

Les Rails.

Conditions de réception et d'emploi.

Résultats d'essais et perspectives d'avenir ⁽¹⁾,

Par M. J. SERVAIS,

Chef des essais, Vice-président de la Commission de réception du matériel de la voie
à la Société Nationale des Chemins de fer belges.

Fig. 1 à 60, p. 1497 à 1533.

Le problème des rails et les procédés de fabrication.

Si l'on en juge par la littérature technique parue sur le sujet « *Rails* » en ces dernières années, on est forcé de convenir qu'il existe bien un problème des rails car la plupart des grands réseaux se préoccupent vivement de rechercher les améliorations capables de remédier aux insuffisances de qualité relevées sur les rails en service.

Si on voulait *a priori* établir une échelle de qualité des rails basée sur les procédés ordinaires de fabrication, il serait fort difficile de montrer la supériorité de tel ou tel procédé et on serait conduit à constater que des recherches dirigées dans des sens divers mais visant toujours la qualité, agitent aussi bien ceux qui utilisent les rails en acier Martin ou Bessemer, que ceux qui, pour des

raisons particulières, s'en tiennent aux rails en acier Thomas.

Nous devons cependant reconnaître que les rails 38 kgr. et 52 kgr. en acier Bessemer acide qui nous furent livrés jusqu'en 1893, date de la mise en application générale du procédé Thomas en Belgique, résistaient mieux à l'usure que nos rails actuels. Le fait est incontestable puisque nous possédons encore de ces rails dans nos voies principales sans qu'ils aient atteint leur limite d'usure. À cette époque, les usines se contentaient d'une production modérée et pouvaient recourir à l'utilisation de matières premières classées de tout premier choix (minerai, coke, etc...) mais il serait aujourd'hui impossible, croyons-nous, d'obtenir des tonnages de rails de l'importance de ceux mis en œuvre, présentant les mêmes caractéristiques.

⁽¹⁾ Conférence donnée le 11 décembre 1929 à la Direction des Chemins de fer belges à Bruxelles sous les auspices de l'Union professionnelle des Inspecteurs techniques et Chefs de section.

Sans vouloir rien enlever de la valeur du procédé Bessemer pour la fabrication des rails, il convient cependant de ne pas tomber dans des appréciations excessives en portant un jugement sur la valeur des rails; car il est bien évident que l'on a tendance à juger les rails Bessemer d'après ceux qui restent dans les voies, c'est-à-dire les meilleurs rails; les autres, les mauvais, ayant été éliminés automatiquement au cours des ans.

La même sélection s'établira pour le Thomas et nous signalerons que nous avons encore dans nos voies principales des rails Thomas en 40 kgr. 65 datant de 1903-1904 et même de 1898 qui ont donc fourni un service de 25 à 30 ans sans atteindre leur limite d'usure.

En Belgique, nous n'avons plus à nous occuper pour nos fabrications courantes que du procédé Thomas. Il en est d'ailleurs de même en France et en Allemagne pour la majeure partie du tonnage fabriqué. Nous parlerons donc spécialement des rails Thomas.

D'une façon générale, force nous est de reconnaître que le développement prodigieux des moyens de production enregistré depuis 25 ans ne s'est pas accompagné d'une amélioration correspondante de qualité.

Heureusement, vis-à-vis des préoccupations des compagnies de chemins de fer, il se produit aujourd'hui un revirement en faveur de la qualité, notamment en ce qui concerne les rails.

Le trafic et les charges unitaires.

Pendant le même temps, on assistait à l'évolution rapide des chemins de fer — évolution trop connue pour qu'il soit nécessaire d'en faire l'historique.

En voyageurs et tonnages transportés, en charges par essieu des moteurs, voi-

tures et wagons, en vitesse horaire, la progression a été incessante et surprenante.

Pour fixer les idées, citons quelques chiffres qui souligneront l'importance du développement.

De 1913 à 1928, le nombre de tonnes-marchandises-kilomètres transportées sur notre réseau a passé de 5 290 millions à près de 7 808 millions tandis que le nombre de trains a baissé de 787 000 à 664 000 et le nombre de trains-kilomètres-marchandises est descendu de 36 à 30 millions. Ce résultat est dû à l'augmentation de la charge utile qui est passée de 173 à 297 tonnes par train.

En résumé, pour les marchandises seulement, les chemins de fer belges ont transporté en 1928, 47 % de tonnes-kilomètres de plus qu'en 1913 avec 16 % de trains-kilomètres en moins.

Pour les tonnages représentés par les trains de voyageurs, nous ne pouvons fournir la même comparaison, parce qu'une statistique de ce genre n'était pas tenue en 1913, mais le tableau I ci-dessous donnera une idée du trafic assuré.

TABLEAU I.

| Années. | Voyageurs-km. en millions. | Trains-kilomètres-voyageurs en millions. | Voyageurs par train-kilomètre. |
|---------|----------------------------|--|--------------------------------|
| 1913 | 4 878 | 46.6 | 105 |
| 1927 | 5 780 | 38.1 | 152 |
| 1928 | 6 270 | 39.9 | 157 |

Il ressort de ces données que le nombre de voyageurs par train a augmenté d'environ 50 % depuis 1913.

Il y a 25 ans, la grosse majorité des moteurs ne comportait que des essieux portant moins de 15 t. Actuellement la plupart des locomotives ont des essieux portant plus de 18 t. et atteignant jusque 22 t. et on prévoit déjà 23 t. pour les prochaines locomotives.

L'amélioration des conditions d'exploitation résulte donc de l'augmentation des charges unitaires.

Reste à savoir jusqu'où l'on pourra aller dans cette voie. Tout dépendra, au point de vue de la voie, de la superstructure et des qualités des éléments qui la composent, spécialement du *rail*, la question de profil étant supposée résolue.

Le rail et les qualités qu'il doit présenter.

En effet, si le renforcement de la superstructure des voies a suivi plus ou moins parallèlement l'augmentation du trafic, si le tracé des voies et leur entretien sont aujourd'hui systématisés et méthodiquement organisés, il n'en est pas moins vrai que le rail reste l'élément essentiel de sécurité; les autres accessoires : ballast, traverses, etc., ne servant qu'à le supporter ou à l'attacher.

La formule brutale « Pour avoir de bonnes voies, il faut avant tout de bons rails » conserve donc toute son importance.

D'autre part, l'état des voies a une influence considérable sur la bonne conservation du matériel roulant; remarquons d'ailleurs que la réciproque est vraie et que le matériel roulant mal étudié ou mal entretenu peut constituer un élément destructeur important pour la voie. Mais restons-en aux rails et disons que cette question est pour les grands réseaux un problème capital qui procède en tout premier lieu de l'obligation morale d'assurer la *sécurité* de la circulation

des trains et est en second lieu d'ordre *économique* parce que matériau coûteux de grande consommation.

La difficulté est de définir ce que c'est qu'un *bon rail*.

Pour nous, les bons rails sont ceux qui réunissent les qualités suivantes :

- 1° Etre en *métal sain*;
- 2° Etre en *métal non fragile*;
- 3° Etre en *métal résistant suffisamment à l'usure*.

Nous allons examiner ce qui a été fait et ce qui reste à faire pour satisfaire à ces trois conditions.

I. — Métal sain.

Les services de contrôle qui sont chargés de juger les fournitures de rails et qui portent la responsabilité de leur bonne tenue en service normal, doivent baser leur opinion sur les essais divers prévus au cahier des charges.

Il importe donc de poser des conditions d'essais qui définissent bien les caractéristiques du métal présenté et qui se rapprochent en les amplifiant au besoin, des efforts en service.

Pour les deux premiers points : « métal sain » et « métal non fragile » on peut arriver au moyen d'essais à se faire une conviction.

Pour la troisième condition : « résistance à l'usure » nous nous basons sur les résultats pratiques obtenus, les machines d'essais ne réalisant pas complètement les conditions voulues.

Les nouvelles conditions d'essais.

Le parallèle entre les essais pratiqués avant 1923 et ceux pratiqués depuis cette date est donné au tableau II ci-après.

TABLEAU II.

| Essais de réception | |
|---|--|
| pratiqués jusqu'en 1923. | pratiqués depuis 1923. |
| <i>1° Essais préliminaires de choc.</i> | |
| Mouton de 1 000 kgr. tombant de 4 mètres de hauteur sur rail posé sur patin et reposant sur appuis distants de 1 m. 10. | |
| Sur <i>une</i> chute de tête de rail par coulée. | Sur <i>toutes les chutes de tête</i> de rails de <i>toutes les coulées présentées</i> . |
| <i>2° Essais définitifs de choc.</i> | |
| Mouton de 1 000 kgr. tombant de 6 mètres de hauteur sur rail posé sur patin et reposant sur appuis distants de 1 m. 10. | |
| Sur <i>1/2 à 1%</i> des rails présentés. | Sur <i>1.5 à 2%</i> des rails présentés. |
| <i>3° Essais de traction (centre du bourrelet).</i> | |
| Eprouvette de 16 mm. de diamètre. 200 mm. entre repères. Exigences : R. minimum : 70 kgr. A % — 10 %. | Eprouvette de 13 mm. 8 de diamètre. 100 mm. entre repères. Exigences : R. : 68 à 78 kgr. A % minimum 12 %. Coefficient de qualité : $R+2A > 94$. Essais sur <i>1.5 à 2%</i> des rails présentés. |
| Essais sur <i>1/2 à 1%</i> des rails présentés. | |
| <i>4° Essais de résilience.</i> | |
| Eprouvettes Mesnager 10×10×55 avec entaille de 2 mm. à fond rond. | |
| Néant. | Sur <i>1.5 à 2 p. c.</i> des rails présentés. Chaque essai comprend une éprouvette prélevée dans le bourrelet, une dans l'âme et une dans le patin. |
| <i>5° Essais macrographiques.</i> | |
| Empreinte Baumann ou attaque de Heyn. | |
| Néant. Aucun chutages pécifié. | Sur <i>1.5 à 2%</i> des rails présentés et sur environ <i>1%</i> des chutes de tête. Chutage minimum imposé : 25 % en tête des lingots. Exigence : les rails doivent être exempts de retassure et ségrégation. |
| <i>6° Essais chimiques.</i> | |
| Les analyses chimiques des coulées essayées sont à fournir par l'usine. | Les analyses chimiques complètes S. P. Si. C. Mn. de toutes les coulées sont à fournir et contrôlées par coups de sonde par le laboratoire de Malines. |
| <i>7° Essais de dureté Brinell.</i> | |
| Pression de 3 000 kgr. — Bille de 10 mm. de diamètre. — Pression maintenue pendant 15 secondes. | |
| Néant. | Sur <i>1%</i> environ des rails présentés. |
| <i>8° Essais micrographiques.</i> | |
| Néant. | Pratiqués à titre documentaire. |

Il ressort de ce tableau que les nouvelles conditions techniques en vigueur depuis 1923 prévoient un plus grand nombre d'essais de choc et de traction, ainsi que la fourniture par l'usine des analyses chimiques complètes de toutes les charges (coulées).

Les essais nouveaux et spéciaux qui caractérisent les dispositions prises sont : 1° l'application de la *macrographie* à titre éliminatoire et 2° l'essai de *résilience* sur petite éprouvette à titre documentaire en vue d'être fixé dans une certaine mesure sur la fragilité du métal.

Dans le présent exposé, nous parlerons surtout des nouvelles prescriptions.

Les grosses productions atteintes aujourd'hui sont le résultat du développement des moyens mécaniques et électromécaniques de nos usines.

Pour assurer le contrôle de la qualité des rails, des moyens plus modernes et des essais plus nombreux s'imposent précisément en raison des conditions de fabrication et aussi des efforts multiples auxquels les rails sont soumis en service.

Anciennement, *l'essai de traction* — essai statique — fournissait des indications sur la nuance du métal et sa ductilité; *l'essai de choc* — essai dynamique — pratiqué sur coupon de rail donnait dans une certaine mesure une idée de sa fragilité à l'état neuf. Ces essais étaient jugés suffisants parce que la plupart des autres conditions et surtout les conditions thermiques étaient remplies automatiquement par le processus des opérations de fabrication.

Nul ne contestera, par exemple, que les lingots de une ou deux tonnes, à section réduite, leur assurant une solidification

rapide, laminés lentement en profils légers ou moyens en une grande série de passes sous faibles pressions, constituaient un gros avantage au point de vue de la valeur du produit final.

Depuis très longtemps ces conditions se sont profondément modifiées. Dans la plupart des usines, le poids des lingots est de 4 t. environ.

