

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 51 (1925)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Usure et défauts des rails  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-39493>

### **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:** 14.07.2025

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

# BULLETIN TECHNIQUE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN  
 ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES  
 ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Usure et défauts des rails.* — *La plus puissante centrale Diesel du monde, à Shanghai.* — *Concours d'idées pour l'établissement d'un Plan d'extension de la Commune de Saint-Maurice (suite et fin).* — *Méthodes modernes d'épuration des eaux d'égout en Europe et en Amérique,* par le D<sup>r</sup> Hans PETER, ingénieur à Zurich, directeur de la Société d'Entreprise de Forages et de Travaux, S. A., Zurich-Berne. — *NÉCROLOGIE : François Schüle.* — *SOCIÉTÉS : Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes.* — *CARNET DES CONCOURS.* — *Service de placement.*

## Usure et défauts des rails.

Dans le 69<sup>e</sup> mémoire de ses *Etudes expérimentales de technologie industrielle*<sup>1</sup>, M. Ch. Frémont apporte une remarquable contribution à la solution du problème, souvent si faussement interprété, de l'usure des rails de chemins de fer.

« On admet généralement, dit M. Frémont, que plus l'acier est *dur*, moins le rail s'use. Cependant, depuis longtemps, certains ingénieurs ont constaté l'inexactitude de cette hypothèse. » Et, pour confirmer son assertion, M. Frémont fait appel à son inépuisable érudition.

Mais qu'entend-on ici par *dureté* de l'acier ? C'est la charge rapportée à l'unité de section primitive sous laquelle un barreau de cet acier se rompra lors de l'épreuve classique à la traction.

Or, M. Frémont admet que ce n'est pas cette valeur conventionnelle de la résistance à la traction qui conditionne la résistance du rail à l'usure, mais bien ce qu'il appelle la « résistance finale à la traction » et qui n'est autre que « la résistance qu'on obtient par le calcul en divisant l'effort auquel était soumise l'éprouvette au moment de la rupture par la section *réelle* de rupture, correspondant à la striction ».

Le petit tableau suivant montre que cette résistance « finale » est loin d'être proportionnelle à la résistance « conventionnelle ».

	Résistance conventionnelle kg/mm <sup>2</sup>	Résistance finale kg/mm <sup>2</sup>
N° 1, acier extra-doux, pour carrosserie . . .	37,70	111,40
» 2 » doux p <sup>r</sup> charpentes métalliques . . .	46,50	111,60
» 3 » demi-dur pour machines . . .	60,00	112,50
» 4 » » » p <sup>r</sup> rails de chem. de fer . . .	74,00	85,00

« Les trois premiers aciers ayant à peu près la même résistance finale, résisteront comme rails, à peu près également à l'usure et dureront plus que le quatrième dont la résistance finale est beaucoup plus faible ; cela, en supposant établie l'influence de la résistance finale sur la résistance à l'usure ». Cette hypothèse rend compte du fait, maintes fois constaté, que « certains rails en acier doux ont mieux résisté en service que d'autres en acier plus dur ».

<sup>1</sup> En vente chez l'auteur, à Paris (18<sup>e</sup>), 25, rue du Simplon.

Toutefois cette vérification de son hypothèse ne suffit pas pour satisfaire M. Frémont. « Quoiqu'il en soit, dit-il, pour savoir quelles sont les conditions qu'on doit imposer pour la fourniture de l'acier à rails, il faut d'abord connaître le phénomène mécanique qui constitue l'usure normale du rail » et il ne croit pas que ce phénomène soit élucidé par les « explications hypothétiques » qui en ont été données.

De ces hypothèses, l'une émise par Snelus, en 1882, attribue l'usure des rails à l'*abrasion*. « Cette explication serait admissible, observe M. Frémont, s'il était prouvé qu'il y a arrachement de parcelles de métal sous l'effet du roulement des roues. »

« Or, dans l'usure normale du rail on ne constate pas un arrachement continu de parcelles d'acier sur la table de roulement, mais, au contraire un écoulement latéral sous forme de bavures, ce qui indique bien que, généralement, l'usure du métal s'effectue par écrasement et non par abrasion. »

Ce n'est pas à dire qu'on ne connaisse pas de cas d'usure des rails par abrasion, mais « ces usures sont accidentelles et différentes de l'usure normale ».

