Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 45 (1919)

Heft: 1

Artikel: Note de la durée, le renouvellement et la déprécation du matériel de voie ferrée

Autor: Perey, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-34869

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: 16.07.2025

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

$$\Delta H'_{2a/_1} + \Delta H'_{2a/_2} + \Delta H'_{2a/_3} + \ldots\ldots = \Delta H'_{2a/_t}$$

comme définition de la différence totale des quantités de chaleur H_2 comptées sur l'isentropique ayant $H_{2/0}$ comme origine ; nous obtenons :

$$z'.\Delta H_{2a} + z'\frac{A}{2g}c_2^2 = (z'-1)\frac{A}{2g}c_2^2 + \sum_1^{z'} s + \Delta H'_{2a/_t}$$

ou $\sum_1^{z'} s$ représente la somme de toutes les surfaces s, soit la somme de toutes les quantités de chaleur récu-

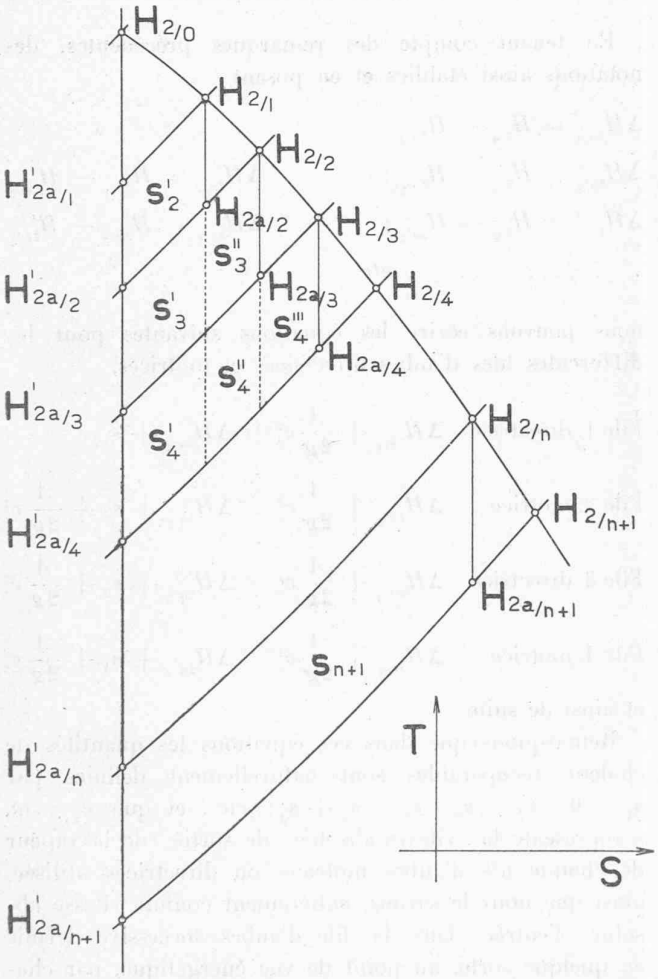

Fig. 2. — Diagramme entropie (S), température (T) relatif à la détente de la vapeur dans un ailettage Parsons (schéma).

pérables dans la turbine comme nous les avons définies auparavant.

Nous pouvons encore faire intervenir au lieu du nombre des files d'ailettes z' celui des turbines élémentaires z qui est simplement $z = \frac{z'}{2}$. Notre équation devient alors

$$2z.\Delta H_{2a} + 2z.\frac{A}{2g}c_2^2 = (2z-1)\frac{A}{2g}c_2^2 + \sum_1^{2z} s + \Delta H'_{2a/_t}$$

soit $$2z.\Delta H_{2a} = \Delta H'_{2a/_t} + \sum_1^{2z} s - \frac{A}{2g}c_2^2 \ldots\ldots (a)$$

La signification de cette relation est très simple ; nous pouvons la traduire comme suit :

La somme de toutes les différences de quantités de chaleur totales ΔH_{2a} comptées sur les isentropiques relatives aux détentes dans chaque aube directrice ou motrice, augmentée de la chaleur équivalente à l'énergie cinétique que l'on aurait à l'entrée dans la première roue directrice si celle-ci travaillait comme les directrices suivantes $\left(\frac{A}{2g}c_2^2 = \frac{A}{2g}c_0^2\right)$ est égale à la différence des quantités de chaleur totales contenues dans la vapeur au début de la détente et à la fin de celle-ci supposée isentropique augmentée des pertes récupérables sous forme de chaleur $\left(\Delta H'_{2a/_t} + \sum_1^{2z} s\right)$.

