	
	R 2	45,8	21	
Bandage de machine	D 1	57,8	20	
	D 2	64,5	19	
	R 1	52,8	14	
	R 2	56,8	21	
Bandage de machine	D 1	76	15	
	D 2	73,5	12,5	
	R 1	76	18	
	R 2	74,8	15,5	

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	MODE DE PRÉLÈVEMENT des éprouvettes.	CHARGE SUPPORTÉE par millimètre carré.	ALLONGEMENT P. 100 MESURÉ dans les 100 millimètres comprenant le point de rupture.	OBSERVATIONS.
Bandage de tender.....	D 1	48,6	25	
	D 2	52,9	27,5	
	R 1	57,8	6,5	
	R 2	53,8	26	
Bandage de tender.....	D 1	64,6	14	
	D 2	65,1	20	
	R 1	64,1	10	
	R 2	65,1	23,5	
Bandage de tender.....	D 1	85	15	
	D 2	86	15	
	R 1	86	15	
	R 2	88	15,5	
Bandage de machine.....	D 1	65,2	20	
	D 2	68,5	18	
	R 1	64,8	24	
	R 2	61,7	17	
Bandage de tender.....	D 1	48,75	3,5	
	D 2	60,95	21	
	R 1	57,96	11	
	R 2	60,45	21	
Bandage de machine.....	D 1	75,5	21	
	D 2	75	21	
	R 1	74,5	20,5	
	R 2	74,5	21	
Bandage de machine.....	D 1	80	19	
	D 2	83,5	22,5	
	R 1	82,1	22	
	R 2	81,8	19,5	
Bandage de machine.....	D 1	75,6	21	Soufflure assez étendue dans la section de la rupture.
	D 2	76,6	18	
	R 1	96,5	14	
	R 2	99,5	7	

Essais de bandages en acier.

NOMBRE D'ESSAIS PRÉLEVÉS CÔTÉ À CÔTÉ.		RÉSISTANCE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ.			ALLONGEMENT P. 100.			STRICTION $\frac{S'}{S}$		
		ÉCART			ÉCART			ÉCART		
		MOYENNE	relevé.	en p. 100 de la moienne.	MOYEN.	relevé.	en p. 100 de la moienne.	MOYENNE.	relevé.	en p. 100 de la moienne.
		kg.	kg.							
Acier supérieur pour tenders.	3	60,1	2,4	4,0	18,4	1,2	6,5	0,579	0,061	10,5
	3	61,1	5,2	8,5	18,3	2,7	14,8	0,602	0,074	12,3
	3	60,3	3,3	5,5	18,2	1,5	8,2	0,620	0,103	16,6
MOYENNES		60,5	3,6	6,0	18,3	1,8	9,8	0,600	0,079	13,1
Acier ordinaire pour wagons.	2	41,8	0,7	1,7	17,5	1,2	6,9	0,537	0,007	1,3
	3	42,8	3,4	7,9	17,2	10,0	58,1	0,521	0,210	40,3
	3	52,4	4,5	8,6	19,4	3,1	16,0	0,609	0,022	3,6
MOYENNES		45,6	2,8	6,0	18,0	4,7	26,1	0,555	0,079	14,2
Acier ordinaire. — Machines...	3	53,2	8,0	15,0	18,4	8,5	46,2	0,550	0,084	15,3
Acier supérieur. — Tenders...	3	76,0	2,6	3,4	15,3	2,8	18,3	0,629	0,015	2,4
Acier ordinaire. — Wagons...	3	48,6	1,9	3,9	19,1	3,9	20,4	0,509	0,128	25,1
MOYENNES		59,2	4,1	6,9	17,6	5,06	28,7	0,562	0,075	13,3

Essais de fers laminés.