Après les hostilités, nous avons eu l'occasion de pouvoir observer et étudier un grand nombre de rails brisés ou entachés de défauts divers. Ces rails provenaient des régions dévastées et avaient été réunis en chantier pour redressement et recoupage.

Nous avons également eu à nous occuper activement de nombreux bris survenus sur le réseau dans les voies très fatiguées par le trafic de guerre n'ayant subi aucun entretien.

Nos constatations nous conduisirent à cette conclusion que la plupart des rails défectueux ou mis prématurément hors service pour causes diverses provenaient de têtes de lingots.

Ils présentaient de la retassure apparaissant en fêlures longitudinales et très souvent des ségrégations importantes ou inclusions qui avaient facilité la progression des fissures à travers le profil en passant par les trous d'éclissage ou avaient provoqué des écrasements locaux ou exfoliations à la surface de roulement.

Les bris en trop grand nombre qui se produisirent dans les fournitures des premières années après guerre renforcèrent cette opinion.

C'est à cette époque que remontent la plupart de nos nouvelles conditions tech-

niques pour le contrôle de la qualité des rails.

Il fallait donc en premier lieu chercher à obtenir du métal sain.

L'assainissement des lingots et la ségrégation.

Notre spécification prévoit dans les conditions actuelles de fabrication un chutage en tête des lingots de 25 % minimum; mais ce minimum pouvant être insuffisant dans bien des cas, la profondeur de la retassure s'accroissant en raison du degré de désoxydation et de dégazage du métal, cette indication n'entame en rien la clause principale, à savoir : que nos rails doivent être exempts de retassure et ségrégation.

Il ne suffit donc pas que les rails soient exempts de retassure, il faut aussi qu'ils soient exempts de ségrégation, de façon à assurer au métal dans l'ensemble du profil une homogénéité suffisante.

L'expression « exempt de ségrégation » appelle une définition plus explicite quant à son interprétation.

Il est évident que nous n'allons pas jusqu'à prétendre supprimer entièrement la ségrégation qui résulte de la liquation des éléments composant l'acier au moment de sa solidification et dont l'importance sera proportionnée à celle des éléments susceptibles de se séparer; mais nous visons à l'obtention d'aciers élaborés au moyen de fontes choisies (pauvres en soufre), bien affinés, bien calmés et assainis ensuite suffisamment à la tête et au pied.

Nous considérons ces qualités atteintes lorsque l'empreinte Baumann ou l'atta-

que de deux minutes environ au chlorure double de cuivre et d'ammonium (réactif de Heyn) ne décèle sur le profil du rail aucune agglomération ou zone de concentration d'impuretés contrastant nettement sur le fond de l'empreinte obtenue ou de la surface attaquée.

Nos exigences se limitent à admettre comme suffisamment homogène tout rail qui ne laisse pas apparaître d'agglomérat sous les réactifs précités, tout en réservant l'emploi d'autres attaques pour nos recherches de laboratoire.

Ce moyen de contrôle, qui porte le nom de macrographie, a ses partisans et ses adversaires.

Les adversaires de la macrographie comme moyen de contrôle éliminatoire pour la réception des rails déclarent volontiers que ce procédé n'étant pas quantitatif laisse place à une application arbitraire.

Nous ne pouvons cependant admettre ce prétexte comme valable pour écarter le seul procédé permettant de recueillir des indications précieuses sur le degré d'homogénéité de nos rails et de rejeter ceux qui décèlent des amas d'impuretés capables de favoriser le bris ou la mise hors service avant usure normale. Ni les essais de traction, ni les essais de texture, ni les essais de choc ne peuvent nous donner les mêmes indications.

Les fabrications de ces dernières années ont prouvé que les défauts de retassure et ségrégation peuvent être évités en *affranchissant* suffisamment le lingot et en apportant à la fabrication les soins nécessaires — soins qui doivent porter sur tous les stades de la fabrication : composition de la fonte, élaboration de l'acier, dosage approprié des ad-

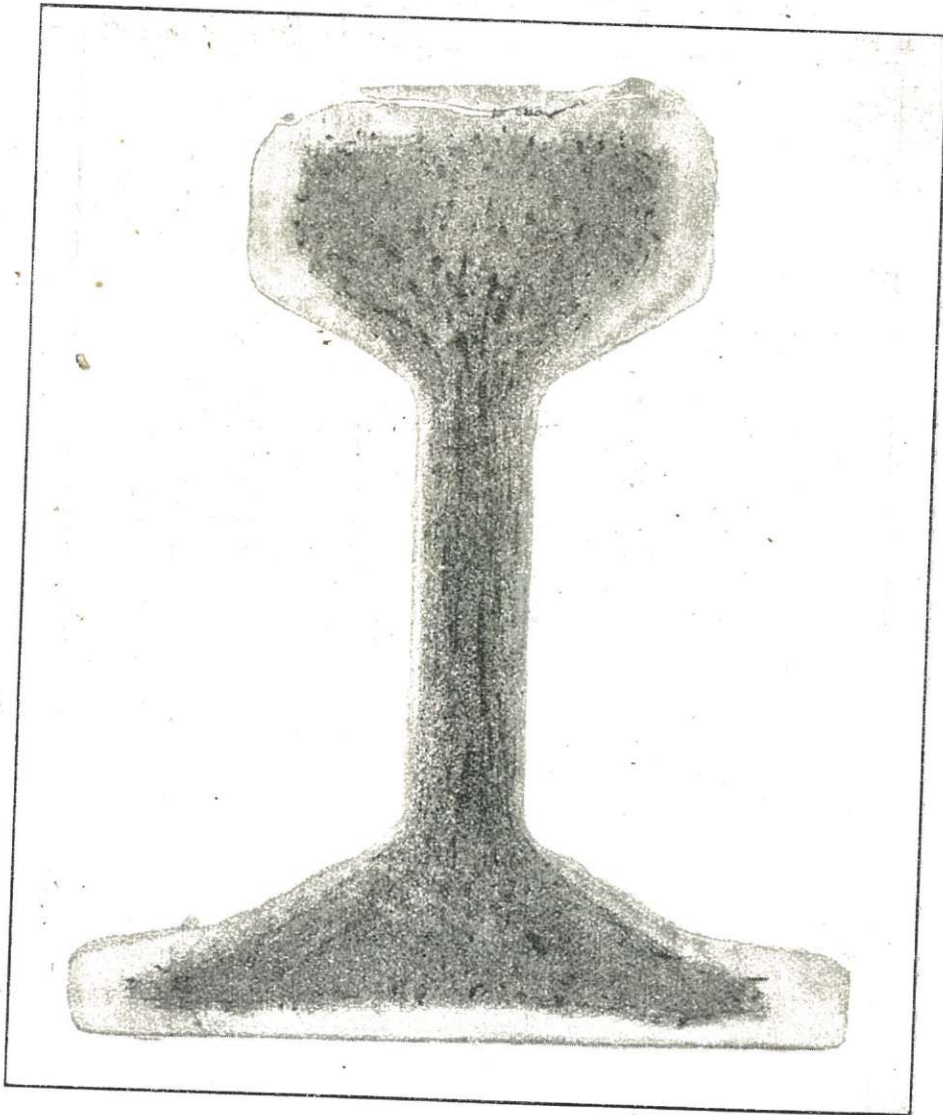


Fig. 1.

ditions désoxydantes, évolution thermique à partir de la coulée en lingots — jusqu'au laminage du rail.

Principaux cas de ségrégation.
Les principaux cas de ségrégation ou

Fig. 2 à 9. — Essais sur rail à ségrégation inversée.

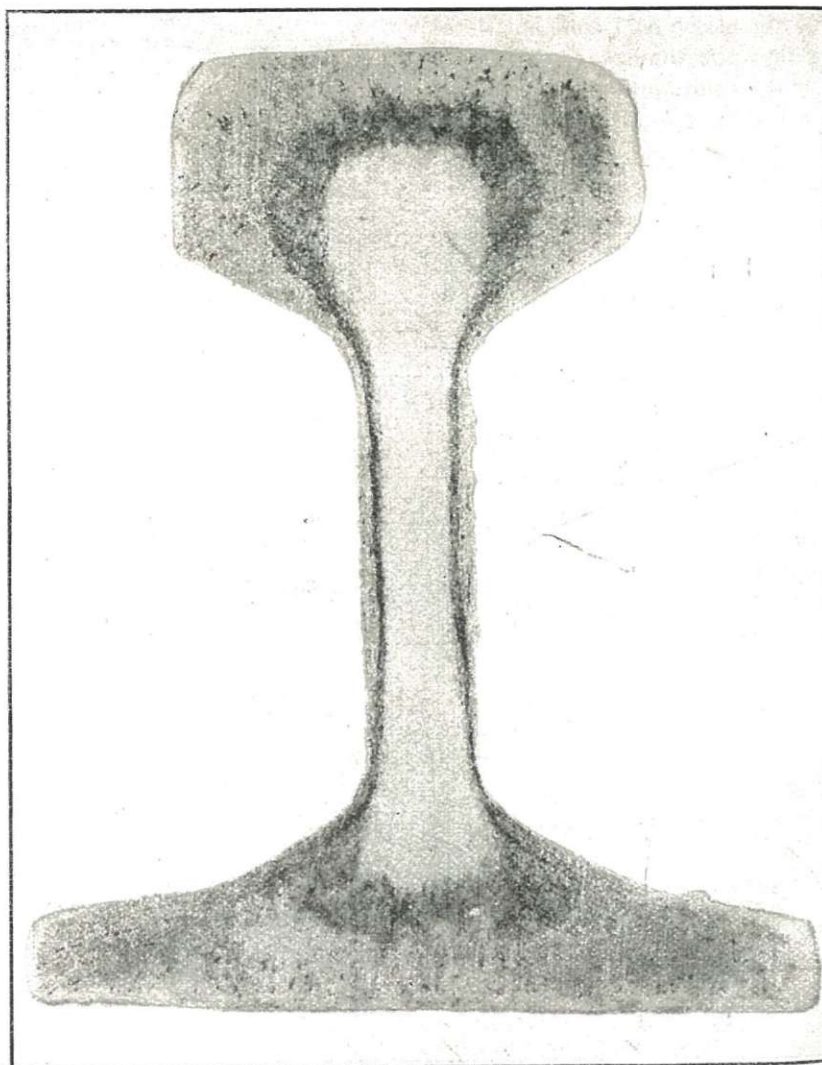


Fig. 2. — Macrographie Baumann.

d'inclusion qui peuvent résulter de la fabrication sont :

1° la *ségrégation centrale* intéressant l'âme et s'épanouissant dans le bourrelet et le patin suivant l'importance du chute et l'inclusion de soufflures ou oxy-