Il est évident que l'équation (a) n'est pas autre chose que l'adaptation du principe de la conservation de l'énergie au cas particulier de transformation que nous examinons maintenant.

Quelques définitions et relations entre les différentes quantités introduites dans le calcul nous sont nécessaires.

(A suivre).

Note sur la durée, le renouvellement et la dépréciation du matériel de voie ferrée

par A. Perey, ingénieur.

(*Suite* [1])

e) *Coefficients du recours des compagnies.*

Bien que le recours soit basé sur les usures effectives mesurées directement sur les rails de chaque réseau, l'examen des formules et normes précédentes s'est imposé et a donné lieu à de nombreuses discussions dans les 143 pages du recours et dans la réponse du Département fédéral du 30 octobre 1899, auxquels nous nous référons, nous bornant à noter brièvement les points essentiels de ces discussions et les renseignements fournis.

Les mesurages du *J.-S.* ont été effectués sur chaque file de rails des tronçons les plus fatigués, au moyen de l'appareil Schilling qui trace sur un carton le profil du champignon, et il n'y a plus qu'à appliquer un chablon donnant le profil du rail neuf et à mesurer directement l'usure verticale appréciée au $^1/_{10}$ de mm.

Le tableau III montre comment les 1145 mesurages des divers tronçons ont été ramenés à l'année, totalisés et moyennés par barre et pour un parcours de 6000 km. de locomotive représentant un million de tonnes brutes.

Les divers tronçons, répartis en trois groupes, ont donné les coefficients d'usure ci-après :

Voies normales ordinaires,	0,106 mm.
Ligne Pont-Vallorbe (déclivité de 38 mm. et courbes de 180 m.),	0,302 »
Tunnels,	0,268 »

qui, rapportés à la longueur respective des voies de ces trois groupes, ont donné pour le réseau normal un *coefficient* d'usure moyen de *0,112 mm.*, pour 1 M. de tonnes brutes.

Des mesurages beaucoup plus étendus n'ont pas accusé de différence appréciable, ayant donné les coefficients ci-après :

[1] Voir *Bulletin technique* 1918, p. 185.

2e série, 4823 rails (sans les tunnels),	0,119
3e série, 2348 rails (d°),	0,085
1re, 2e et 3e séries. Tunnels de plus de 1000 m.,	0,419
Id. Tunnels de moins de 1000 m.,	0,204

Les coefficients d'usure pour 1 *MT* donnés par le tableau III ont été groupés suivant les sinuosités, déclivités, tunnels, haltes et stations, mais le nombre insuffisant de mesurages pour la plupart des groupes ne permet pas d'en tirer des coefficients de majoration un peu sûrs et nous nous bornons à en noter les résumés, à titre de renseignement, par le tableau suivant :

	Rayons en m. ou déclivités en ‰	Nombre de rails		Coefficients d'usure pour un M T	
		Total	en palier ou alignem^t	généraux	en palier ou alignement
Sinuosités	140 à 199	8	4	0.330	0.341
	200 » 299	16	—	0.276	0.210*
	300 » 399	26	—	0.163	0.105*
	400 » 499	52	4	0.143	0.114
	500 » 699	46	2	0.121	0.164
	700 » 999	24	4	0.121	0.103
	1000 » 1499	67	8	0.118	0.100
	1500 » ∞	619	92	0.101	0.090
Totaux et moyennes		858	114	0.114	0.102
Déclivités	0	114	92	0.102	0.090
	0 à 5	254	218	0.120	0.115
	5 » 10	181	154	0.071	0.069
	10 » 15	120	78	0.085	0.079
	15 » 20	114	40	0.140	0.134
	20 » 25	35	17	0.107	0.084
	25 » 30	—	—	—	—
	30 » 38	40	20	0.302	0.295
Totaux et moyennes		858	619	0.114	0.102
Tunnels, Résumé		121	—	0.243	—
Haltes (Sans les arrêts) »		46	—	0.110	—
Stations, »		97	—	0.116	—