NOMBRE D'ESSAIS		RÉSISTANCE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ.			ALLONGEMENT P. 100.			STRICTION $\frac{S'}{S}$		
par groupes.	PRÉLEVÉS CÔTÉ À CÔTÉ.	MOYENNE.	ÉCART		MOYEN.	ÉCART		MOYENNE.	ÉCART	
			relevé.	en p. 100 de la moyenne.		relevé.	en p. 100 de la moyenne.		relevé.	en p. 100 de la moyenne.
		kg.	kg.							
Barre de fer rond de 25 millimètres pour rivets.										
2	Non recuits..... 2	30,85	0,3	1,0	30,75	1,7	5,5	0,350	0,042	11,9
	Idem. 2	31,00	0,4	1,3	32,75	2,3	7,0	0,310	0,014	4,5
	MOYENNES.....	30,9	0,35	1,13	31,75	2,0	6,25	0,330	0,028	8,4
2	Recuits..... 2	31,0	0,2	0,6	33,5	0,5	1,5	0,357	0,005	1,4
	Idem. 2	30,7	0,0	0,0	33,75	2,5	7,4	0,317	0,002	0,6
	MOYENNES.....	30,8	0,1	0,3	33,40	1,5	4,45	0,337	0,0035	1,0
Barre de fer rond de 20 millimètres de diamètre.										
	16	38,5	1,9	4,9	27,7	5,2	18,8	0,570	0,670	1,18
Barre de fer en $\sqsubset$ de 250×80 millimètres (éprouvettes en long).										
RÉSULTATS COMPARÉS PAR SÉRIES TRANSVERSALES.										
5	Série A — 4.....	36,0	4,8	13,3	11,8	5,8	49,2	0,860	0,060	7,0
	— B — 5.....	36,6	3,2	8,7	12,2	3,0	24,6	0,860	0,050	5,8
	— C — 3.....	34,6	4,0	11,6	9,0	0,7	7,7	0,880	0,030	3,4
	— D — 4.....	36,8	0,8	2,2	13,1	4,6	35,1	0,860	0,020	2,3
	— E — 4.....	36,3	5,0	13,8	11,5	5,3	46,1	0,860	0,060	7,0
	MOYENNES.....	36,2	3,6	9,9	11,7	3,9	33,3	0,860	0,040	4,6
RÉSULTATS COMPARÉS PAR BANDES LONGITUDINALES.										
5	Bande a — 5.....	37,4	2,1	5,6	11,4	5,6	49,1	0,880	0,040	4,5
	— b — 4.....	36,9	0,1	0,3	14,4	0,8	5,6	0,840	0,030	3,6
	— c — 2.....	37,0	0,1	0,3	13,1	2,2	16,8	0,850	0,000	0,0
	— d — 5.....	36,3	1,5	4,1	11	3,4	30,9	0,860	0,050	5,8
	— e — 4.....	33,4	2,5	7,5	9,5	3,1	32,6	0,880	0,020	2,3
	MOYENNES.....	36,2	1,3	3,6	11,7	3,0	25,6	0,860	0,030	3,4

NOMBRE D'ESSAIS		RÉSISTANCE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ.			ALLONGEMENT P. 100.			STRICTION $\frac{S'}{S}$		
par GROUPES.	PRÉLEVÉS CÔTÉ À CÔTÉ.	ÉCART			ÉCART			ÉCART		
		MOYENNE.	relevé.	en p. 100 de la moyenne.	MOYEN.	relevé.	en p. 100 de la moyenne.	MOYENNE.	relevé.	en p. 100 de la moyenne.
		kg.	kg.							

Barre de fer en Γ , à ailes inégales, de 250×120 (éprouvettes en long).

RÉSULTATS COMPARÉS PAR SÉRIES TRANSVERSALES.

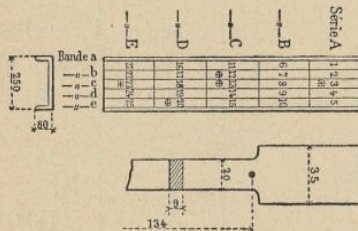
5	Série A — 5	32,9	8,6	20,1	5,7	9,7	170,2	0,910	0,080	8,8
	— B — 5	34,5	6,8	19,7	6,5	8,9	136,9	0,910	0,090	9,9
	— C — 4	33,9	7,0	20,6	5,9	7,0	118,6	0,920	0,120	13,0
	— D — 4	34,8	8,0	23,0	6,5	7,5	115,4	0,920	0,130	14,1
	— E — 4	33,6	7,2	21,4	6,1	6,3	103,0	0,910	0,120	13,2
	MOYENNES.....	33,9	7,5	22,1	6,1	7,9	131,6	0,920	0,110	11,9

RÉSULTATS COMPARÉS PAR BANDES LONGITUDINALES.