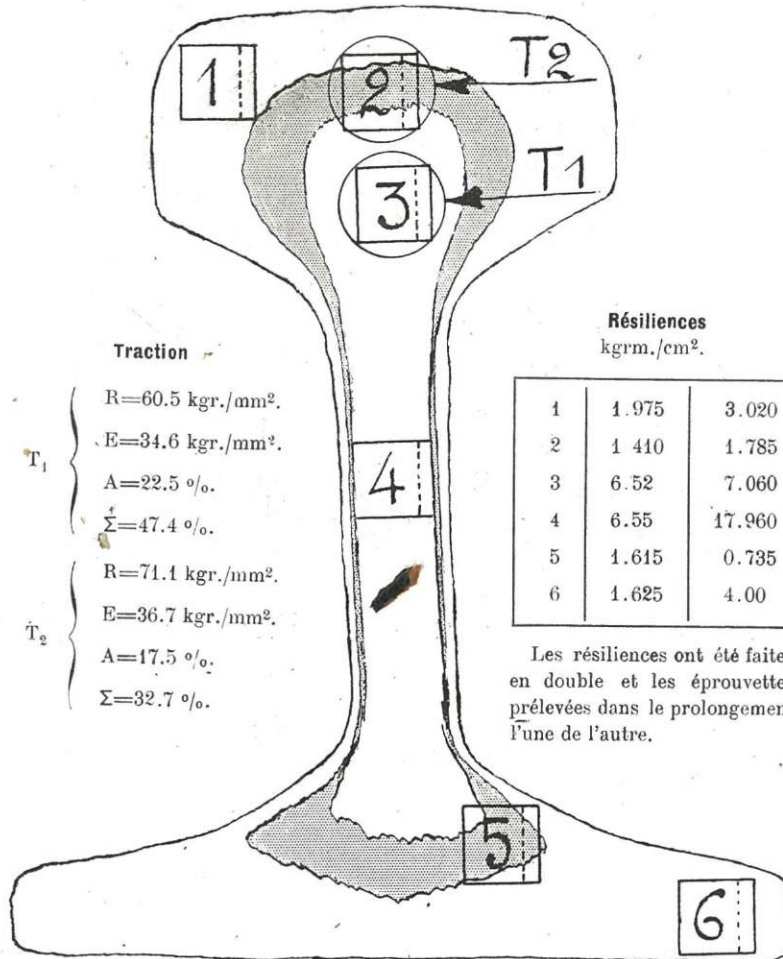


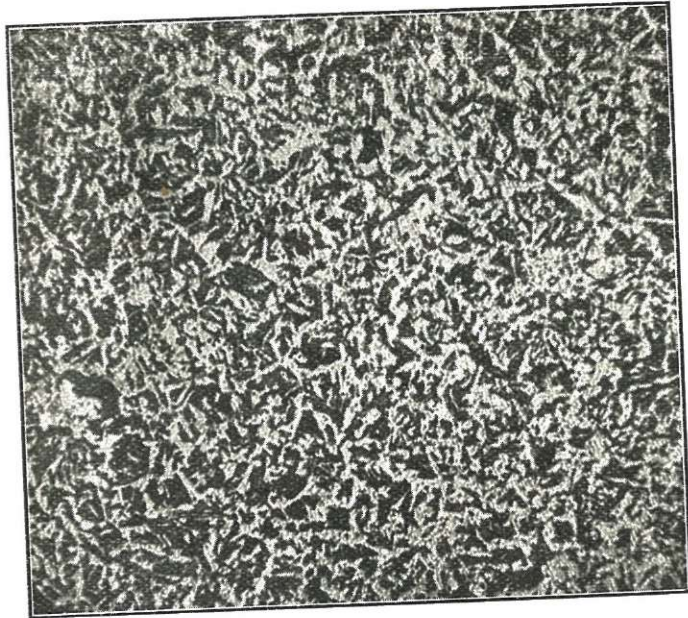
Fig. 3. — Essais mécaniques.

des à fleur de peau apparaissant souvent sous forme de lignes de laminage, dénotent un métal mal calmé ou un manque de soin à la coulée (fig. 1);

2° la *ségrégation inversée*, caractérisée par une décarburation centrale entourée

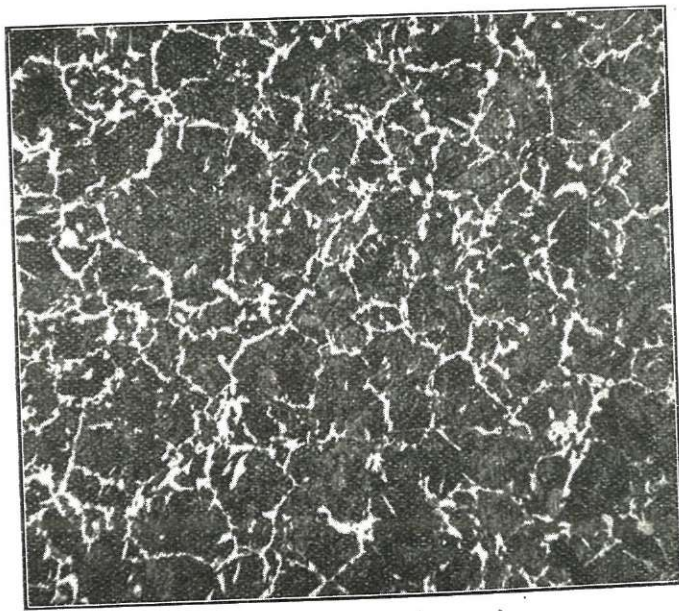
d'un anneau de ségrégation dénotant un laminage entamé avant solidification complète du lingot. Les figures 2 à 9 montrent les résultats d'essais obtenus sur un rail de l'espèce;

Fig. 2 à 9 (suite). —



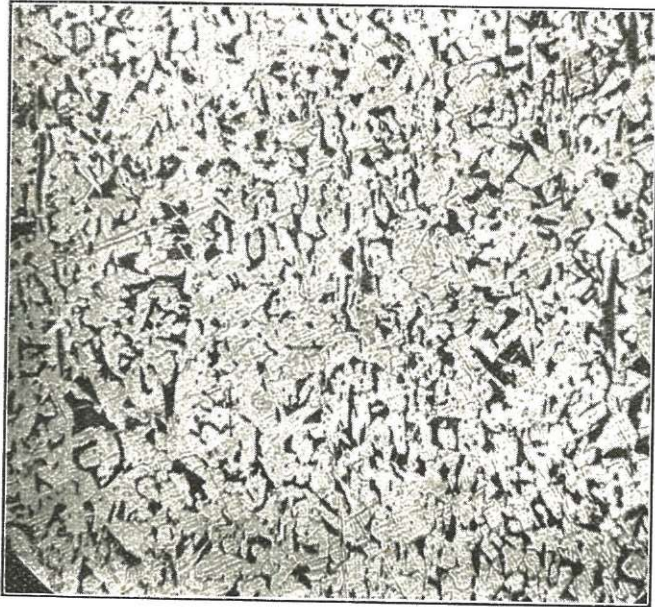
100 ×.

Fig. 5. — Plaque prise dans le congé du bourrelet.



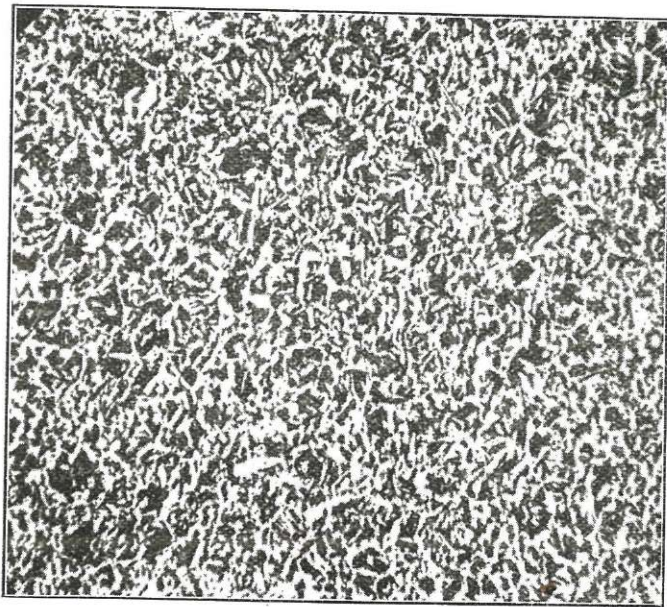
100 ×.

Fig. 6. — Plaque prise dans la zone ségréguée.



100 X.

Fig. 7. — Plage prise dans l'âme décarburée.



100 X.

Fig. 8. — Plage prise au bord du patin.

Fig. 2 à 9 (suite).

Emplacements des empreintes.

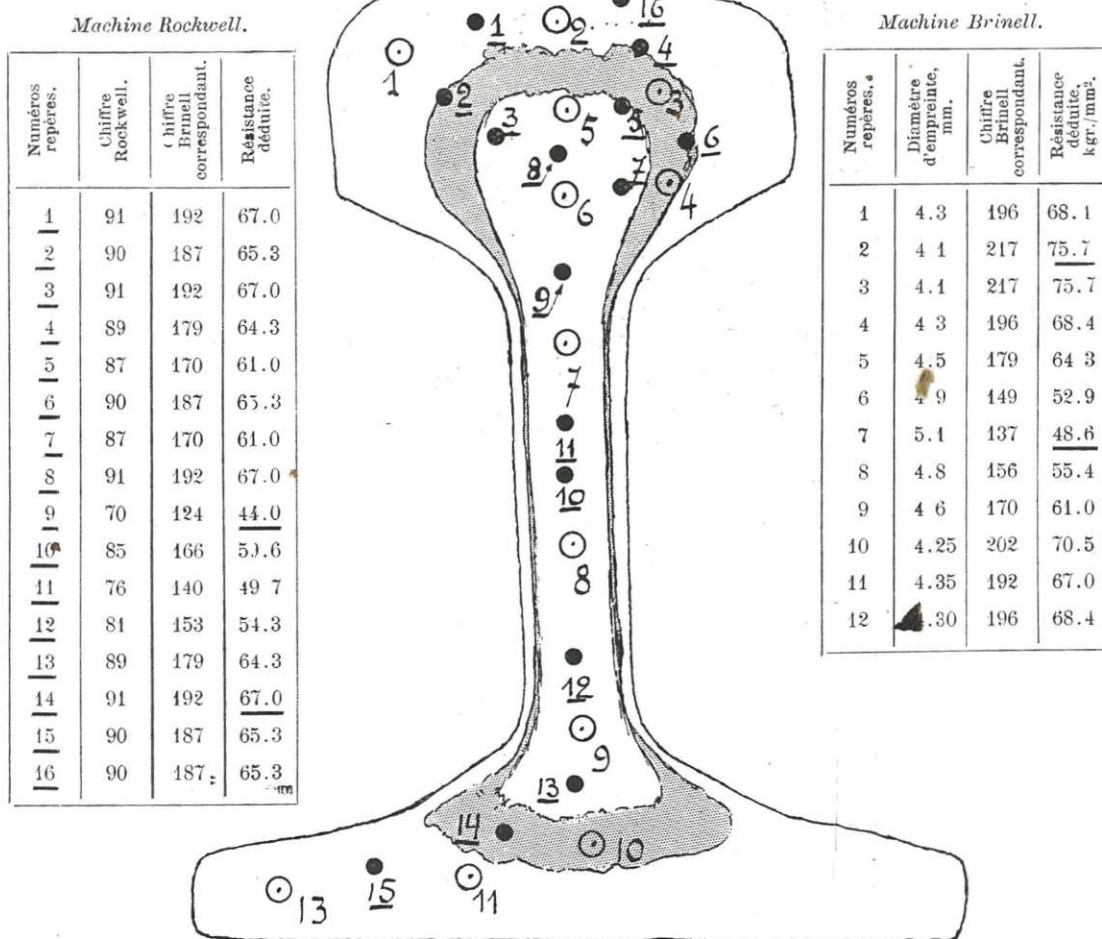


Fig. 9. - Essais de dureté.

- Essais à la machine Rockwell.
- Essais à la machine Brinell.

Pression : 3 000 kgr. pendant 15 secondes. Bille de 10 mm. de diamètre.

Analyses chimiques.

| | Zone ségrégee. | Zone décarburee. | Zone de bord. |
|----|-------------------|---------------------|------------------|
| S | % 0.070 | ° 0.014 | % 0.048 |
| | 0.068 | 0.012 | 0.042 |
| P | 0.102 | 0.042 | 0.075 |
| | 0.102 | 0.043 | 0.074 |
| Si | 0.102 | 0.102 | 0.102 |
| | 0.102 | 0.102 | 0.102 |
| C | 0.43 | 0.26 | 0.39 |
| | 0.44 | 0.25 | 0.39 |
| Mn | 0.76 | 0.746 | 0.787 |
| | 0.746 | 0.76 | 0.773 |

Fig. 4.

3° l'inclusion de métal doux résultant de la pratique défectueuse qui consiste à protéger les fonds de lingotières contre le jet de coulée par des morceaux de tôle ou de mitraille, lesquels remontent ensuite dans le métal liquide et constituent des inclusions dans les rails de pied de lingot. Les figures 10 à 14 se rapportent à un rail entaché d'inclusions de ce genre.

Il importe de combattre ces différents genres de ségrégations dans toute la mesure du possible.

Les industriels nous ont à plusieurs reprises demandé de préciser notre point de vue par l'image en donnant un certain nombre de macrographies-types capables de servir de guide tant pour la fabrication que pour la réception.

Pour répondre à ce vœu, notre Com-

mission de réception présidée par M. Van Waefelghem, ingénieur principal, a dressé les trois groupes d'empreintes Baumann ci-après, qui comprennent chacun cinq types de macrographies — bonnes — acceptables et mauvaises, fig. 15 à 29). Les industriels ne voudront voir dans la publication de ces tableaux qu'un effort loyal de notre part en vue d'arriver à mieux définir notre point de vue sans autre prétention.

Il apparaîtra peut-être superflu de faire état de bonnes macrographies, mais nous avons néanmoins tenu à les produire pour montrer que les meilleures macrographies obtenues sur les rails ne sont pas complètement exemptes de ségrégation au sens strict du mot; *a fortiori*, celles classées comme « acceptables » et qui comportent déjà pour la plupart des indices accusés de ségrégation mais sans agglomération marquée.