* Tirés du groupe par une réduction pour les déclivités suivant l'échelle proposée par les compagnies.

Ce tableau présente des anomalies qui, examinées de plus près, s'expliquent parfois (notamment par le faible nombre de mesurages), mais sont souvent en contradiction formelle avec le principe des majorations.

Pour le *J.-S.* et pour les autres compagnies, sauf le Gothard, le nombre des mesurages n'est pas suffisant pour donner des normes un peu probantes pour ces diverses majorations, mais les résultats pour l'ensemble de chaque réseau offrent toute garantie et montrent par leur concordance que, malgré d'énormes divergences de détail, les coefficients moyens donnent bien l'usure pour 1 *MT*.

Les compagnies ont contesté le coefficient de base de 0,08 des experts et du Département fédéral et l'ont réduit à 0,05, mais admettaient pour les remplacements isolés une réduction de 0,3 % par an qui résultait des constatations du Gothard pendant une période de 15 ans.

Sur le *J.-S.*, pendant une période de 30 ans et un âge moyen de 16 ans, ces remplacements ne représentaient en 1900 que le 2,2 % des rails posés, mais l'allure de ces remplacements se rapproche de l'ellipse, ensorte que le taux augmentera avec les années de service (graph.[1] I).

La majoration de provenance a été repoussée comme arbitraire et celle pour usure latérale comme sans importance et ne dépassant l'affaiblissement du rail correspondant à l'usure verticale que dans les courbes de petit rayon.

Cette usure latérale s'est accentuée sur des voies normales de 180 m. de rayon, où l'on a pu remédier à ce phénomène par un retournement des rails.

Un groupement de mesurages du *J.-S.* a montré que l'ensemble des usures supérieures à la limite moyenne de 7,5 mm. ne donnait qu'une moyenne de 8,26 mm. et que la proportion de cet excédent diminue à mesure que l'usure effective augmente.

Le tableau IV donne la répartition probable des usures proportionnelles pour l'usure moyenne de 7,5 mm., qui ne présentent pas de grandes divergences entre les divers groupes.

Ces groupements montrent que l'usure moyenne de 7,5 mm. est parfaitement admissible pour les rails de 36 kg., et que l'on peut parer aux usures de plus de 10 mm. par des remplacements anticipés d'environ 10 %.

Pour le recours, chaque compagnie s'est basée sur le coefficient d'usure pour 1 *MT* résultant de ses propres mesurages, avec limite moyenne de 7,5 mm. (pour les rails de 36 kg.) et réduction de 0,3 % par an de la durée ainsi déterminée.

Les résultats si discordants des mesurages groupés par déclivités et sinuosités disparaissent pour l'ensemble et les coefficients d'usure pour 1 *MT* se présentent comme suit pour les diverses compagnies :

Jura-Simplon,	0,112
Central,	0,120
Gothard,	0,112
Nord-Est,	0,120
Union,	0,111
Bœtzberg,	0,125
Sud-Argovie,	0,110

Comme après 10 ans d'exploitation il n'y avait aucune usure appréciable sur les rails du Brünig, le *J.-S.* a admis la durée du Département en portant de 4 à 6 mm. la limite d'usure.

Ces résultats si concordants pour des réseaux qui, sauf le Gothard, sont dans des conditions peu différentes, montrent que, malgré de fortes divergences dans les détails, l'usure moyenne est bien en proportion du tonnage et que ce mode d'évaluation peut être employé en toute confiance.