5	Bande a — 4	32,6	4,3	13,2	5,2	5,5	105,8	0,920	0,050	5,4
	— b — 5	37,9	2,7	7,1	10,6	4,6	43,4	0,860	0,010	1,2
	— c — 5	32,1	3,7	11,5	6,1	3,8	62,3	0,900	0,030	3,3
	— d — 4	35,3	2,0	5,7	5,0	2,4	48,0	0,960	0,060	6,2
	— e — 4	31,1	5,9	19,0	2,7	3,0	111,1	0,950	0,070	7,4
	MOYENNES.....	33,9	3,7	10,9	6,1	3,9	63,9	0,920	0,040	4,3

OBSERVATIONS.

Barre de fer en Γ .



Section calibrée rectangulaire : 180 mm².

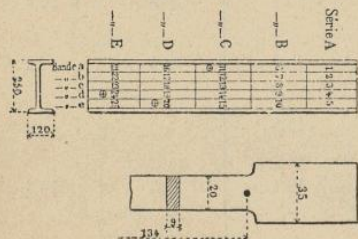
Entre repères : 134 mm. d'après la formule $L = \sqrt{100 S}$.

Prise des têtes au moyen de coins de serrage.

⊘ Éprouvettes non essayées (trous préexistants à leur emplacement).

⊕ Éprouvettes rompues hors repères (résultats écartés).

Barre de fer en Γ .



Section calibrée rectangulaire : 180 mm².

Entre repères : 134 mm. d'après la formule $L = \sqrt{100 S}$.

Prise des têtes au moyen de coins de serrage.

⊕ Éprouvettes rompues hors repères (résultats écartés).

ANNEXE N° 6.

RÉSULTATS d'essais à la traction faits dans différentes parties d'une barre profilée.

(Éprouvettes de 200 mm. de longueur.)

PROVENANCE DES FERS.	ÂME.		AILE.		
	RÉSISTANCE de la rupture par millimètre carré.	ALLONGEMENT pour 100.	RÉSISTANCE de la rupture par millimètre carré.	ALLONGEMENT pour 100.	
	kg.		kg.		
1° Fers ayant 5 millimètres d'épaisseur d'âme et au-dessous.					
Fers à double T.	Usine A.....	37,8	10	40,6	14,7
	Usine B.....	39,3	7,5	39,5	13,8
	Usine C.....	32,7	6,4	38,7	18,2
2° Fers ayant plus de 5 millimètres d'épaisseur d'âme.					
Fers à double T.	Usine D.....	37,8	11,5	38,2	13,2
	Usine A.....	39,3	11,1	39,8	12,1
	Usine C.....	35,8	14	40,5	16
	Usine E.....	39,8	15,5	38,7	12
	Usine B.....	35,9	10,3	38	14,1
Fers en U.....	Usine A.....	39,8	11,3	37,5	11,4
	Usine C.....	37,1	15,7	39,8	16,4
	Usine E.....	38,5	15,7	38,4	16,2
	Usine B.....	37,6	15,8	"	"
	Usine F.....	38,3	12,1	39,3	16,3

Essais d'une tôle en acier pour chaudière.

DÉSIGNATION DES ÉPROUVETTES.		RÉSISTANCE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ.			ALLONGEMENT P. 100.			STRICITION $\frac{S'}{S}$.		
		ÉCART			ÉCART			ÉCART		
		MOYENNE.	relevé.	en p. 100 de la moyenne.	MOTEN.	relevé.	en p. 100 de la moyenne.	MOYENNE.	relevé.	en p. 100 de la moyenne.
		kg.	kg.							
En long ..	L — 1.....	36,1	0,3	0,8	29,0	2,7	9,8	0,343	0,023	7,0
	L — 3.....	36,4			26,3			0,320		
	L — 2.....	38,1	0,8	2,1	26,0	3,5	15,0	0,349	0,021	6,2
	L — 4.....	37,3			22,5			0,328		
	L — 5.....	36,3	0,1	0,27	25,8	0,2	0,77	0,341	0,019	5,8
	L — 7.....	36,4			26,0			0,322		
	L — 6.....	36,7	0,4	1,1	28,8	3,3	12,2	0,343	0,017	5,0
	L — 8.....	36,3			25,5			0,326		
MOYENNES.....		36,7	0,4	1,09	26,2	2,4	9,1	0,334	0,020	6,0
En travers.	T — 9.....	44,1	2,8	7,0	21,5	6,3	25,6	0,344	0,030	8,4
	T — 10.....	38,7			27,8			0,374		
	T — 11.....	38,8	0,1	0,26	28,0	0,2	0,7	0,424	0,050	12,5
	T — 12.....	38,9			27,8			0,344		
	T — 13.....	38,4	0,5	1,3	26,8	1,0	3,6	0,331	0,013	3,8
	T — 14.....	38,6			28,8			0,353		
	T — 15.....	38,7	0,1	0,26	25,3	3,5	13,0	0,355	0,002	0 5
	T — 16.....	39,3			27,0			0,333		
MOYENNES.....		39,1	0,6	1,5	26,6	2,1	7,8	0,357	0,031	8,5

ANNEXE N° 8.