Une autre hypothèse, soutenue notamment dans un mémoire récent de M. J. E. Howard, invoque à la fois l'abrasion et le « laminage à froid dû au roulement des roues ».

« Or, l'hypothèse du laminage à froid par roulement de la roue ne paraît pas plus exacte que celle de l'abrasion par le frottement ; en effet, le laminage produirait sa principale déformation dans le sens longitudinal du rail et c'est le contraire que nous constatons : les rails n'ont qu'une déformation longitudinale très faible et, au contraire, une déformation très importante sur les bords latéraux du champignon », comme l'atteste la figure 1.

Après avoir décrit les expériences ingénieuses qu'il a exécutées pour réfuter cette théorie du laminage en montrant qu'une « roue de 1 m. de diamètre posée sur un rail en acier extra-doux (25 kg./mm<sup>2</sup> pour limite d'élasticité) et supposant une charge de 8500 kg. ne déformera pas ce rail d'une manière permanente, mais seulement élastique, » M. Frémont entreprend de répondre à la question : « Comment travaille le rail en service ? »

« Le rail est une poutre continue supportée par des tra

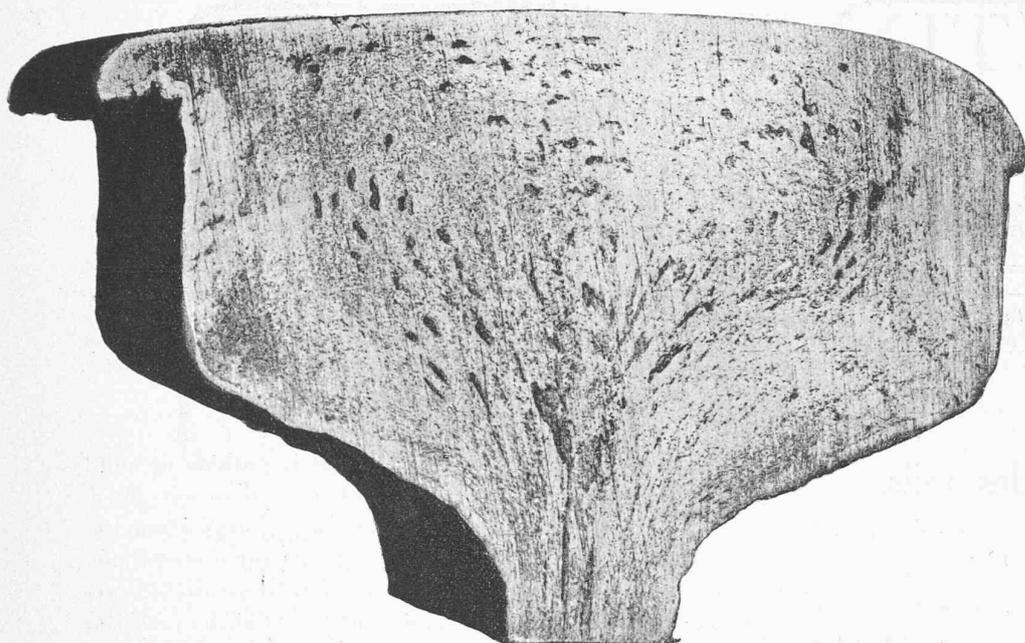


Fig. 1. — Déformation, par bavures latérales de la table de roulement d'un rail.