L'usure verticale des rails d'acier étant admise comme proportionnelle au tonnage, le renouvellement devrait être presque nul les premières années, mais la nécessité de se procurer par réfection anticipée le matériel d'entretien entraîne la mise au rebut de pièces à usure incomplète, et cette proportion étant en rapport direct avec cette usure, la courbe de renouvellement se rapprochera beaucoup de l'ellipse.

Le graphique I donne la pose et le retrait des rails en fer et acier des lignes du *J.-S.* depuis leur origine, en 1855, jusqu'en 1902, avec quelques suppositions pour les années antérieures à 1872.

Les abscisses sont proportionnelles au tonnage et les ordonnées à différentes échelles.

Les ellipses sont déduites des normes des experts, des retraits de rails d'acier dès l'origine à 1898, par la formule (1), et enfin du tonnage et de la durée résultant du recours, c'est-à-dire des mesurages de l'usure verticale. Ces deux dernières diffèrent très peu.

On voit combien il était encore difficile d'établir, sans recourir à l'ellipse, la durée probable des rails d'acier après une durée maximale de 27 ans et moyenne de 13 ans, les retraits n'atteignant que 15 km. sur un total de 930, en 1898.

[1] Voir ce graphique à la page 185 du *Bulletin technique* de 1918.

III. CHEMINS DE FER DU JURA-SIMPLON

TABLEAU RÉSUMÉ

des mesurages de l'usure verticale des rails d'acier sur le réseau et de l'usure moyenne pour 6000 km. de locomotives correspondant à 1 million de tonnes brutes.

N^os des tronçons	DÉSIGNATION DES TRONÇONS MESURÉS	POSITION KILOMÉTRIQUE	PROVENANCE DES RAILS	Poids par m^l	SINUOSITÉS ET DÉCLIVITÉS	Année de pose	Durée en service	MESURAGES: Nomb. de barres	MESURAGES: Usure verticale annuelle: totale	MESURAGES: Usure verticale annuelle: par barre	Parcours annuel des locomot. par km. de voie	Usure pour 6000 km. de locomot. correspondant à 1 million de tonnes brutes: totale	Usure pour 6000 km. de locomot. correspondant à 1 million de tonnes brutes: par barre
				kg.					mm.	mm.		mm.	mm.
	Report							70				15.5252	
7	Sonceboz-Delémont	53.650—53.700	Hœsch et Krupp 81	33	$R = \infty$; 21 ‰	1881	12	2	1.499	0.746	8100	4.1525	0.4614
	»	54.080—54.315	Krupp 1879/1881	33	$R = \infty$; 1 ‰	1882	11	7	4.107	0.585			
	»	53.800—53.870	Union 1883	33	$R = \infty$; 21 ‰	1883	10	2	1.050	0.525	8300	0.7590	0.3795
	»	68.100—70.300	Krupp 1876	33	$R = \left\{\begin{matrix}300\\ \infty\end{matrix}\right\}$; 25 ‰	1877	16	10	4.233	0.423	7200	6.3908	0.3311
	»	70.300—79.800	Krupp 1876	33	$R = \left\{\begin{matrix}300\\ \infty\\ 300\end{matrix}\right\}$; 25 ‰; 15 ‰	1877	16	9	3.436	0.382			
	Totaux							100				26.8275	

I. Tronçons à ciel ouvert : Usure verticale moyenne pour 1 million de tonnes brutes, correspondant à 6000 kilomètres de locomotives $= \frac{105.8122}{999} = 0.106$ mm.

II. Ligne Pont-Vallorbe à ciel ouvert : » » » » $= \frac{13.900}{46} = 0.302$ mm.

III. Tunnels : » » » » $= \frac{26.8275}{100} = 0.268$ mm.

Résumé pour 1896.