Tôle d'acier doux en acier Martin ordinaire (épaisseur 14 millimètres).

ESSAIS PHYSIQUES.

NUMÉRO	de SENS.	ALLONGEMENT		RÉSISTANCE		OBSERVATIONS.
		P. 100 $\frac{s}{200}$.		PAR MILLIMÈTRE CARRÉ.		
		Long.	Travers.	Long.	Travers.	
1	Travers.	.....	16,0	.....	45,3	Cassure à grains. Large défaut au centre....
2	Idem.	.....	17,0	.....	44,9	Idem. Idem.
3	Idem.	.....	17,0	.....	45,0	Cassure à grains fins. Défaut dans un angle..
4	Idem.	.....	18,0	.....	45,6	Idem. Grave défaut sur un bord
5	Long.	18,5	.....	46,5	.....	Cassure à grains fins. Grave défaut sur un bord
6 raboté.	Idem.	13,0	.....	47,2	.....	Cassure à grains fins. Grave défaut dans un angle.....
7	Travers.	.....	20,0	.....	46,2	Cassure normale. La partie centrale paraît très dure
8	Idem.	.....	23,0	.....	44,2	Belle striction. Quelques soufflures.....
9 raboté.	Idem.	.....	21,0	.....	47,2	Cassure en sifflet. Quelques parties dures au centre
10	Idem.	.....	22,5	.....	44,7	Cassure normale. Petite ligne blanche.....
11	Long.	19,5	{ Près repère.	44,0	.....	Cassure en sifflet. Larges lignes blanches....
12	Idem.	14,5	.....	43,3	.....	Cassure à gros grains. Grave défaut sur un bord
13 raboté.	Travers.	.....	21,0	.....	45,2	Cassure normale.....
14	Idem.	.....	23,5	.....	44,0	Idem.
15	Idem.	.....	21,5	{ Près repère.	42,3	Idem.
16	Idem.	.....	23,0	.....	44,5	Cassure en sifflet. Beaucoup de striction.....
17	Long.	17,5	.....	43,6	.....	Cassure en sifflet. Quelques lignes blanches..
18	Idem.	18,5	{ Près repère.	44,0	.....	Cassure en sifflet. Tache de grains. Plusieurs larges lignes blanches.....
19 raboté.	Idem.	17,5	.....	44,6	.....	Cassure normale. Quelques lignes blanches...
20	Idem.	20,0	{ Près repère.	44,9	.....	Beaucoup de striction. Quelques soufflures...
21	Travers.	.....	22,0	.....	42,5	Cassure normale. Soufflures.....
22	Idem.	.....	23,5	.....	40,7	Beaucoup de striction. Quelques soufflures. Léger défaut au centre
23 raboté.	Idem.	.....	22,5	.....	41,5	Cassure en sifflet. Quelques soufflures.....
24	Idem.	.....	24,0	.....	40,8	Beaucoup de striction. Quelques soufflures...
25	Long.	28,0	{ Près repère.	41,2	.....	Beaucoup de striction. Cassure sans défaut...
26	Idem.	21,0	{ Sur repère.	41,6	.....	Cassure normale. Large ligne blanche au centre.....
		18,8	20,9	44,1	44,0	

Partie supérieure.

Partie moyenne.

Partie inférieure.

Partie supérieure.

Partie moyenne.

Partie inférieure.

ESSAIS CHIMIQUES.