verses également distantes, de sorte que si on considère un tronçon de rail compris entre deux traverses consécutives, on constate que ce tronçon est fléchi dans un sens sous le poids direct de la roue et fléchi en sens inverse quand la roue est en deçà et au delà, c'est-à-dire avant la portion précédente et ensuite, après. Par ces flexions alternées du rail, le champignon et le patin subissent successivement des compressions et des tensions brusques et d'une durée très courte, variable avec l'écartement des traverses et la vitesse de la roue, mais en moyenne de l'ordre d'un vingtième à un trentième de seconde d'une flexion à la suivante. »

Mais les fatigues *statiques* engendrées par ces flexions alternées ne sont, pas plus que l'abrasion ou le laminage, la cause prépondérante de l'usure, car « nous avons vu que statiquement, avec une roue chargée à 8500 kg. on atteint à peine la limite d'élasticité (25 kg./mm<sup>2</sup>) du rail en acier doux ; or, les aciers à rail ont généralement 40 à 45 kg./mm<sup>2</sup> pour limite d'élasticité, à l'état neuf, et leur limite d'élasticité, sur la table de roulement, s'élève rapidement par l'écroûissage croissant avec le service. On peut donc conclure que statiquement, c'est-à-dire pour un roulement extrêmement lent de la roue, le rail qui la

supporte n'aurait aucune déformation permanente et ne s'userait pas du fait de la charge.

« Mais, en pratique, la roue n'avance pas lentement, mais, au contraire, avec une très grande vitesse et la durée du contact de la roue avec un point du rail est extrêmement courte, de l'ordre de  $\frac{1}{2500}$  de seconde, pour une vitesse de 72 km. à l'heure d'après les expériences de M. Frémont.

« Le contact brusque et rapide produit par le déplacement horizontal de la roue sur le rail est une percussion analogue à celle que produirait soit la même roue tombant verticalement, soit un violent coup de marteau ; la couche d'acier à la surface du rail, brusquement comprimée, n'a pas un temps matériel suffisant

pour transmettre aux couches sous-jacentes l'effort qu'elle supporte et, de ce fait, absorbe à peu près seule la quantité de travail dynamique qu'elle a reçue. La pression exercée sur le rail par le contact de la roue chargée est donc une action *dynamique* avec une vitesse d'impact d'autant plus grande que la vitesse de roulement augmente. »

Pour interpréter correctement les effets de cette action dynamique, il faut tenir compte de l'inertie de la matière dont une des manifestations bien connues est l'évasement en forme de tulipe de la face d'un cylindre de cuivre sur