Longueur des tunnels J.-S. 1896	22 151 m.	
» » 1895	22 364 »	
Ensemble	44 515 m.	
Longueur moyenne	22 257 m.	
A ajouter : Double-voie du tunnel des Crêtes	301 »	
Longueur totale des voies posées dans les tunnels	22 558 m.	
Longueur totale des voies posées en acier, moyenne 1895/1896		844 559 m.
A déduire : Longueur des voies en tunnel	22 558 m.	
Longueur du Pont-Vallorbe (8706 + 176 — 431) =	8 451 »	
Total à déduire		31 109 »
Reste : Longueur de voie à ciel ouvert		813 550 m.

Usure moyenne des rails acier du réseau normal du J.-S. déduite des mesurages.

(I). Pour les voies à ciel ouvert	813 550 m.	× 0,106 mm.	=	86 236,300 mm.
(II). Pour la voie du Pont-Vallorbe	8 451 »	× 0,302 »	=	2 552,202 »
(III). Pour les voies en tunnels	22 558 »	× 0,268 »	=	6 045,544 »
Ensemble	844 559 m.	Ensemble		94 834,046 mm.

d'où

$$\textit{Usure moyenne du réseau} = \frac{94\,834{,}046 \text{ m.}}{844\,559 \text{ m.}} = 0{,}112 \text{ mm. pour } 1 \textit{ million de tonnes brutes.}$$

Les ruptures s'étant montrées presque constantes malgré l'extension des voies en acier, le tracé de l'ellipse tient compte de cette circonstance.

Le rachat de 1903 ayant mis fin au procès et à l'existence du *J.-S.*, ces recherches n'ont malheureusement pas été poursuivies.

3. Rails en fer.

Les parties en cause ayant, à tort ou à raison, admis pour durée des rails en fer les $^2/_5$ de celle des rails en acier, la question n'a pas été étudiée de près et, comme ce matériel était déjà bien réduit en 1896 et avait presque entièrement disparu des voies principales en 1903, sa durée ne présente guère qu'un intérêt historique, que nous limiterons au J.-S.

Sur ce réseau, après un premier essai de rails d'acier en 1871, l'emploi du fer sur les lignes principales fut abandonné vers 1878, mais maintenu jusqu'en 1882 et 1889 sur les lignes du Valais et de la Broye pour l'écoulement d'un stock provenant d'une commande exagérée (graph. I).

Le remplacement de ces rails était généralement nécessité par un décollement de la surface du champignon et leur résistance variait beaucoup avec la provenance.

L'ingénieur Coüard, déjà cité, donnait pour le P.-L.-M.

IV.

USURE DES RAILS D'ACIER

(Mesurages du J.-S.)

Répartition proportionnelle de l'usure verticale des rails d'acier, pour l'usure moyenne de 7,5 mm.

Numéros d'ordre du tableau 203	Désignation des tronçons mesurés	Kilomètres	Coefficient	Usure verticale constatée			Nombre de rails	Usure proportionnelle pour la moyenne de 7.5 mm.													
									Répartition des barres suivant les usures de mm.												
				minimum	moyenne	maximum		Minimum	< 5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5	8,5-9	9-9,5	9,5-10	> 10	Maximum
				mm.	mm.	mm.		mm.													mm.
47	Pont-Vallorbe	2800-9000	4,40	1,25	1,70	2,50	46	5,50	—	5	5	—	4	7	16	—	5	—	—	4	11.00
47bis	» »	9000-9675	3,40	1,67	2,22	3,00	10	5,68	—	—	4	—	1	—	—	2	—	2	—	1	10.20
	Total						56		—	5	9	—	5	7	16	2	5	2	—	5	
	Proportion en %						—		—	8,9	16,1	—	8,9	12,5	28,6	3,6	8,9	3,6	—	8,9	
	Récapitulation :																				
	Lausanne Genève, voie lac						194		31	16	17	7	18	19	23	5	12	12	11	23	
	Lausanne-Genève, voie montagne						190		23	7	5	34	22	12	9	33	18	3	3	21	
	Lausanne-St-Maurice.						68		8	7	2	7	2	10	4	11	7	2	1	7	
	Eclépens-Chavornay et Yverdon-Grandson.						104		6	6	8	11	4	17	6	25	10	—	2	9	
	Croy-Vallorbe						56		3	1	4	11	8	—	12	1	5	6	1	4	
	Auvernier-Noiraigue .						44		7	4	—	2	2	3	8	2	—	7	1	8	
	Lausanne-Berne . . .						111		6	4	7	11	9	30	7	12	9	4	5	7	
	Bienne-Sonceboz. . .						112		11	15	3	20	3	4	20	3	8	6	2	17	
	Sonceboz-Delémont .						34		7	2	—	—	4	2	5	1	4	3	1	5	
	Littau-Lucerne. . . .						44		2	4	6	5	5	3	5	2	4	1	—	7	
	Choindez-Courrendlin et Court-Moutier .						33		—	2	—	7	6	1	6	—	8	1	2	—	
	Viège-Brigue						158		14	—	3	40	—	35	—	13	29	—	16	8	
	La Sarraz-Arnex. . .						22		3	4	—	—	—	7	—	—	4	—	—	4	
	Pont-Vallorbe						56		—	5	9	—	5	7	16	2	5	2	—	5	
	Total général .						1226		121	77	64	155	88	150	121	110	123	47	45	125	
	Proportion générale en %						—		9,9	6,3	5,2	12,6	7,2	12,2	9,9	9,0	10,0	3,8	3,7	10,2	