NUMÉRO de REPÈRE.	DÉSIGNATION.	CARBONE.	SILICIUM.	SOUFRE.	PHOSPHORE.	MANGANÈSE.	OBSERVATIONS.
1	Moyenne.....	0,260	0,056	0,042	0,085	0,160	Partie supérieure de la tôle.
2	Intérieur.....	0,290	0,019	0,053	0,109	0,150	
	Extérieur.....	0,250	0,100	0,025	0,037	0,150	
5	Intérieur.....	0,270	0,140	0,038	0,078	0,150	
	Extérieur.....	0,240	0,028	0,020	0,060	0,150	
6 raboté.	Moyenne.....	0,270	0,019	0,038	0,093	0,170	
8	Intérieur.....	0,270	0,028	0,040	0,078	0,150	
	Extérieur.....	0,260	0,037	0,022	0,065	0,150	
12	Intérieur.....	0,270	Scorie. 0,043	0,046	0,077	0,150	
	Extérieur.....	0,220	0,065	0,022	0,062	0,150	
14	Intérieur.....	0,260	Scorie. 0,028	0,026	0,078	0,160	Partie moyenne de la tôle.
	Extérieur.....	0,230	Scorie. 0,093	0,028	0,060	0,150	
15	Moyenne.....	0,240	0,084	0,035	0,057	0,160	
16	Intérieur.....	0,250	0,075	0,030	0,076	0,160	
	Extérieur.....	0,250	0,028	0,027	0,068	0,160	
17	Intérieur.....	0,260	Scorie. 0,046	0,054	0,073	0,180	
	Extérieur.....	0,230	Scorie. 0,084	0,042	0,060	0,150	
19 raboté.	Moyenne.....	0,260	0,170	0,048	0,085	0,150	
20	Intérieur.....	0,200	0,028	0,030	0,067	0,160	
	Extérieur.....	0,240	Scorie. 0,065	0,018	0,058	0,160	
22	Moyenne.....	0,220	0,046	0,032	0,075	0,160	Partie inférieure de la tôle.
23 raboté.	Moyenne.....	0,250	0,075	0,038	0,070	0,150	
24	Intérieur.....	0,220	0,093	0,018	0,063	0,150	
	Extérieur.....	0,200	0,046	0,019	0,057	0,150	
25	Intérieur.....	0,230	0,037	0,028	0,074	0,150	
	Extérieur.....	0,230	Scorie. 0,065	0,022	0,068	0,160	
26	Intérieur.....	0,250	0,074	0,020	0,060	0,150	
	Extérieur.....	0,210	0,130	0,015	0,049	0,150	
	MOYENNES....	0,243	0,064	0,031	0,070	0,155	

ANNEXE N° 9.

Tôle d'acier Martin pour chaudière (épaisseur 17 millimètres).

ESSAIS PHYSIQUES.

NUMÉRO de REPÈRE.	SENS.	ALLONGEMENT S P. 100 200.		RÉSISTANCE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ.		OBSERVATIONS.
		Long.	Travers.	Long.	Travers.	
1	Travers.		19,5		42,7	Cassure irrégulière. Grande quantité de larges lignes blanches.
2	Idem.		19,5		43,5	Cassure irrégulière. Grande quantité de larges lignes blanches.
3	Idem.		21,5		43,0	Cassure irrégulière. Grande quantité de larges lignes blanches.
4	Idem.		22,0		43,5	Cassure irrégulière. Grande quantité de larges lignes blanches.
5	Long.	20,0	Près repère.	44,8		Cassure irrégulière. Grande quantité de larges lignes blanches.
6	Idem.	10,0		47,3		Cassure irrégulière mi-grains, mi-nerfs. La partie centrale dure.
7	Travers.		16,0		44,5	Cassure irrégulière. Deux fortes lignes blanches.
8	Idem.		23,0		42,5	Petites lignes blanches.
9	Idem.		17,5		45,5	Cassure en sifflet.
10	Idem.		24,5		42,6	Idem.
11	Long.	18,5		43,2		Grande quantité de lignes blanches au centre.
12	Idem.	11,5	Près repère.	40,7		Large défaut au centre. Cassure sans striction.
13	Travers.		18,0		43,9	Cassure normale.
14	Idem.		23,5		41,6	Petites lignes blanches.
15	Idem.		23,0		41,7	Cassure en sifflet. Quelques points blancs.
16	Idem.		23,5		42,3	Ligne blanche sur un bord.
17	Long.	25,0		40,0		Cassure normale. Petites lignes impures.
18	Idem.	19,5	Près repère.	41,4		Grande quantité de lignes impures.
19	Idem.	13,0	Idem.	46,9		Cassure hachée de lignes blanches.
20	Idem.	15,0		43,7		Cassure normale. Quelques lignes impures.
21	Travers.		27,0		40,1	Idem.
22	Idem.		25,0		39,4	Cassure en sifflet.
23	Idem.		18,0		40,4	Cassure normale.
24	Idem.		31,0		38,7	Cassure en sifflet.
25	Long.	23,5		38,6		Idem.
26	Idem.	21,0		39,2		Cassure en sifflet. Plusieurs lignes blanches.
		17 "	22,0	42,8	42,3	

1 - 12
Partie supérieure.