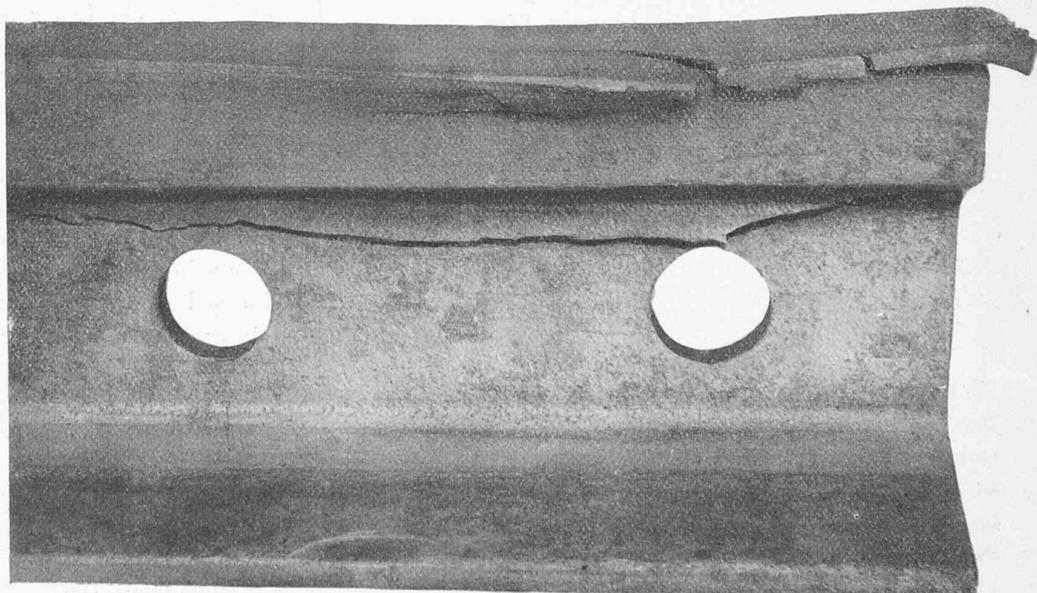


Fig. 2. — Ecoulement du métal dans le sens longitudinal et dans le sens transversal sur la table de roulement. La lame de métal détachée s'allonge et s'élargit sous le choc des roues.

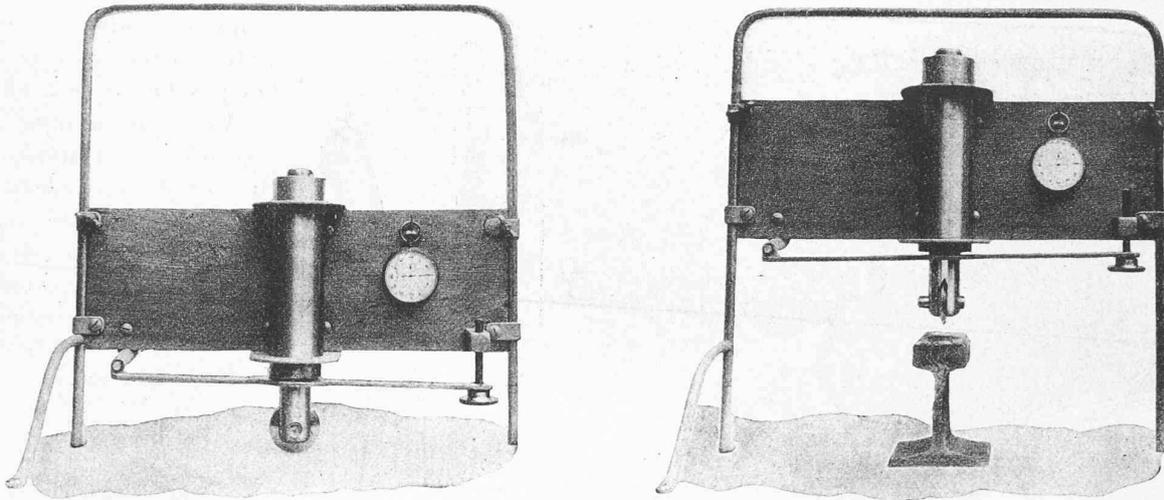


Fig. 3 et 4. — Machine portable de M. Frémont, pour les essais de dureté à la molette tranchante, sous charge de 5 kg.

laquelle on assène un coup de marteau ; ce phénomène étant dû à la compression de cette face, entre le percuteur et les couches sous-jacentes du métal qui « résistent beaucoup à prendre une grande vitesse tout à coup », comme disait Mariotte.

« C'est ce phénomène d'inertie qui explique pourquoi la roue qui, à très faible vitesse, ne déforme qu'élastiquement le rail, le déforme au contraire d'une manière permanente et sur une très *faible épaisseur* quand la roue avance à grande vitesse.

« Cette déformation permanente s'effectue transversalement comme nous l'avons montré par l'exemple de la figure 1, parce que l'écoulement du métal dans ce sens éprouve moins de résistance que dans le sens longitudinal du rail ; en effet, la couche supérieure, à la surface de roulement, est soutenue longitudinalement par la couche sous-jacente d'une grande longueur, tandis que dans le sens transversal elle l'est beaucoup moins. »

« Aussi quand, accidentellement, à l'extrémité longitudinale d'un rail une bande de métal est détachée à quelques millimètres de la surface de roulement, l'écoulement du métal n'étant plus retenu longitudinalement s'effectue dans ce sens. »

A titre d'exemple de ce phénomène, la figure 2 « montre un rail dont la surface de roulement s'est détachée à quelques millimètres de profondeur, formant ainsi à l'extrémité du rail une bande plate de toute la largeur du champignon ; cette bande, écrasée par les roues passant en vitesse et n'éprouvant pas plus de résistance à l'écoulement du métal dans un sens que dans l'autre, s'est à la fois élargie et allongée ».