NB. — Le coefficient est le rapport de l'usure de 7,5 mm. à l'usure moyenne absolue constatée par les mesurages.

(*Revue générale*, 1884, I, 105) une durée totale correspondant au passage de 98 000 trains, dont 49 000 sur les voies principales.

Pour l'ensemble du réseau J.-S., ouvert en 1855, nous avons trouvé (graph. I) comme âge et tonnage moyens des rails enlevés : 12 ans et 7 *MT*.

La durée moyenne des rails en fer sur le J.-S. n'a donc guère dépassé 12 ans et bien que les 213 km. qui restaient en 1902, presque en entier dans les voies secondaires, aient 30 à 40 ans de service, leur durée future, représentée approximativement par le triangle *QRS*, sera sans importance sur la durée moyenne de l'ensemble.

Les graphiques établis pour les lignes de la Broye et Bouveret-Brigue ont donné une durée moyenne de 20 ans pour les premières et 27 ans pour la dernière, en raison de la faiblesse du trafic. *(A suivre.)*

Acier doux ou acier dur.

L'emploi de l'acier doux a passé comme dogme dans la construction en béton armé. Ses avantages sont importants. C'est d'une part sa facilité de façonnage sans danger de cassure à froid ni de trempe au travail de forge. Sa ténacité met l'entrepreneur à l'abri de la rupture pendant la manutention, par temps froid spécialement. Il assure enfin un travail de déformation considérable avant de rompre par traction.

Ces qualités précieuses ont malheureusement leur revers. Le métal doux possède une résistance à la rupture bien modérée, et une limite apparente d'élasticité plus modérée encore. On peut même la trouver souvent inférieure aux justes exigences de l'ingénieur bétonnier.

Les qualités requises de l'acier ne sont en effet pas les mêmes dans le béton armé que dans la construction métallique. Dans la charpente en fer, la limite apparente d'élasticité sauve les situations précaires en établissant par l'étirage des pièces surmenées un nouvel état d'équilibre adéquat à la construction en service. Notons les pièces trop courtes, les affaissements d'appuis, les nœuds rigides et les efforts secondaires. Dans le béton armé il en est tout autrement. La limite apparente ne rétablit rien, au contraire elle annonce la rupture par l'écaillement corrélatif du béton ; l'ingénieur la considère donc comme marquant la phase de condamnation du béton exténué. Il ne désire qu'une chose, c'est de la voir monter le plus haut possible. Le béton armé ne craint pas les chocs quand il est assez massif, car il est supérieurement entretoisé. La capacité de travail mécanique de l'armature joue dès lors ici un rôle bien effacé, qui ne saurait prévaloir sur les inconvénients de l'étirage lui-même.