On remarquera que ce qui différencie la macrographie n° 1 du groupe des mauvaises macrographies de celle portant le n° 4 du groupe des « acceptables », c'est que le n° 1 accuse une ségrégation filiforme. Ce genre de ségrégation qui forme le prolongement immédiat de la retassure, lorsqu'elle ne se confond pas avec elle, offre suivant la concentration des impuretés une aptitude marquée à la fissuration interne, laquelle se propagera plus ou moins rapidement en service sous les chocs répétés suivant la plus ou moins bonne organisation cristalline des couches environnantes et surtout à la faveur des trous d'éclisses.

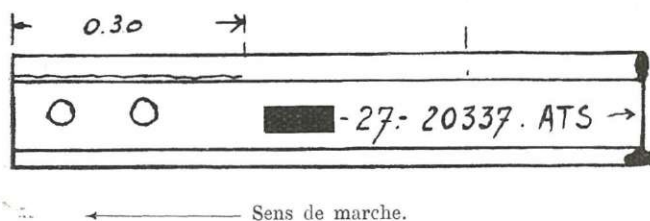
Nous avons réussi plusieurs fois l'expérience suivante sur tranches de rail portant une ségrégation filiforme dans l'âme sans apparence de fissure :

Après avoir pratiqué un trait de scie transversal dans l'âme jusqu'à la ligne

Fig 10 à 14. — Inclusion d'acier doux dans un acier



Fig. 10. — Attaque macrographique montrant la zone d'acier doux et la fêlure du rail.



Station de Haine-St-Pierre (formation) Bk. 11-12.
 Rail de culasse, 50 kg. par m., 18 m., posé sur 27 billes.
 Le rail était fêlé sur 0 m. 30, mais une attaque macrographique pratiquée à 0 m. 60 de l'extrémité indiquait encore l'inclusion d'acier doux.

A un mètre, toute trace d'acier doux avait disparu.
 Date de la pose : Juillet 1927. Ballast en cendrées.
 Date de retrait : Décembre 1927. En palier et en alignement.
 Trafic intense : 200 trains et loc. par jour.

Fig. 11.

ségréguée, nous avons à coups répétés, au moyen d'un petit marteau d'ajusteur de 700 gr. environ, provoqué une fissure s'étendant rapidement dans toute la ligne ségréguée et même au delà (voir figure 30).

En résumé, nous estimons que les ségrégations constituent des défauts de gravité variable, qui peuvent ne pas toujours entraîner la rupture du rail, mais qui doivent être considérées néanmoins comme des zones de faiblesse d'autant plus dangereuses que les amas d'éléments nocifs : soufre, phosphore et carbone, y sont plus importants; ces éléments donnant aux zones considérées des propriétés physiques nettement différentes.

Pour appuyer ces considérations et justifier nos exigences, nous rappellerons

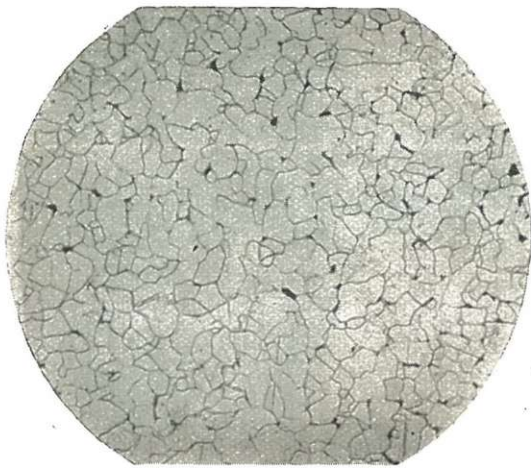
la forme de nos aiguilles de changements de voie, la forme de nos pointes de cœurs de croisements en rails assemblés. Nous rappellerons enfin que tous les rails sont percés de trous dans l'âme, précisément à l'endroit où se trouvent souvent concentrés les éléments pouvant avoir un effet pernicieux.

L'expérience a prouvé que les fissurations et leur développement progressif sous les efforts répétés peuvent singulièrement être favorisés par la présence de ségrégations.

Notre opinion vient encore d'être renforcée par l'étude remarquable de MM. Marquoyrol et Merklen parue dans le *Génie civil* du 25 mai dernier et intitulée « Contribution à l'étude des impuretés dans les rails de chemins de fer ».

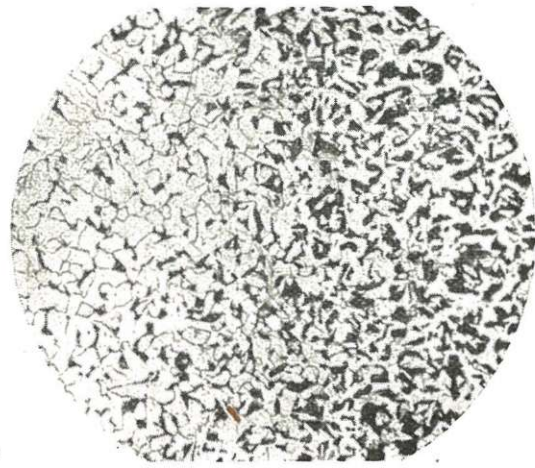
Ce travail, qui contient des résultats

dur, ayant entraîné une fêlure longitudinale du rail.



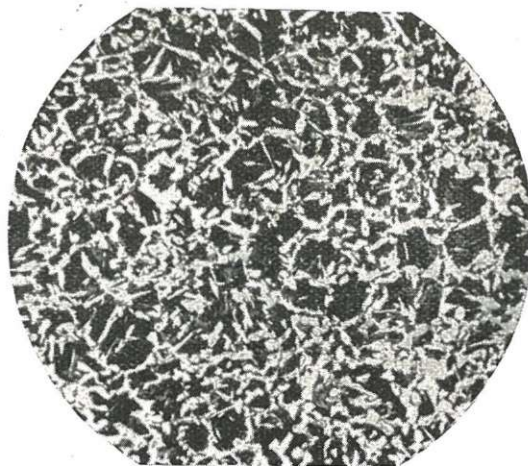
A.

Fig. 12. — Micrographie prise dans la zone d'acier doux incluse.



B.

Fig. 13. — Micrographie montrant la soudure de l'acier doux à l'acier dur dans la zone de transition.



C.

Fig. 14. — Micrographie montrant la structure normale du rail.

Fig. 15 à 19. — Société Nationale des Chemins de fer belges. — Bonnes macrographies.
(1)



Fig. 15.

(2)

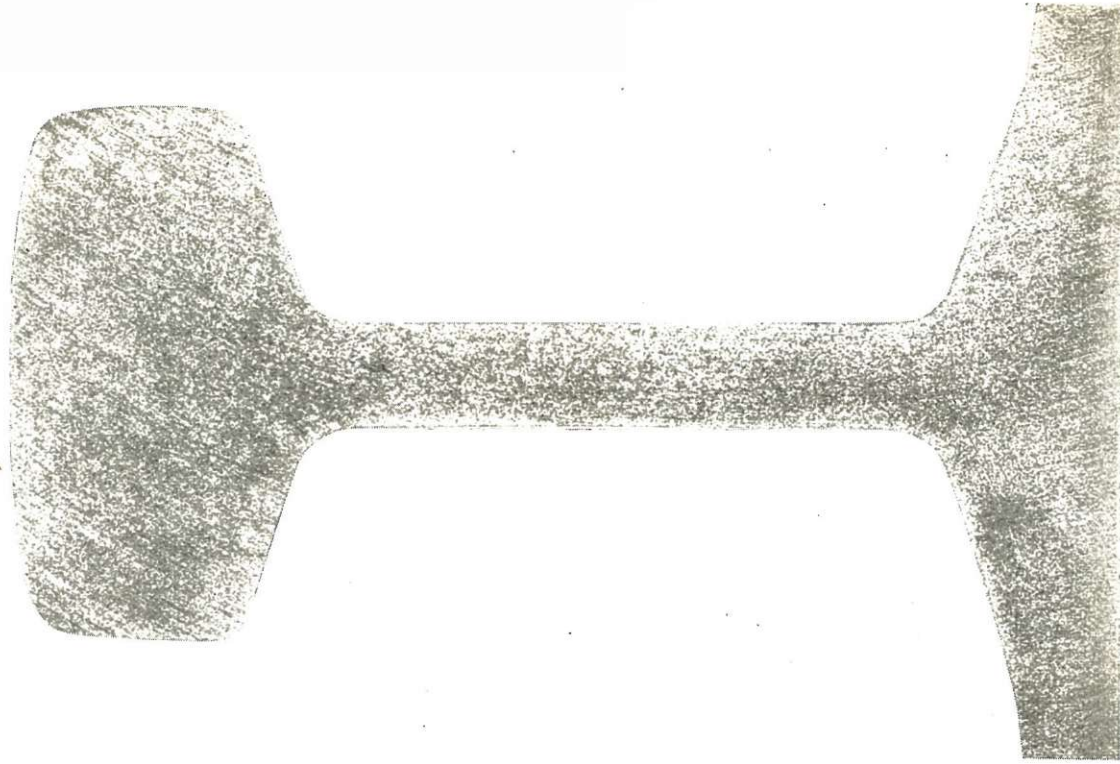


Fig. 16.

Fig. 15 à 19 (suite). — Société Nationale des Chemins de fer belges. Bonnes macrographies

(3)

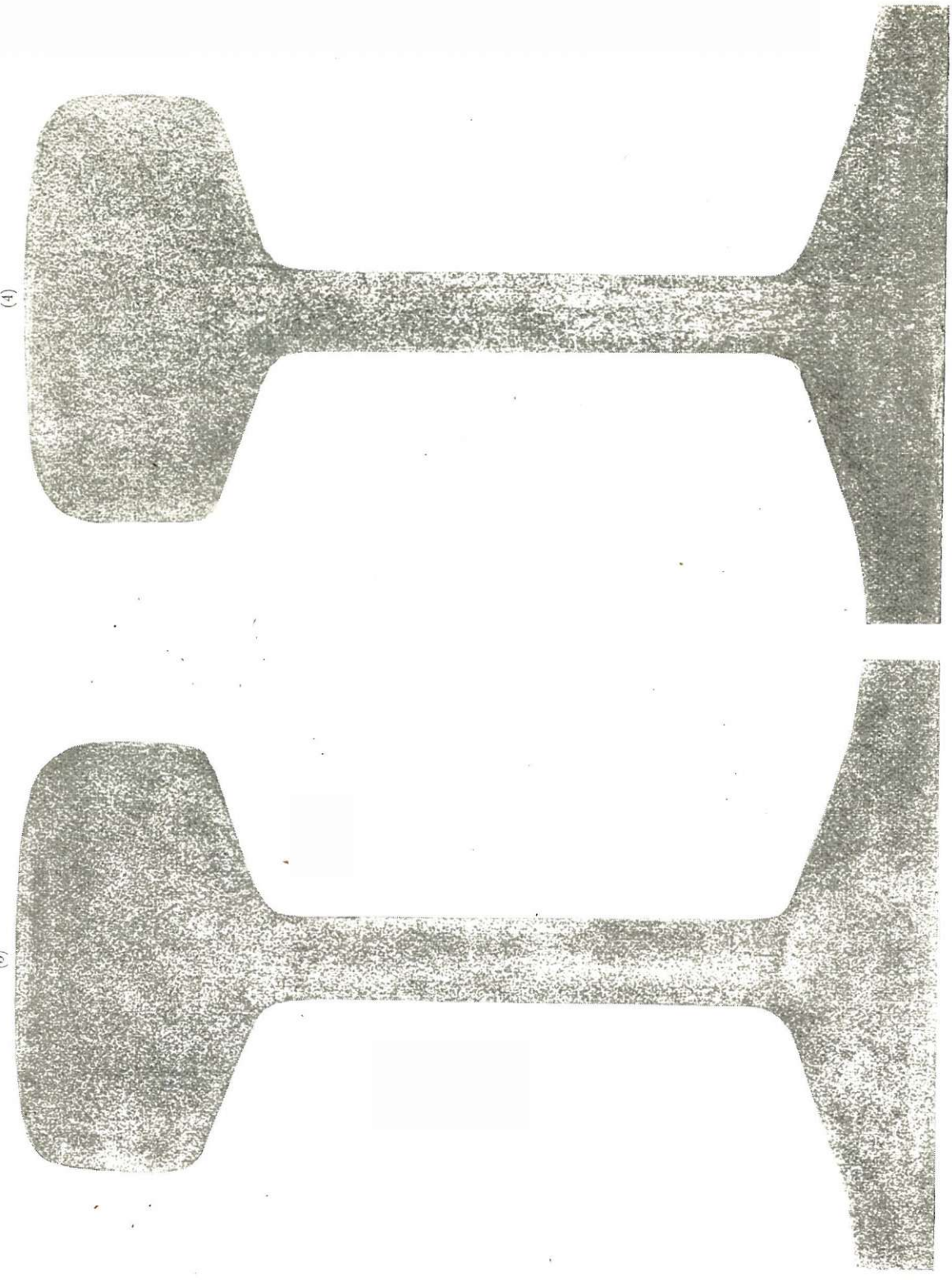


Fig. 17.