« En résumé, l'*usure normale* du rail résulte d'un phénomène d'inertie : la roue chargée exerce une *pression instantanée*, tout comme dans un choc ; le roulement déforme alors le rail comme le ferait un martelage extrême-

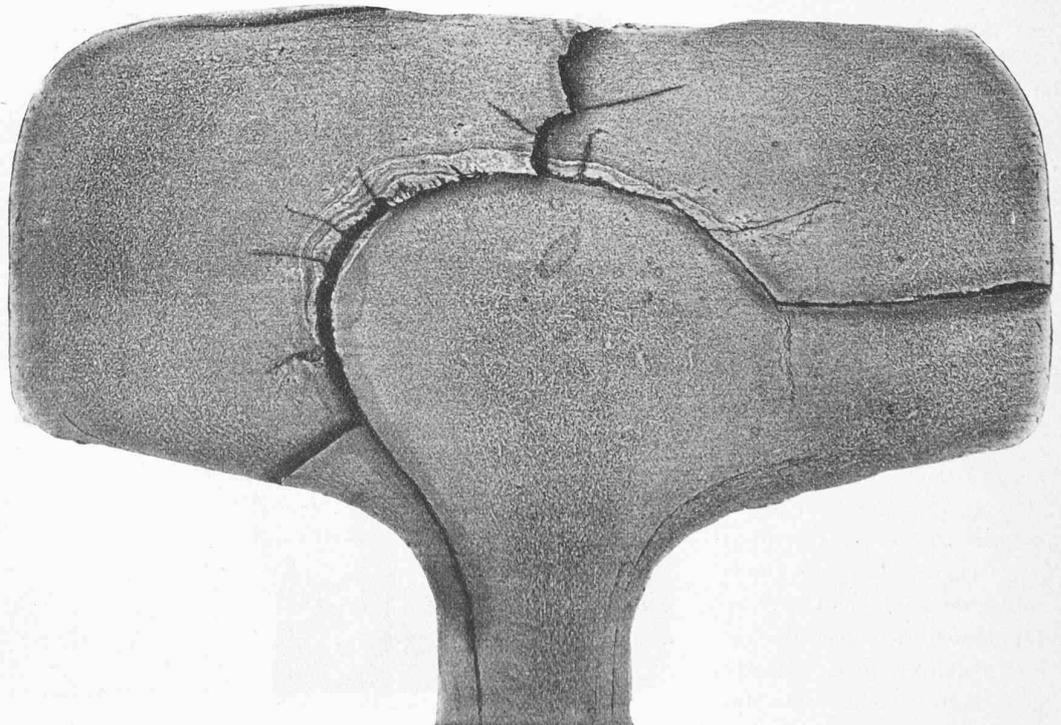


Fig. 5 — Cassure dans le champignon occasionnée par la présence du noyau de ségrégation. Décollement du métal, à la périphérie du noyau central, avec cassure latérale divisant le champignon en deux parties.