Les qualités requises de l'armature peuvent se juger soit dans la période élastique, soit dans la phase de destruction. C'est la sécurité aux premières fissures ou celle à la rupture. Toutes deux ont leur intérêt, la première garantissant la bonne conservation de l'ouvrage et la seconde donnant au propriétaire l'assurance de la marge à laquelle il a droit.

La sécurité aux premières fissures dépend plutôt de l'allongement élastique du métal, et par conséquent de son module d'élasticité en même temps que de son effort spécifique. Comme jusqu'ici on n'est malheureusement pas parvenu à rehausser ce module, le seul moyen de s'épargner des fissures consiste

à noyer beaucoup d'armature dans beaucoup de béton. Moyen onéreux et fréquemment inefficace, à cause du retrait. Seul, le faible taux de travail du métal donne ici un espoir fondé, quoique encore bien aléatoire. C'est un atout pour l'acier doux, peut-être le meilleur. Ajoutons que les premières fissures restent sans grand danger si l'atmosphère ambiante n'est pas corrosive et si les charges sont quelque peu constantes.

La sécurité à la rupture est au contraire essentielle, puisque c'est sur elle que se fondent les calculs et la valeur proprement dite de la construction en béton armé. Les dernières expériences de laboratoires ont démontré que von Thullie avait été pessimiste autant que logique en faisant coïncider la rupture du béton armé avec l'étirage de son armature ; toutefois l'apparition de cette phase amène la destruction à bref délai et longtemps avant la rupture de l'armature métallique. Le double postulat du bétonnier visera donc à obtenir une limite apparente d'élasticité aussi élevée et aussi constante que possible, tout en ménageant au métal un allongement de rupture suffisant à satisfaire aux nécessités du façonnage et de la manutention.

L'acier doux normal présente une limite apparente moyenne allant de 2,5 t/cm² à 3,1 t/cm² suivant l'usinage et le degré du laminage, les petits profils se montrant les plus résistants en général. A ce taux, nous aurons une sécurité minimum de deux avec la fatigue normale de 1,2 t/cm² en service. Ce serait parfait si le minimum nous était garanti ; il n'en est rien au contraire. Les essais officiels des laboratoires allemands ont marqué des minima absolus de 2,0 t et même de 1,78 t/cm², ce dernier chiffre pour une barre de 16 mm. Les maxima sont par contre montés à 4,58 et même 5,71 t/cm² pour une barre de 20 mm. Les ruptures se sont produites aux taux apparents de 3,58 à 7,77 t/cm² pour les mêmes extrêmes. La sécurité de 2 ne nous est donc nullement garantie par les minima, et les maxima ne nous sont qu'une faible consolation dans l'état actuel des prescriptions. Même l'allongement à la rupture, cette base de la conception du travail mécanique de rupture, nous offre des extrêmes constatés de 11 et 38 % dans les mêmes séries d'essais. L'acier doux est donc un métal capricieux au plus haut degré, pas beaucoup moins que le béton soigné et contrôlé.

L'acier dur, ou plutôt mi-dur, aurait-il l'avantage d'une plus grande stabilité, nous ne le croyons pas. Mais en admettant pour lui la même instabilité, ce qui est déjà largement prévu, nous devons concéder qu'il possède au moins l'avantage d'une haute résistance au premier étirage. Un acier riche, contenant 0,5 à 0,6 % de carbone peut nous assurer une limite apparente d'élasticité de 3,5 à 3,9 t/cm² avec une rupture allant de 5,5 à 6,0 t environ et un allongement spécifique de 16 à 20 % en cas d'usinage soigné. Le Dr Giolitti n'a-t-il pas réalisé, comme le *Bulletin technique* nous le faisait remarquer récemment, des allongements de 15 à 30 % avec un étirage atteignant de 4,0 à 7,5 t/cm² et une rupture de 6,5 à 8,5 t ? Admettant le même taux de sécurité, minimum cette fois, de 2 à la destruction du béton armé, nous pourrions envisager des taux de travail théoriques de 1,5 et même 1,8 t/cm², pour ne pas aggraver le risque de fissures.