Fig. 18.

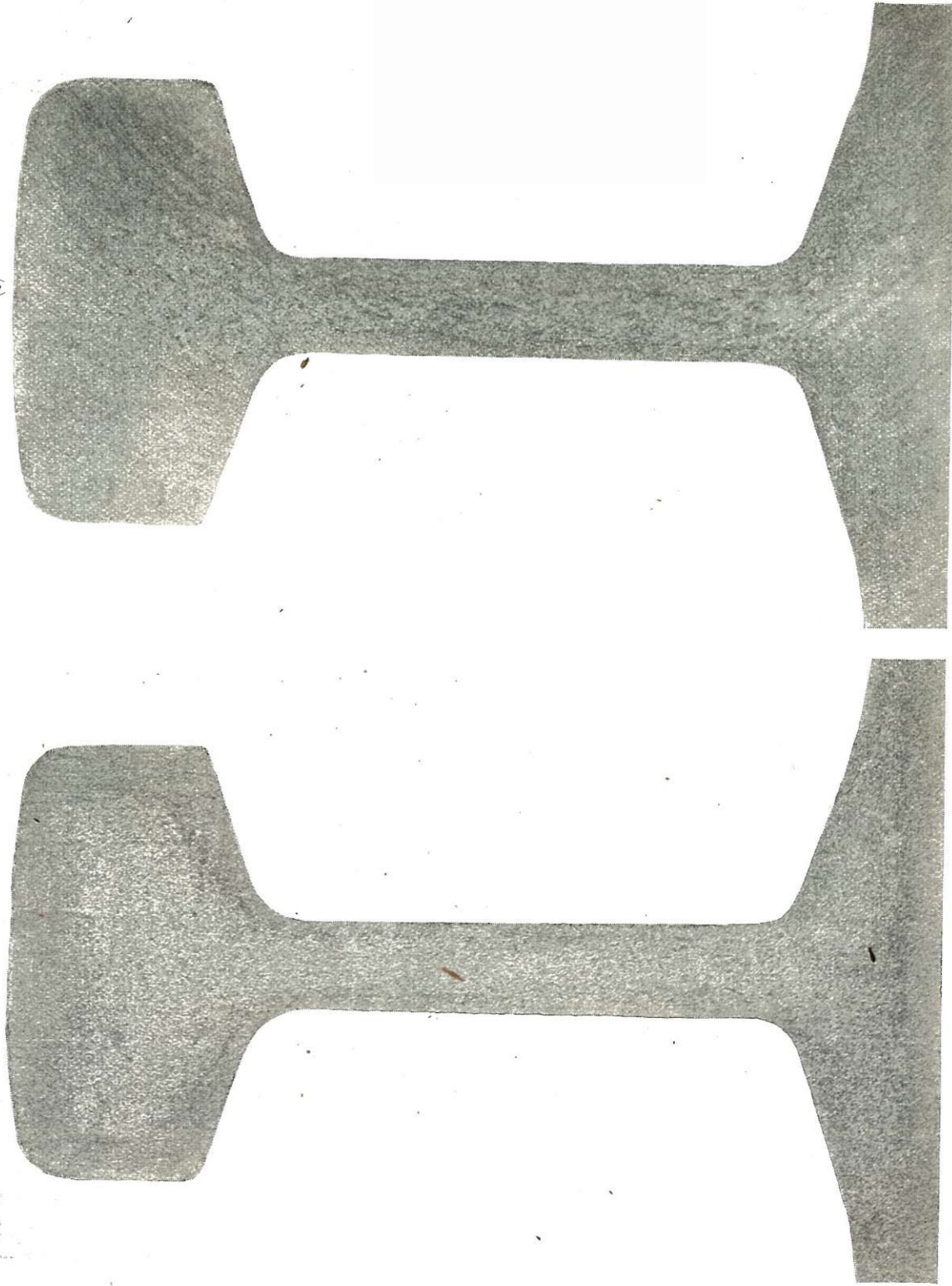
Fig. 15 à 19 (*suite*). — Société Nationale des Chemins de fer belges.
Bonnes macrographies.



Fig. 19.

Fig. 20 à 24. — Société Nationale des Chemins de fer belges. — Macrographies acceptables.

(1)



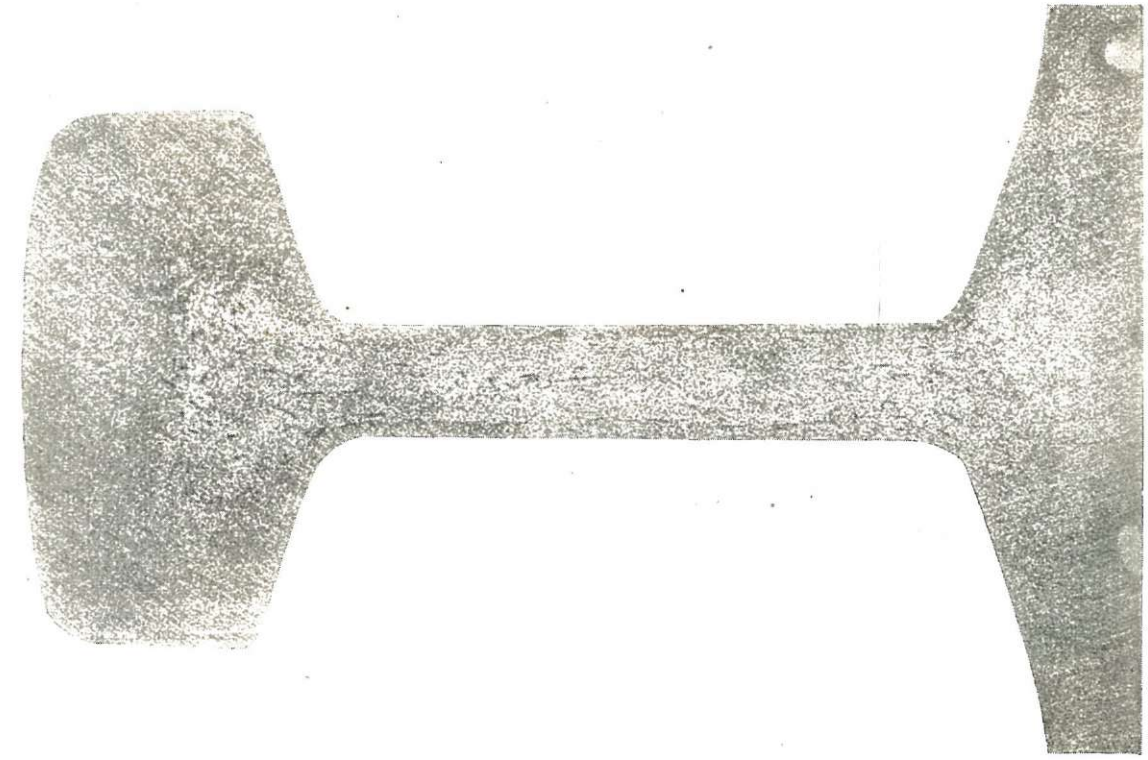
(2)

Fig. 20.

Fig. 21.

Fig. 20 à 24 (suite). — Société Nationale des Chemins de fer belges. — Macrographies acceptables.

(3)



(4)

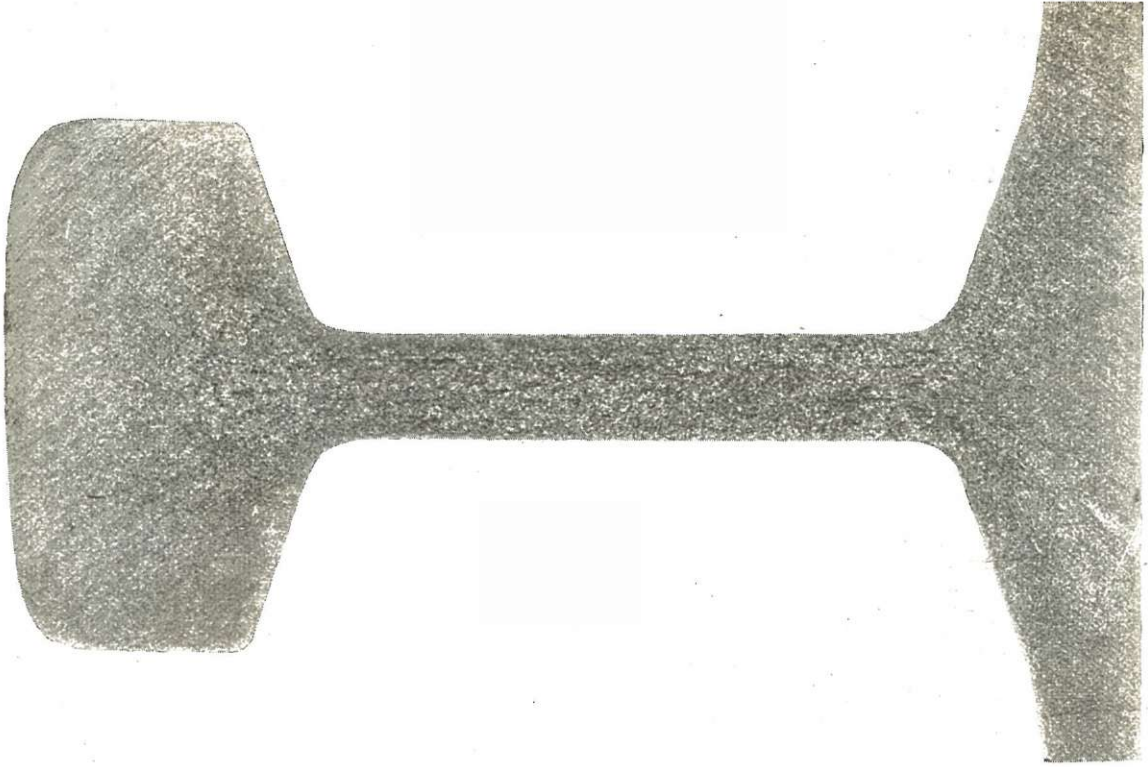


Fig. 22.

Fig. 23.

1511
21

Fig. 20 à 24 (*suite*). — Société Nationale des Chemins de fer belges.
Macrographies acceptables.

(5)



Fig. 24.

Fig. 25 à 29. — Société Nationale des Chemins de fer belges. — Mauvaises macrographies.
(1)