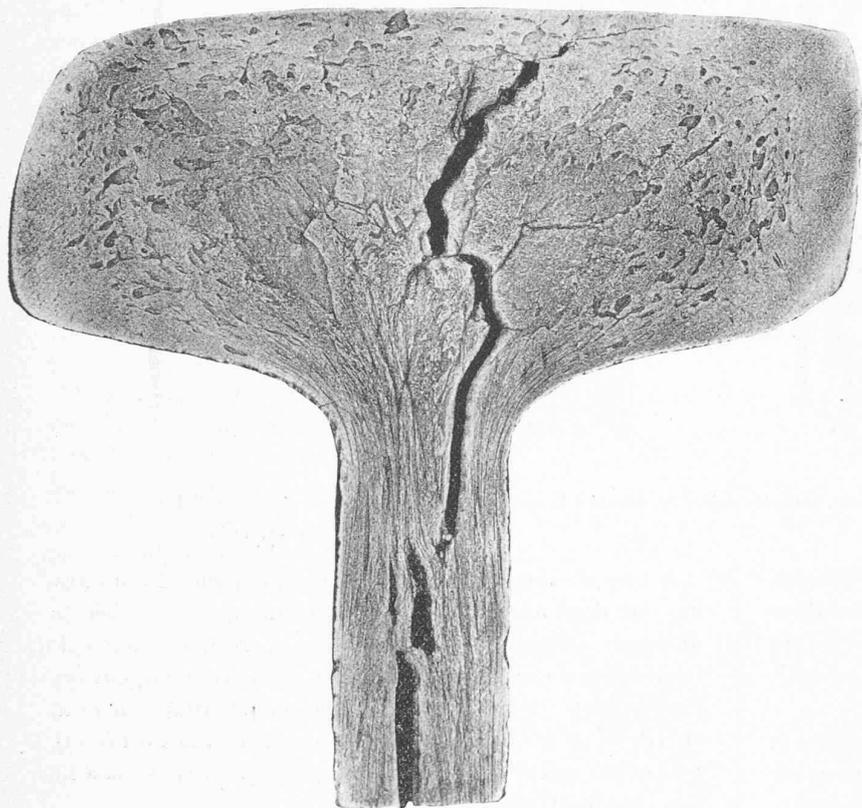


Fig. 6. — Décollement du noyau de ségrégation à l'intérieur d'un champignon non fissuré extérieurement.

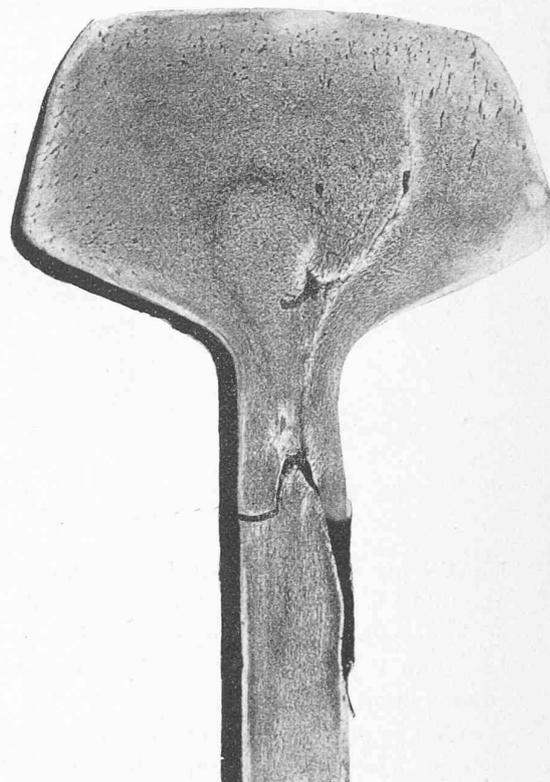


Fig. 7. — Cassure de l'âme d'un rail. Macrographie montrant le décollement des noyaux de ségrégation.