13 - 19
Partie moyenne.

20 - 26
Partie inférieure.

ESSAIS CHIMIQUES.

NUMÉRO de REPÈRE.	DÉSIGNATION.	CARBONE.	SILICIUM.	SOUFRE.	PHOSPHORE.	MANGANÈSE.	OBSERVATIONS.
1	Moyenne	0,250	0,032	0,043	0,080	0,100	Partie supérieure.
2	Intérieur	0,320	0,096	0,070	0,077	0,100	
	Extérieur	0,180	0,056	0,030	0,049	0,100	
5	Intérieur	0,280	0,023	0,048	0,065	0,100	
	Extérieur	0,210	0,028	0,022	0,057	0,100	
6	Moyenne	0,280	0,028	0,058	0,073	0,100	
8	Intérieur	0,250	0,065	0,030	0,077	0,100	
	Extérieur	0,220	0,032	0,020	0,063	0,100	
12	Intérieur	0,280	0,032	0,040	0,078	0,110	
	Extérieur	0,210	0,046	0,026	0,065	0,090	
14	Intérieur	0,240	0,046	0,042	0,091	0,100	Partie moyenne.
	Extérieur	0,210	0,046	0,028	0,060	0,090	
15	Moyenne	0,240	0,028	0,028	0,065	0,100	
16	Intérieur	0,250	0,028	0,038	0,078	0,100	
	Extérieur	0,200	0,046	0,020	0,049	0,090	
17	Intérieur	0,230	Traces.	0,024	0,070	0,110	
	Extérieur	0,200	0,019	0,022	0,047	0,100	
18	Intérieur	0,240	0,019	0,028	0,117	0,110	
	Extérieur	0,220	0,046	0,026	0,057	0,100	
19	Moyenne	0,250	0,028	0,040	0,068	0,090	
20	Intérieur	0,240	0,056	0,031	0,077	0,110	Partie inférieure.
	Extérieur	0,200	0,076	0,028	0,068	0,100	
22	Moyenne	0,230	0,042	0,028	0,062	0,090	
23	Moyenne	0,220	0,028	0,030	0,057	0,100	
24	Intérieur	0,200	0,042	0,018	0,044	0,100	
	Extérieur	0,210	0,023	0,020	0,054	0,090	
25	Intérieur	0,210	0,070	0,028	0,065	0,110	
	Extérieur	0,180	0,046	0,032	0,052	0,100	
	MOYENNES...	0,229	0,0403	0,0305	0,0652	0,099	

*RÉSULTATS d'essais à la traction d'essieux avec éprouvettes prises à la circonférence
et au centre.*

Les chiffres en CAPITALES indiquent la moyenne la plus faible.

Les chiffres en **NORMANDES** indiquent que l'éprouvette d'essai de milieu a donné un résultat inférieur à ceux des deux autres éprouvettes du même essieu.

Usine A.

RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.			STRICTION.		
CIRCON- FÉRENCE.	CENTRE.	CIRCON- FÉRENCE.	CIRCON- FÉRENCE.	CENTRE.	CIRCON- FÉRENCE.	CIRCON- FÉRENCE.	CENTRE.	CIRCON- FÉRENCE.
54,5	55,5	56	20,5	20,5	22	55	53	54
47,6	49	46,9	20,5	20	27	72	53	70
49,5	49,5	48,5	20,5	22	20	"	65	64
47,5	48	46,2	23	20,5	19,5	52,3	48	49,3
48,2	47,6	47,5	28	21,5	23	50	52	54
48	48,5	46,5	23	22,5	25	51,4	52,2	52,3
50	50	52	20	18,5	19,75	63	63	57
51,5	51,5	48	18,5	18	20,5	49,5	52	59
50,1	50,6	52	17	19	17	46	46	49
50,2	48,3	50,2	22,5	19,5	20	55	42,5	57,5
55,7	51,2	48,2	17,5	19	20	54,3	54,3	55
55,4	52,2	52,7	19,25	19	19	53	42,3	54,5
58,4	57,8	55,6	18,75	16,5	16,5	48	46,3	42,2
56	53	55	19,75	18,25	20	54,5	40	58,8
52	51,4	53	16,25	18	20	52	52	52
53	50,5	54,5	13,25	15,5	17,75	53	49	56
55,3	53,8	57	14	15,5	14,5	49	56	52
53	50,4	52,5	16,5	15,75	21	56	60	60
51,7	50,2	53,6	15,5	17,25	16,75	52	54	53
53	50	54	19	18,25	17	54	55	54
52,6	48,2	53,2	17	18,5	18,5	57	54	57,5
54,5	52,8	52,5	17,5	17,5	17,5	55	51,5	55
53,2	51,2	53,2	19	16,5	17	52	46	53
48,1	47,7	49,5	24	24	24	54	65	62
49,8	48,3	50,4	20,5	20	20,5	57	53,2	59
48,8	49,4	48,8	22,5	22,5	21,5	62,5	68	62,5
52,7	50	53,2	21,5	20,5	20,5	59	50	49,5
47,2	46,8	46,8	22,5	18,5	18,5	51,5	49,3	49,5
48,9	49,2	49,7	25,5	23	24,5	58,7	47,7	59
45,9	45,8	45,7	23,5	24	22	51,6	49,3	52,2
48,5	48,5	45,7	22,5	26	25	53,3	55	45,4
45,6	45,5	44,5	23,75	23	21	53,3	51,4	52,7
54	51,8	54	19,5	17,5	18,5	55	47,3	55
46,7	43,9	46,3	28	23,5	24,5	63,9	50,6	67,9
45,5	45,5	45,4	21	20	20,5	61,3	53,1	65,4
47,9	48,2	48,3	21,5	18,75	20	52,1	47,9	53,6
49,2	48,9	48,7	26,5	22,5	27,5	61,2	54,2	54,2

RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.			STRICTION.		
CIRCON- FÉRENCE.	CENTRE.	CIRCON- FÉRENCE.	CIRCON- FÉRENCE.	CENTRE.	CIRCON- FÉRENCE.	CIRCON- FÉRENCE.	CENTRE.	CIRCON- FÉRENCE.
46,8	45,7	47,7	22,5	21,5	23	62,6	60,4	60
47,5	46,9	47,1	25,5	22	23,5	57,5	48	61,5
48,4	48	48,2	24,5	26,5	21	55,7	56	53
47,7	46,7	47,2	31	22	26	60,2	47,7	58,1
47,9	47,1	46,6	26,5	25	23,5	55,5	56,1	53,5
47,4	46,9	46,8	26,5	21	21	57,6	57,6	57,6
49,6	47	47,7	25,5	22,5	26	58,5	56	54
51,5	51,5	51,3	23,5	21	26,5	52,4	54	54,3
48	47,1	48	23	24	25	57,3	57,8	56,9
46,1	45,9	47,1	25	25,5	24	57,8	58	57,8
46,5	44,8	46,3	23,75	18,5	22,5	64,5	55,8	63,2
53,5	52,1	53,2	21	16	22	45,8	41,3	49,4
51	52,3	50,7	20	19	21,25	44,2	41,2	46,1
50,5	49,2	50,1	22	21	24	52,7	53	55,3
47,6	48	49,7	25	21,5	24,5	56,3	51,1	55,7
2604,7	2559,9	2593,5	1124,75	1058,25	1111,5	2827,0	2723,1	2893,3
MOYENNES DES 52 COULÉES.								
50,09	49,228	49,875	21,629	20,35	21,375	55,431	52,367	55,64

Usine B.

RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.			STRICTION.		
BORD.	MILIEU.	BORD.	BORD.	MILIEU	BORD.	BORD.	MILIEU.	BORD.
40	40,5	41,2	27	62,5	26,5	61,5	59,2	56,5
47,3	46,8	46,8	21	24	23,5	55,5	54,7	46
47,3	47,3	47,7	23	23	24	50,2	40,2	61,4
48,2	47,6	48,2	22	22	24	55,2	50	58,6
182,8	182,2	183,9	94,5	95,5	98,0	222,4	204,1	222,5
MOYENNES DES 4 COULÉES.								
45,7	45,55	45,975	23,625	23,875	24,5	55,6	51,025	55,625

Essais sur des essieux en acier pour voitures et wagons.