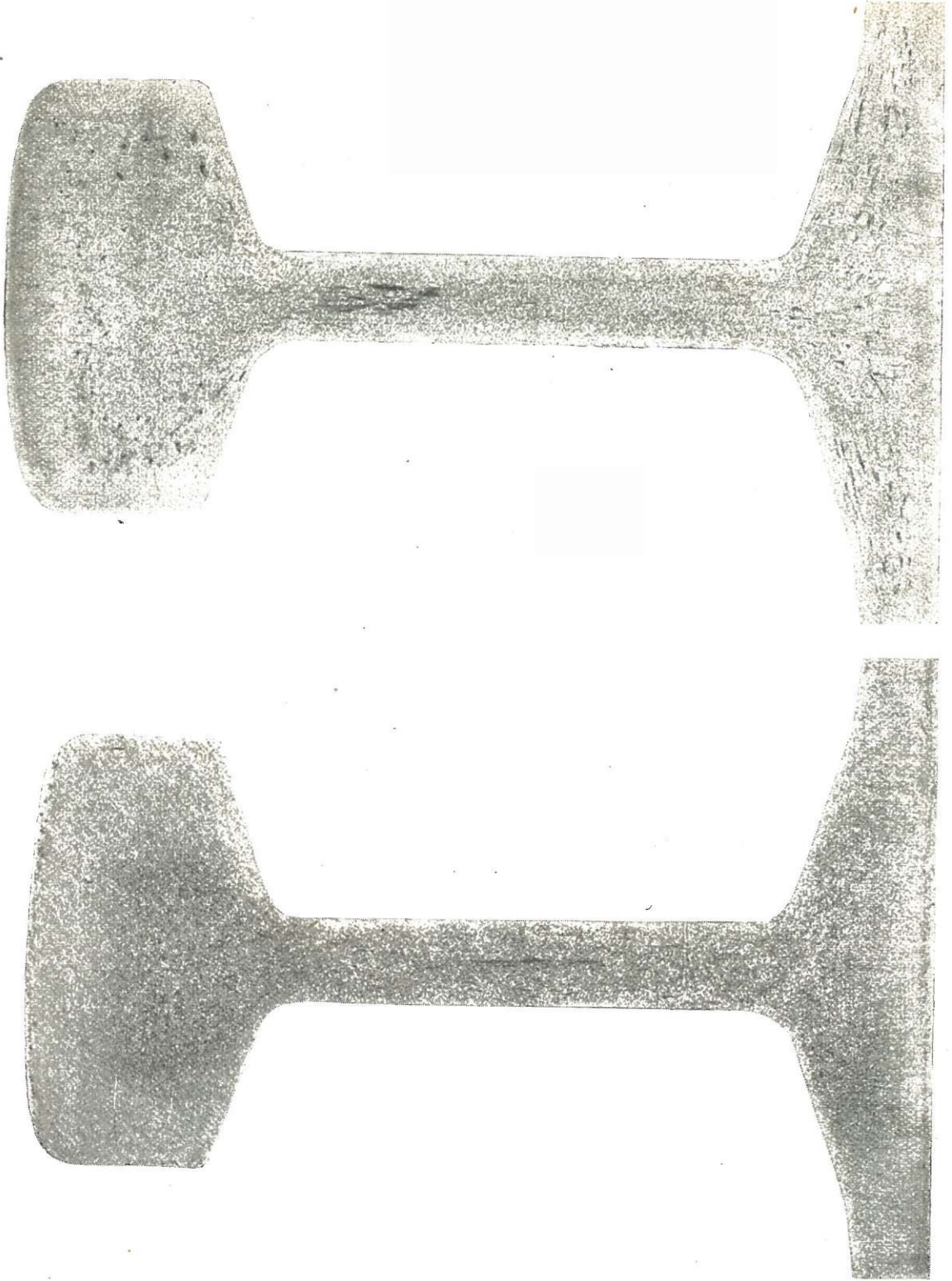


Fig. 25.

Fig. 25 à 29 (suite). — Société Nationale des Chemins de fer belges. — Mauvaises macrographies.
(3)

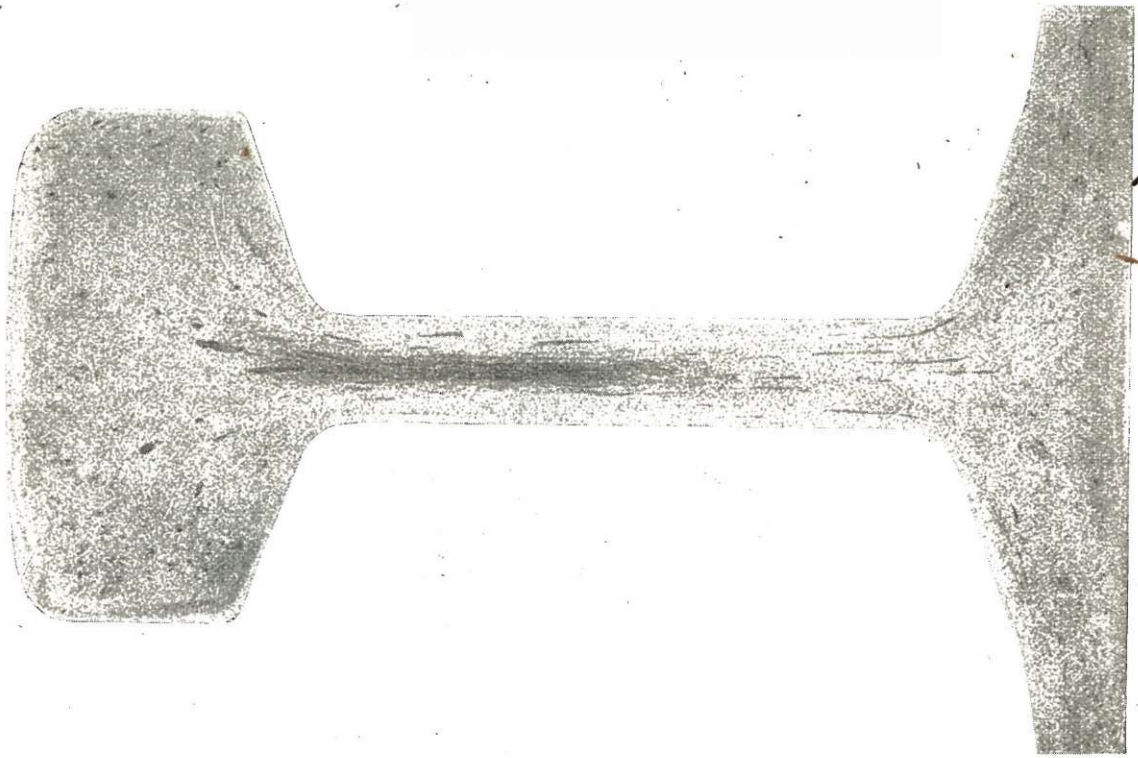


Fig. 27.

Fig. 26.



Fig. 28.

Fig. 25 à 29 (*suite*). -- Société Nationale des Chemins de fer belges.
Mauvaises macrographies.

(5)



Fig. 29.

d'analyses et d'essais très soignés, faits sur des rails ségrégués, aboutit aux conclusions générales suivantes auxquelles nous nous rallions entièrement.

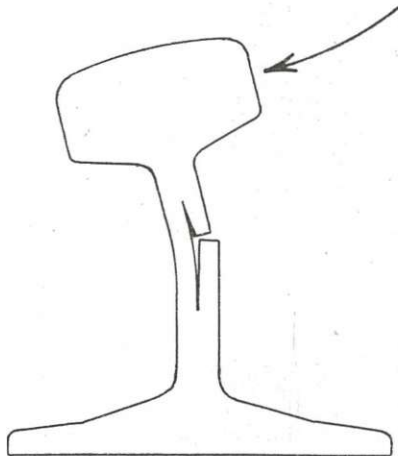


Fig. 30.

1° Les taches ou zones plus ou moins étendues d'impuretés que l'on distingue sur les macrographies renferment des proportions élevées de soufre et de phosphore. Ces proportions dépassent de beaucoup les chiffres maxima que l'on impose normalement aux fabricants.

2° La tendance à la fissuration est toujours plus grande dans les zones d'impuretés que dans les parties saines.

3° Une très légère fissure prenant naissance dans une zone d'impuretés, peut, en cheminant d'une tache à l'autre, se propager dans le rail et en provoquer la rupture.

4° On n'a pu, jusqu'ici, soustraire les joints des rails aux chocs produits par les roues en mouvement.

Nos essais sur l'effet des chocs répétés ont mis en évidence la tendance à la fissuration des régions riches en soufre et en phosphore; on s'explique dès lors la fréquence des ruptures de rails dans les éclissages.

5° Les défauts d'homogénéité dénommés ségrégations, les impuretés, points de soufflures, inclusions non métalliques ou de métal étranger, etc... sont révélés d'une manière très nette par les macrographies : il y a donc lieu de recommander l'emploi de ces dernières pour la vérification de la qualité des fournitures.

D'autre part, nous avons pu constater que lorsqu'on ébauche une enquête à propos d'un rail brisé prématurément en service, l'enquêteur procède presque toujours comme premier essai à une attaque macrographique pour s'assurer tout d'abord du degré d'homogénéité du rail. Pourquoi vouloir émettre un jugement après le bris sur le vu de la macrographie et ne pas admettre le procédé comme moyen préventif à la réception ?

Bien entendu, pour nos rails, les résultats n'ont été atteints qu'en pratiquant des chutages en tête des lingots dépassant régulièrement 30 %.

Il va de soi aussi que de telles exigences se paient; mais finalement, les frais d'entretien des voies s'en trouvent diminués à cause de l'usure plus régulière et des retraits anormaux moins fréquents. Au surplus la sécurité y trouve son compte.

A quoi servirait-il, en effet, de faire des efforts considérables en vue d'atteindre de plus grandes vitesses, en vue de donner au voyageur plus de confort et souvent plus de luxe si on ne pouvait en même temps améliorer les facteurs de sécurité dont le rail constitue l'un des éléments essentiels ?

II. — Fragilité.

Les causes de fragilité.

Mais un métal sain n'est pas nécessairement un métal *non fragile* et l'on sait combien le cycle thermique de fa-

brication ainsi que le travail mécanique de corroyage nécessaire pour assurer la forme désirée du produit, peuvent modifier l'organisation structurale des métaux, disons de l'acier pour ce qui nous occupe. C'est de cette organisation structurale que dépendra en grande partie, pour une analyse chimique déterminée, le degré plus ou moins grand de fragilité de la pièce finie.

Au point de vue chimique, la teneur en carbone constitue l'élément principal susceptible d'influencer la fragilité.

On ne peut pour les rails admettre des teneurs élevées en carbone sans s'exposer à une fragilité qui compromette la sécurité. Nous y reviendrons plus loin en parlant de l'usure des rails.

Indépendamment de la qualité de l'acier, il y a le laminage qui comporte à partir du lingot une série de corroyages successifs obtenus par passages dans des cannelures de formes ébaucheuses et finisseuses, pour aboutir sans réchauffage au profil désiré.

Ce laminage, comme l'estampage, est facilité par la haute température du métal; mais il en résulte une structure de surchauffe avec sa fragilité caractéristique (fig. 31, 32 et 33).

Si pour l'estampage on recourt régulièrement à un recuit subséquent, régénérateur du grain, voire même au traitement thermique complet, c'est-à-dire à une trempe suivie de revenu; pour le rail, au contraire, le laminage, dans les conditions ordinaires de fabrication, n'est suivi d'aucune opération pouvant régénérer la structure du métal.

Il importe donc de conditionner le laminage des rails en cherchant à obtenir la meilleure organisation cristalline possible, laquelle se traduira par une fragilité moins prononcée du métal.

Les essais de résilience et les résultats obtenus.

Nous avons donc été orienté vers l'essai de résilience qui devait nous donner un indice de fragilité et c'est pourquoi depuis 1923, nous avons pratiqué, à titre documentaire, des essais massifs de résilience sur petite éprouvette du type Mesnager de 10 mm × 10 mm. × 55 mm. avec entaille de 2 mm. à fond rond.

Notre but était d'arriver à déterminer les moyennes de travail spécifique du métal à rails dans ses diverses parties; l'examen micrographique pratiqué sur les tronçons d'éprouvettes de résilience devant compléter les indications et servir à la recherche des améliorations possibles.

Nous donnons ci-après un diagramme de fréquence pour les années 1926, 1927, 1928 et 1929 (fig. 34).

Ces données ont été recueillies sur un ensemble de plus de 200 000 t. de rails présentées en réception.

Il ressort de ce diagramme que les fabrications de rails accusent au point de vue « non fragilité », un progrès incessant et il est à retenir que pour l'année 1929, plus de 80 % des rails essayés ont donné une résilience supérieure à 2 kgr. par cm² et 65 % plus de 3 kgr. par cm². L'amélioration a surtout été sensible pour les chiffres de 3 à 5.

L'influence de la température de laminage sur les propriétés des rails.

Il nous paraît intéressant de signaler que l'amélioration constatée cette année est en partie attribuable à l'abaissement de température de fin de laminage.

Nous avons, en effet, fait au cours de la campagne de laminage de 1928, plusieurs essais consistant à abaisser la tem-

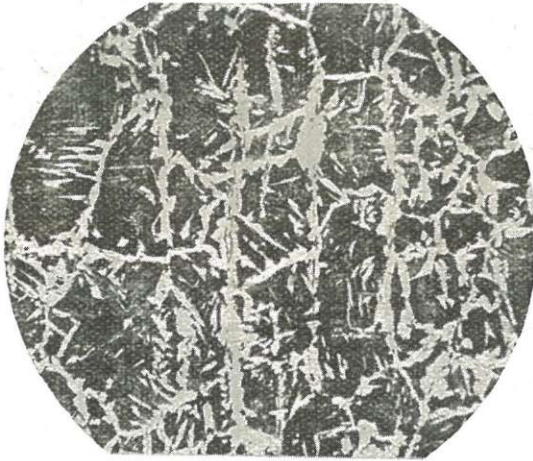
Fig. 51 à 55. — Structures de Widmanstätten caractérisant la surchauffe.



75 X.

Sens transversal de laminage.