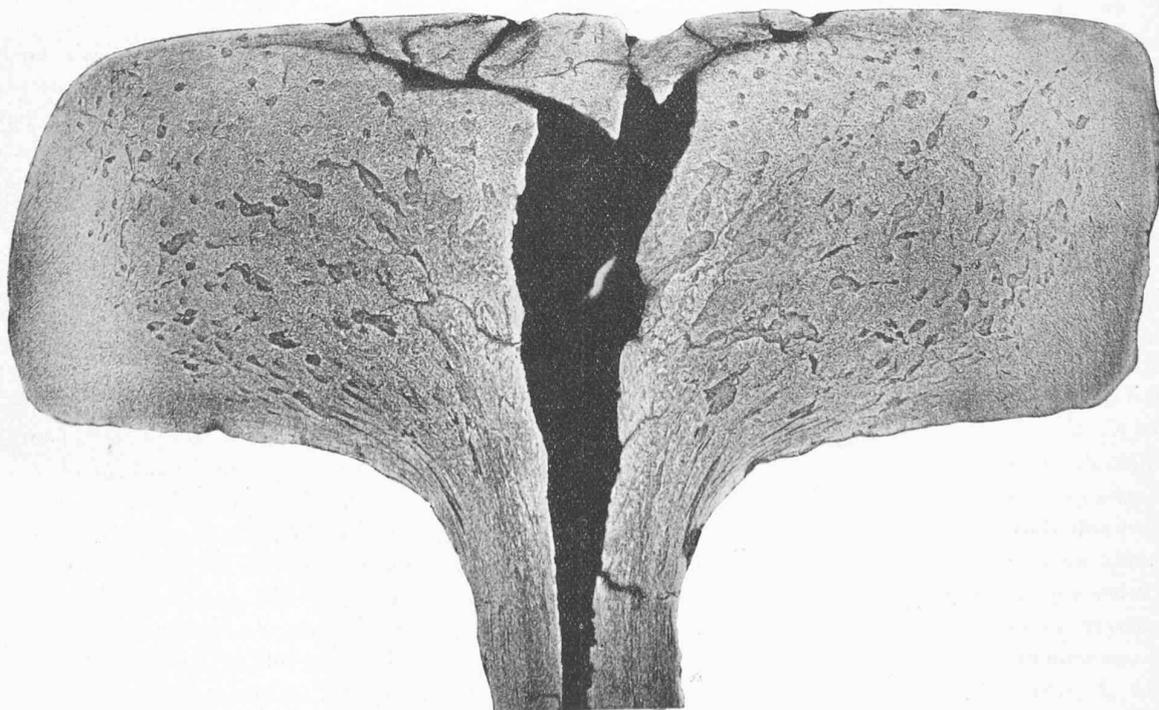


Fig. 8. — Macrographie montrant la formation de la lamelle d'exfoliation par la bifurcation de la cassure interne à la rencontre du métal plus sain, près de la table de roulement.

ment rapide. La couche superficielle s'écroute, en se déformant, sur une épaisseur d'autant moindre que le métal devient plus dur.»

L'étiologie de l'usure des rails étant ainsi établie, M. Frémont propose comme mesure prophylactique, l'emploi d'un acier doué d'une limite d'élasticité et d'une « résistance finale à la traction » élevées, mais accusant une « résistance conventionnelle à la traction » assez basse pour que le métal n'étant pas susceptible de prendre la trempe, le danger du craquellement de la table soit éliminé.

M. Frémont a eu l'occasion d'examiner deux aciers de provenance différente et qui satisfaisaient à ces conditions puisqu'ils avaient pour caractéristiques de traction :

Limite d'élasticité	Résistance conventionnelle	Résistance finale
39	54	123 kg/mm <sup>2</sup>
36	55	131 »

et qu'ils furent reconnus non fragiles à l'essai de choc sur barre entaillé et non susceptibles de prendre la trempe.

Ces caractéristiques diffèrent notablement de celles qui figurent au cahier des charges unifié des chemins de fer français et qui varient de 65 à 80 kg/mm<sup>2</sup> pour la résistance conventionnelle à la traction, les allongements centésimaux correspondants (mesurés sur 100 mm.) variant de 10 à 7%. Tous les aciers de cette nuance sont trempants et, par suite sujets au craquelage.

En Suisse, l'Union de chemins de fer secondaires (cahier des charges de 1924) exige des rails encore plus durs puisque la résistance minimum pour rails Vignole est de 65 kg/mm<sup>2</sup> (limite d'élasticité: 36 kg/mm<sup>2</sup>, allongement (sur 200 mm.): 15%) et la résistance minimum pour les rails à gorge, de 75 kg/mm<sup>2</sup> (limite d'élasticité: 40 kg/mm<sup>2</sup>, allongement: 12%).