NOMBRE D'ESSAIS		RÉSISTANCE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ.			ALLONGEMENT P. 100.			STRICTION $\frac{S'}{S}$			DATES de FABRICA- TION.	PROVE- NANCE.
par GROUPES.	prélevés CÔTE À CÔTE.	MOYENNE.	ÉCART		MOYEN.	ÉCART		MOYENNE.	ÉCART			
		kg.	relevé.	en p. 100 de la moyenne.		relevé.	en p. 100 de la moyenne.		relevé.	en p. 100 de la moyenne.		
MOYENNES DE 28 ESSAIS.....		47,53	0,65	1,4	24,9	1,1	4,5	0,428	0,010	0,022	1891.	Usine E.
28 essais.	2	45,7	0,5	1,1	25,5	2,0	7,9	0,39	0,010	2,6	Marché livré de août 1890 à no- vembre 1890.	Usine G.
	2	47,4	0,2	0,4	26,5	3,0	11,3	0,47	0,052	11,0		
	2	44,6	1,3	2,9	26,0	2,0	7,7	0,44	0,023	5,2		
	2	46,2	0,4	0,9	25,0	0,0	0,0	0,43	0,000	0,0		
	2	45,7	0,5	1,1	26,0	0,0	0,0	0,42	0,031	7,4		
	2	45,9	0,3	0,65	26,3	0,5	1,9	0,40	0,031	7,7		
	2	46,6	0,1	0,2	24,3	0,5	2,1	0,42	0,009	2,1		
	2	47,3	0,5	1,1	25,5	1,0	3,9	0,51	0,015	2,9		
	2	44,5	0,0	0,0	26,3	0,5	1,9	0,42	0,002	0,48		
	2	43,2	0,0	0,0	27,8	0,5	1,8	0,37	0,006	1,6		
	2	45,1	0,2	0,4	26,5	0,0	0,0	0,41	0,020	4,9		
	2	46,2	0,4	0,87	26,0	2,0	7,7	0,44	0,008	1,8		
	2	47,6	0,3	0,63	23,0	1,0	4,4	0,49	0,020	4,1		
	2	46,5	0,1	0,22	24,5	1,0	4,1	0,44	0,007	1,6		
MOYENNES		45,9	0,3	0,7	25,6	1,0	3,9	0,432	0,017	3,8		
MOYENNES DE 28 ESSAIS.....		51,6	0,7	1,4	24,5	1,3	5,25	0,43	0,015	3,5	1890.	Usine C.
MOYENNES DE 28 ESSAIS.....		51,0	1,0	1,9	22,8	1,8	7,7	0,41	0,016	4,0	1889.	Usine H.
MOYENNES DE 28 ESSAIS.....		52,2	1,0	1,9	21,7	1,4	6,1	0,54	0,019	3,4	1888.	Usine F.
28 essais.	2	46,0	0,3	0,65	24,5	1,0	4,1	0,41	0,025	6,1	Marché livré de mars 1890 à janvier 1891.	Usine F.
	2	46,9	3,7	7,90	24,5	1,0	4,1	0,44	0,000	0,0		
	2	45,0	2,0	4,40	25,7	1,5	5,9	0,44	0,013	3,0		
	2	45,2	0,3	0,66	26,0	2,0	7,7	0,43	0,022	5,1		
	2	47,0	0,9	1,90	23,5	0,0	0,0	0,44	0,012	2,7		
	2	51,0	2,4	4,70	21,7	0,5	2,3	0,45	0,032	7,1		
	2	45,4	0,7	1,50	24,7	0,5	2,0	0,42	0,000	0,0		
	2	45,0	1,9	4,20	25,5	1,0	3,9	0,43	0,000	0,0		
	2	45,8	0,4	0,90	27,5	2,0	7,3	0,40	0,000	0,0		
	2	47,6	0,2	0,42	24,7	1,5	6,1	0,42	0,003	0,7		
	2	47,7	2,5	5,20	25,7	1,5	5,8	0,39	0,051	13,1		
	2	53,4	0,4	0,75	23,0	2,0	8,7	0,41	0,097	23,7		
	2	45,1	1,2	2,70	25,5	2,0	7,8	0,40	0,000	0,0		
	2	46,1	1,2	2,60	25,3	0,5	2,0	0,42	0,029	6,9		
MOYENNES		47,0	1,3	2,7	24,8	1,2	4,8	0,42	0,020	4,9		