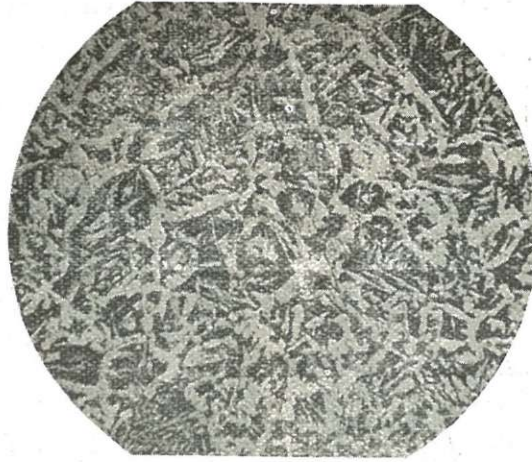
Fig. 31.



75 X.

Sens de laminage.

Fig. 32.

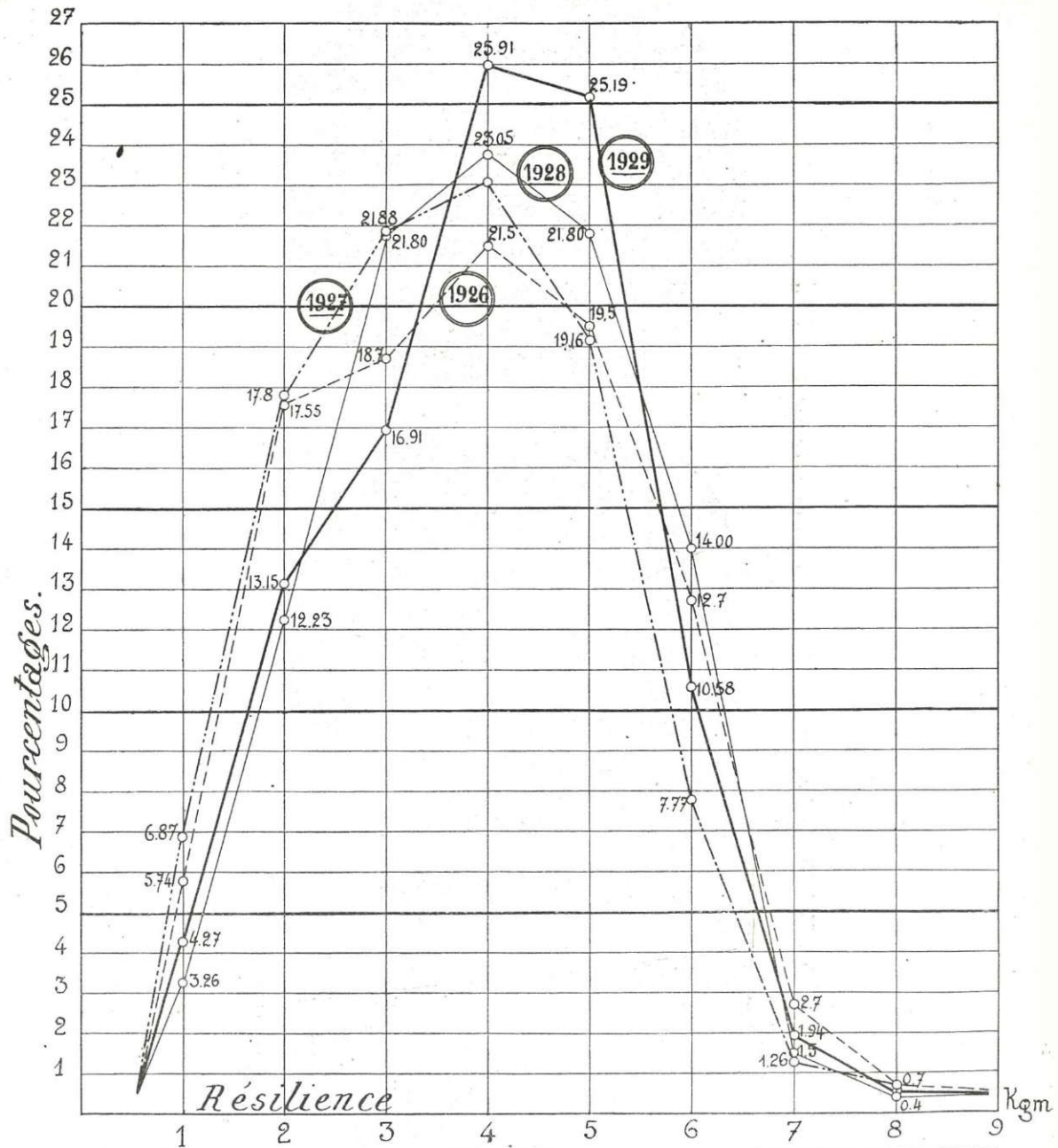


75 X.

Sens transversal.

Fig. 33.

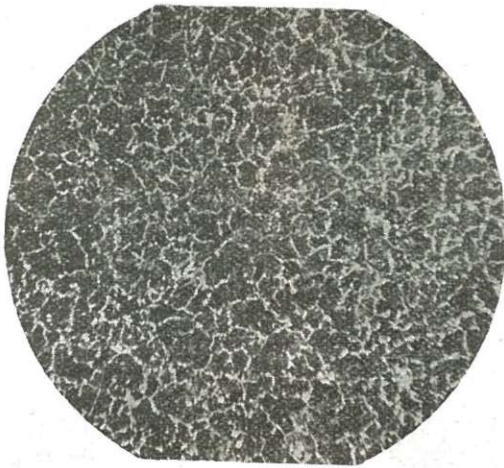
Résultats des essais de résilience faits sur les rails.



| | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1926 | 5.74% | 17.55% | 18.7% | 21.5% | 19.5% | 12.7% | 2.7% | 0.7% |
| 1927 | 6.87% | 17.8% | 21.88% | 23.05% | 19.16% | 7.77% | 1.26% | 0.72% |
| 1928 | 3.26% | 12.23% | 21.80% | 23.75% | 21.80% | 14.0% | 1.5% | 0.4% |
| 1929 | 4.27% | 13.15% | 16.91% | 25.91% | 25.19% | 10.58% | 1.94% | 0.55% |

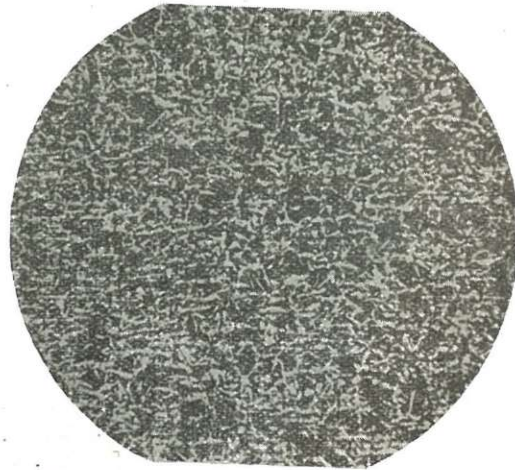
Fig. 31.

Fig. 35 à 38. — Variation de la structure suivant la température de fin de laminage.



Bourrelet.
Fig. 35.

75 X.
900 à 950°



Ame.
Fig. 36.

75 X.



Bourrelet.
Fig. 37.

75 X.
1000 à 1050°



Bourrelet.
Fig. 38.

75 X.

pérature de laminage dans les dernières cannelures finisseuses au voisinage de 900°.

La distribution du réseau perlitique s'en est trouvé sensiblement améliorée (fig. 35 à 37) et les caractéristiques mé-

Bourrelet.

Al

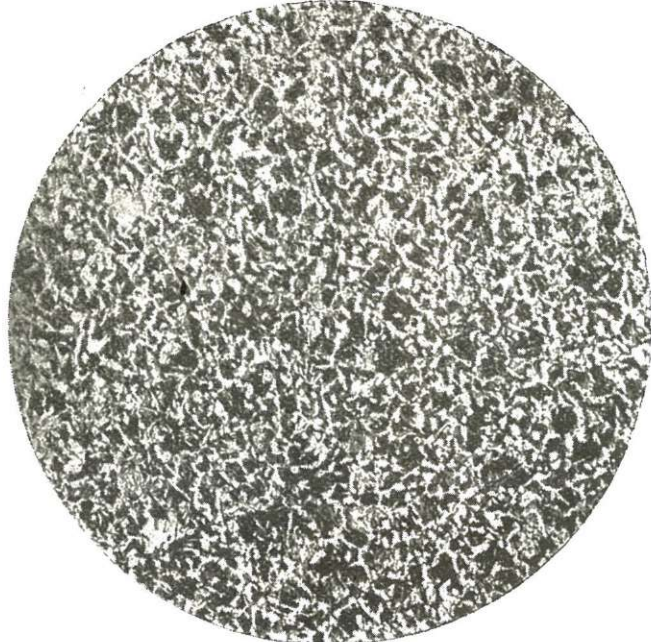


Fig. 39.

50 X.

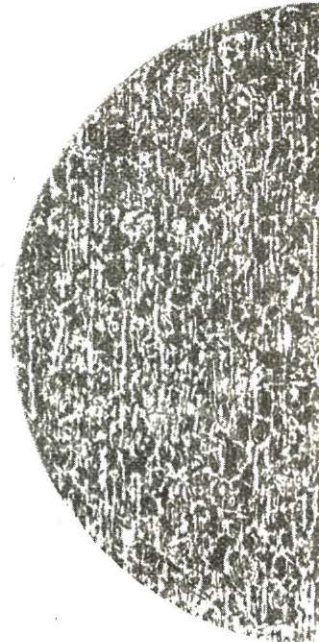


Fig.

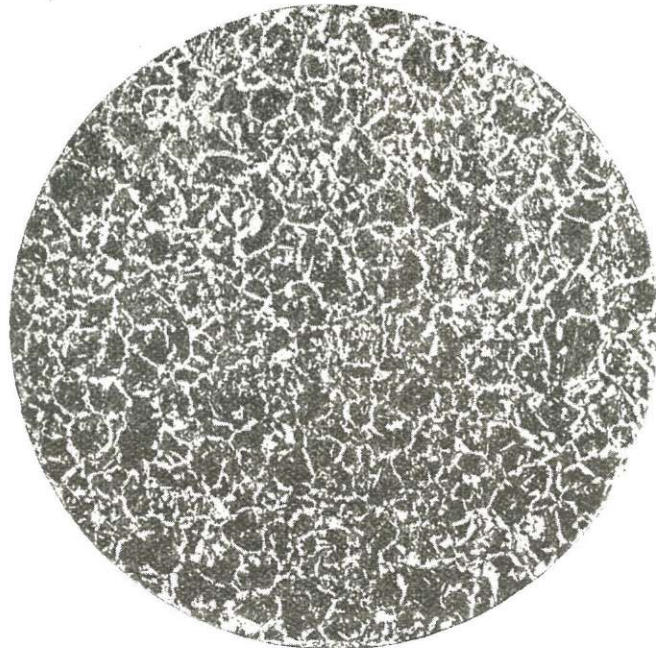


Fig. 42.

50 X.

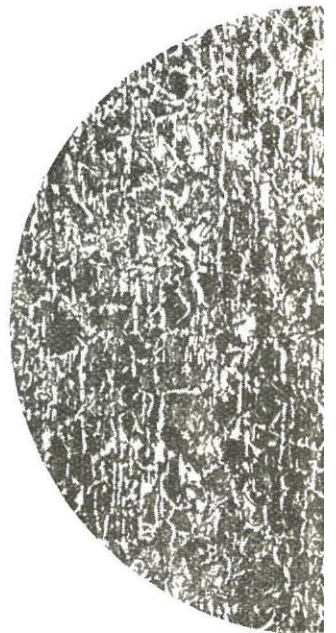


Fig.

image sur les propriétés des rails, d'après M. Stumper.
ne.

Patin.