Il serait intéressant de connaître les raisons qui ont dicté ces choix et de savoir si l'action dynamique invoquée par M. Frémont se manifeste par des phénomènes semblables (toute proportion gardée quant à l'intensité des sollicitations) sur les rails de nos chemins de fer secondaires.

Cette discussion se termine par la critique de l'essai classique à la traction auquel M. Frémont conteste depuis longtemps, et son opinion, solidement motivée, tend heureusement à s'accréditer, la valeur probante puisqu'il est impropre à déceler le défaut le plus dangereux d'un rail, à savoir la fragilité. Seul l'essai au choc sur coupon rationnellement entaillé est apte à différencier un rail fragile d'un rail sain.

Pour l'exécution de l'essai de dureté, M. Frémont a construit un appareil portatif très pratique dont le principe, illustré par les figures 3 et 4, est la pénétration dans le métal à éprouver, sous la charge de 5 kg., d'une molette tranchante de 60 mm. de diamètre dont l'angle tranchant est de 90°. Cet appareil pèse 9,5 kg.

M. Frémont consacré la deuxième partie de son mémoire à l'étude des avaries auxquelles peut donner lieu la *ségrégation*, c'est-à-dire la formation par liquation de

zones où s'accumulent des éléments étrangers (phosphore, soufre, etc.). Les quatre figures que nous reproduisons ci-dessous et dont nous devons les clichés à l'obligeance de M. Frémont, mettent bien en lumière le caractère de gravité que peuvent revêtir ces défauts.

« La figure 5 montre un décollement du noyau de ségrégation peu contaminé mais accompagné de cassures latérales divisant longitudinalement le champignon en deux parties; on constate que toutes les fissures radiales, à la périphérie du noyau, sont amorcées par des criques. »

Dans le rail de la figure 6, les fissures, qui se rejoignent, ne sont pas apparentes à l'extérieur.

Enfin, la figure 8 est un des très nombreux cas que M. Frémont invoque à l'appui de sa thèse « que l'exfoliation des rails est produite par le détachement des noyaux de ségrégation au centre du champignon. Le début de cette avarie est donc toujours intérieur et la progression s'effectue du centre vers la périphérie. Il en serait autrement si cette avarie résultait d'une usure exagérée du rail par suite d'une trop grande charge sur les roues, le début en serait alors à la surface du champignon, sur la table de roulement. Quelques ingénieurs, après avoir constaté l'apparition tardive de l'exfoliation sur la surface de roulement du rail, ont simplement attribué la cause de cette avarie à une fatigue excessive des rails en service, sans remarquer que les rails voisins qui ont cependant supporté le même trafic étaient restés indemnes. »

## La plus puissante centrale Diesel du monde, à Shanghai.

Sous ce titre, la « Far Eastern Review », de Shanghai, s'exprime comme suit, dans son numéro de septembre: « Dès que la seconde des deux unités faisant partie de la dernière commande et se trouvant actuellement en construction, en Suisse, aura été livrée à la Compagnie française de Tramways et montée, Shanghai possèdera la plus puissante centrale Diesel du monde. A l'heure qu'il est, deux moteurs de 1500 chevaux chacun se trouvent en service régulier et le montage du premier des deux moteurs de 3600 chevaux restant à fournir va être terminé prochainement; quant au second, il est en voie d'achèvement dans les ateliers de la maison Sulzer frères, à Winterthur.

Les deux premiers moteurs, développant ensemble 3000 chevaux, ont été installés pendant les années 1921-1922 et mis en service officiellement, le 8 décembre 1922. Peu après, la Compagnie française des Tramways commandait d'abord le premier des deux moteurs de 3600 ch., puis faisait suivre de très près la commande du second. Par ce nouvel agrandissement, la puissance totale de la centrale atteindra 10200 ch., dépassant ainsi en importance toutes les installations du même genre du monde entier (voir fig. 1).

Les deux moteurs actuellement en service sont accouplés à des génératrices-volant de la Fabrique de machines