L'avantage de l'acier mi-dur est tout aussi grand dans les pièces comprimées que dans celles qui résistent à la flexion. Tandis que nos voisins du nord voient leur acier comprimé majoré 15 fois lors du calcul de la section complexe, nous nous tenons en Suisse sur la prudente réserve de 10, dépassant ici en sagesse même les Français. La raison doit se trouver dans le risque de refoulement du métal comprimé, et dans la diminution conséquente d'action qui en résulte au moment de l'écrasement du prisme armé. De même, l'étrier et la frette, qui ne travaillent guère que pour empêcher le gonflement et l'éclatement du béton, avec le flambement corrolaire des armatures longitudinales, aurait tout avantage, et le pilier avec eux, à se forger en acier dur. L'ingénieur Barkhausen cite à ce propos des piliers octogonaux de 900 cm² de section utile, frettés par du 7 mm. à 3 cm. de pas, les uns à l'acier doux, les seconds au mi-dur et les derniers au dur. Les résultats ont été, dans le même ordre

Premières fissures	157 t	164 t	172 t
Rupture	205 t	267 t	296 t

C'est du 30 et même du 45 % d'augmentation à l'écrasement. Une série d'essais n'est pas l'Evangile ; elle n'en caractérise pas moins un avantage réel.

Le métal mi-dur est délicat et sujet à surprises, c'est connu. Il y a pourtant, outre l'usinage moderne qui a fait des progrès immenses pendant la guerre, un moyen de contrôler très suffisamment, et sans frais ni déchets, la résistance de tout ou partie des barres livrées, c'est la bille de Brinell. En un tour de main on est renseigné sur la valeur probable du travail de déformation de l'acier soumis et l'essai peut se faire au point le plus fatigué de la barre après sa mise en servive, sans lui nuire aucunement. Cette auscultation, aussi fréquente que désirable, donnera au constructeur le degré de sécurité réel de façon bien plus approchée que ne le fera l'éprouvette levée au hasard sur toute une fourniture et soumise à la machine à traction. L'un n'empêche pas l'autre, au contraire, car l'essai indirect de Brinell ne saurait remplacer le contrôle immédiat demandé par les prescriptions. Il permettra seulement de s'avancer avec une plus grande assurance dans l'obscurité qui règne sur la résistance effective et détaillée fournie par le stock de barres déposé sur le chantier par un vendeur intermédiaire.

La construction en béton armé souffre du prix excessif du métal. Toute économie justifiée est une mesure sage, urgente même, et qui négligée, risque de se voir remplacée par des économies moins avouables. Nous croyons donc indiqué, nécessaire même, de revoir nos règlements qui frappent d'ostracisme tout métal ne portant pas l'étiquette « Acier doux ». Nous avons vu que cette marque cache bien des maquillages. Mieux vaut envisager la question en face et songer à tirer parti de chaque barre selon ses mérites en renonçant à baser tous les calculs sur un minimum encore aléatoire. Ceci d'autant plus que la crise actuelle a forcé à l'emploi des métaux soudés ou durs, selon la rencontre et sans inconvénients jusqu'ici, et ceci au vu et au su des autorités.

La solution pourrait consister à fixer simplement :

a) un taux de sécurité minimum basé sur la limite apparente d'élasticité du métal employé et dépendant du mode d'application des charges ;

b) un taux de travail maximum à ne dépasser sous aucun prétexte ;

c) un coefficient de travail mécanique minimum, comme c'est l'usage actuellement ;

d) un essai de chaque type de barres à la bille de Brinell, essai à contrôler régulièrement par les Laboratoires officiels.

Dans ces limites, le conducteur resterait libre d'employer tout métal forgeable qui lui est offert, sous réserve d'un traitement mécanique adéquat, et sous garantie suffisante d'homogénéité et d'usinage irréprochable.

Prof. A. Paris, ingénieur.