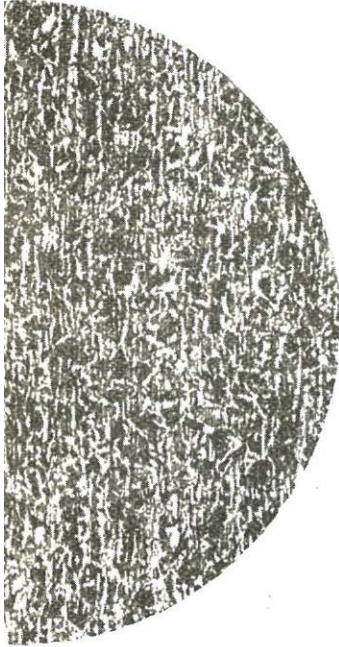
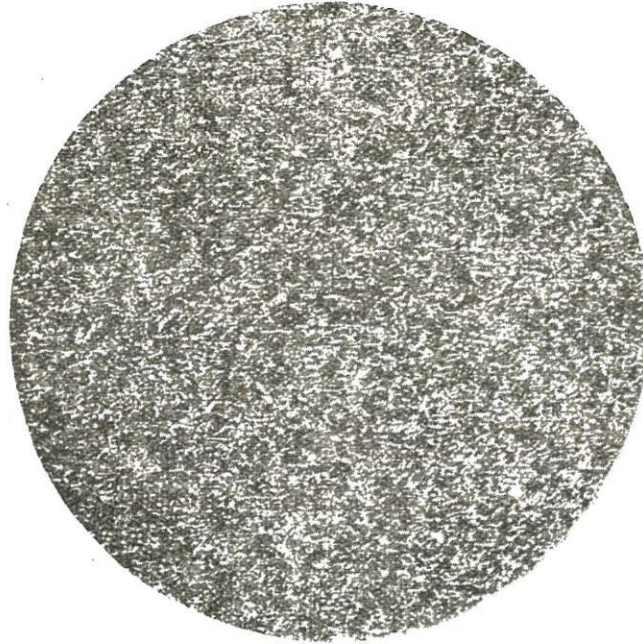


Fig. 40.

50 X.



950°

Fig. 41.

50 X.

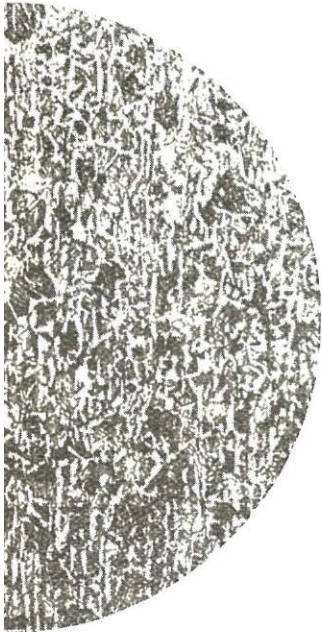
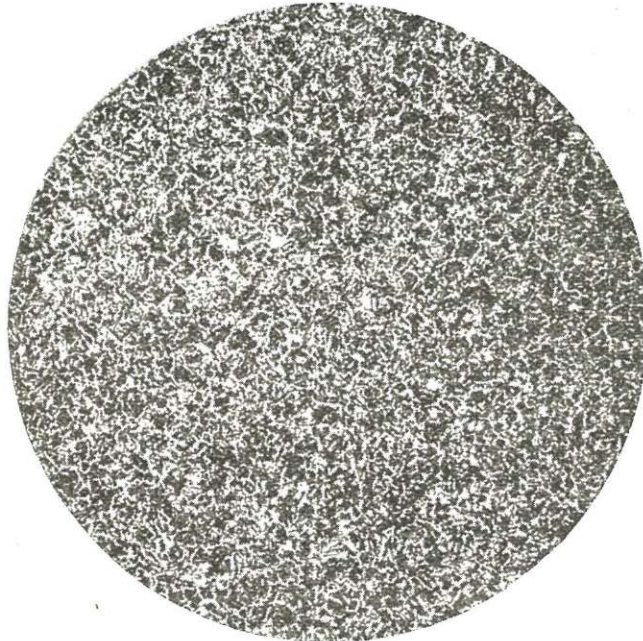


Fig. 43.

50 X.



1050°

Fig. 44.

50 X.

caniques : limite élastique, charge de rupture, et résilience, ont accusé des avances de plusieurs unités.

C'est pourquoi en 1929, des recommandations ont été faites aux fabricants et les résultats obtenus ont confirmé l'influence favorable de cette pratique.

Des essais analogues ont été faits et se poursuivent encore dans certaines usines françaises où l'on a cherché à terminer le laminage en se rapprochant autant que possible du point de transformation au refroidissement. Les résultats portés à notre connaissance accusent des améliorations notables surtout au point de vue « fragilité ».

Dans le *Stahl und Eisen* du 7 février 1929, M. Stumper a donné les résultats de son étude sur l'influence des températures de laminage sur les propriétés des rails — résultats basés sur une suite d'essais faits aux usines de Burbach (Sarre).

Il constate que les résultats acquis, valables pour un intervalle de température de 950° à 1150° peuvent se résumer comme suit :

« La limite élastique, la charge de rupture et l'allongement décroissent quand la température finale de laminage croît; alors que la dureté Brinell n'est influencée que médiocrement, la résilience croît à mesure que la température diminue.

« Des essais de résilience effectués aux diverses températures, il ressort nettement que les rails dont le laminage est terminé à basse température sont d'une qualité supérieure à ceux qui sont laminés à haute température.

« L'amélioration des propriétés mécaniques s'accompagne d'une réduction de la taille du grain, la grosseur du grain croissant à peu près suivant une progression géométrique lorsque la tempéra-

ture finale croît suivant une progression arithmétique. »

M. Stumper a été assez aimable de nous remettre les micrographies ci-contre qui illustrent ses conclusions (fig. 39 à 48).

Un des résultats les plus intéressants de cette méthode est le relèvement de la limite élastique des aciers à rails. Il importe, en effet, pour la bonne résistance aux chocs répétés de rechercher une limite élastique élevée.

Pour beaucoup de nos rails de la nuance 70 kgr., la limite élastique apparente est souvent comprise entre 36 et 38 kgr., chiffres que nous considérons comme insuffisants et qui devrait être de 40 kgr. par mm² minimum. Or, ce chiffre de 40 kgr. par mm² a été atteint et régulièrement dépassé pour les fabrications où la température de fin de laminage a été abaissée vers 900°.

Comme contrepartie, on a fait valoir que l'abaissement de température de fin de laminage donnerait lieu à une usure plus rapide des cannelures et provoquerait des bris de cylindres plus fréquents, tout en donnant un profil imparfait. Ces objections sont valables, et il est évident qu'il faudra retoucher les cylindres plus souvent et, par suite des pressions nécessaires, les chances de bris d'outillage augmenteront.

D'autre part, c'est le tracé du profil adopté qui servira à déterminer la limite possible dans l'abaissement de température de laminage.

Quant aux défauts de surface des rails, nous pensons qu'ils proviennent en ordre principal de pailles ou lignes de laminage mal ressoudées et rendues plus visibles par l'abaissement de température.

Les lignes de laminage sont quelquefois mises en évidence et ouvertes sous les chocs au mouton de 1 000 kgr. avec

patin en tension. Ces lignes qui forment de fines fissures longitudinales sont de nature à favoriser le bris du rail et peuvent provenir de soufflures à fleur de peau éclatées et allongées par laminage ou d'inclusions d'oxydes résultant du manque de propreté des lingotières.

Le choix du type d'éprouvette et la forme de l'entaille.

Des difficultés ont surgi au début pour l'obtention en aussi grand nombre d'éprouvettes de résilience bien calibrées dont le manque de fini pouvait fausser les résultats d'essais; c'est pourquoi, nous n'avons donné les chiffres qu'à partir de l'année 1926, la plupart des usines ne s'étant outillées que progressivement pour le parachèvement des éprouvettes et le fraisage de l'entaille.

On s'est demandé si la petite éprouvette Mesnager était bien celle qu'il convenait d'adopter pour l'essai des rails. On lui reproche notamment d'être ponctuelle et de ne pas donner des indications d'ensemble sur le profil du rail. On lui reproche aussi d'avoir une entaille à fond rond alors que les fissures qui se produisent dans les rails en service sont toujours aiguës.

À cela, nous pouvons répondre que nous avons choisi à l'époque de l'adoption de l'essai de fragilité, le mouton d'essai et le type d'éprouvette qui, dans les administrations civiles et militaires, semblaient répondre le mieux aux desiderata.

On a beaucoup discuté dans divers pays sur la forme à donner à l'entaille. Récemment encore, à la suite d'une étude faite en Allemagne (1) sur les différents types d'éprouvettes existants, deux éprouvettes furent retenues dont l'éprou-

vette Mesnager, comme pouvant le mieux fournir l'indice de fragilité.

Si l'on considère que pour chaque essai nous prélevons une éprouvette dans la partie supérieure du bourrelet, dans le milieu de l'âme et dans le patin, on peut estimer que les parties intéressantes du rail sont éprouvées.

L'utilité des petites éprouvettes se marque aussi lorsqu'on a affaire à un rail provenant d'un lingot laminé trop chaud, c'est-à-dire dont l'évolution thermique a été précipitée et anormale. Le chiffre de résilience est dans ce cas toujours élevé dans l'âme par suite de la décarburation qui en résulte (fig. 49 à 51).

Répetons qu'il ne s'agit de prendre en considération que les moyennes des chiffres obtenus et leur régularité dans l'ensemble.

Nous pensons que les essais de résilience doivent encore se poursuivre dans les conditions actuelles de façon à pouvoir rendre les résultats comparatifs et suivre les progrès réalisés.

Mais dès maintenant, il apparaît déjà que lorsqu'il s'agira de se prononcer définitivement sur la forme du barreau et de son entaille pour déceler la fragilité des rails, c'est sur le barreau constitué d'un tronçon de rail entaillé que le choix se portera.

La forme de l'entaille est le point délicat, car l'essai de fragilité pour être judicieux devrait permettre le classement des rails en vue de leur emploi de façon à réserver pour les voies à grande circulation les meilleurs rails.

On constate aussi en service que les rails, suivant leur degré de fragilité et indépendamment de l'analyse chimique, présentent une aptitude plus ou moins grande à se fissurer à la surface de roulement sous l'effet de l'érouissage, suivi ou non de trempe, résultant du passage

(1) *Stahl und Eisen* du 26 avril 1928.

Fig. 59 à 48 (suite). — Influence des températures de la

Bourrelet.

A

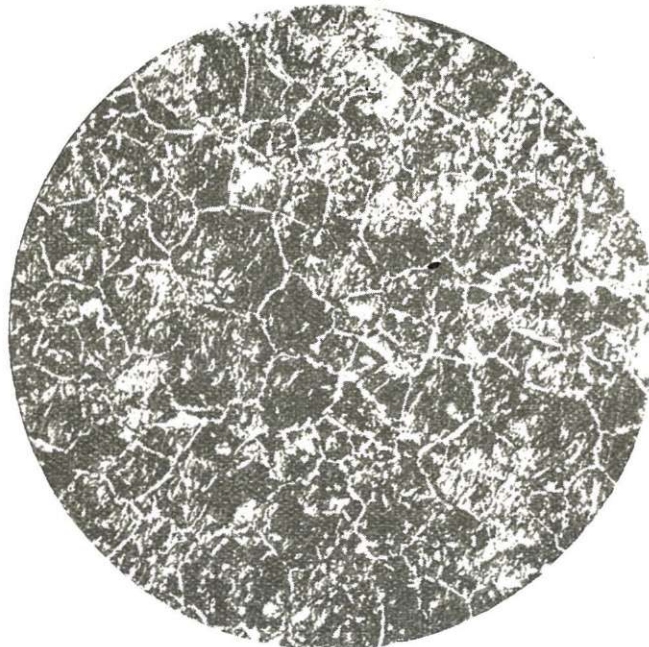


Fig. 45.

50 X.



Fig.

et surtout du patinage des charges roulantes sous l'action des freins ⁽¹⁾.

Ces fissures se développent par progression intercrystalline en raison de la fragilité de la masse (fig. 52 et 53) et peuvent entraîner la rupture brusque du rail sous le passage d'un train comme le fait s'est produit à diverses reprises sur certains réseaux étrangers. C'est pourquoi l'entaille doit synthétiser en quelque sorte le défaut par fissuration.

D'autres réseaux semblent avoir adopté notre manière de voir actuelle et nous savons que les chemins de fer italiens

et suisses font usage également de la petite éprouvette Mesnager.

Les chemins de fer français, tout en utilisant pour leurs recherches de laboratoire l'éprouvette Mesnager, ont, depuis un certain nombre d'années inscrit dans leur cahier des charges, l'essai de choc sur coupon entaillé à la fraise (fig. 54), mouton de 300 kgr. tombant de 4 m. 60 de hauteur sur coupon avec bourrelet en tension; distance entre appuis : 500 mm. — mais l'entaille pratiquée à la fraise ne donne à cet essai qu'une signification incomplète, du fait que le résultat n'est pas chiffrable et que la rupture ne passe pas toujours par l'entaille.

Dans le but de mieux caractériser la fragilité en tenant compte de l'aptitude

(1) Voir *Revue de Métallurgie*, septembre, octobre, novembre 1927; *Revue Générale des Chemins de fer*, novembre 1926.

minage sur les propriétés des rails, d'après M. Stumper.

me.

Patin.



46.

50 X.

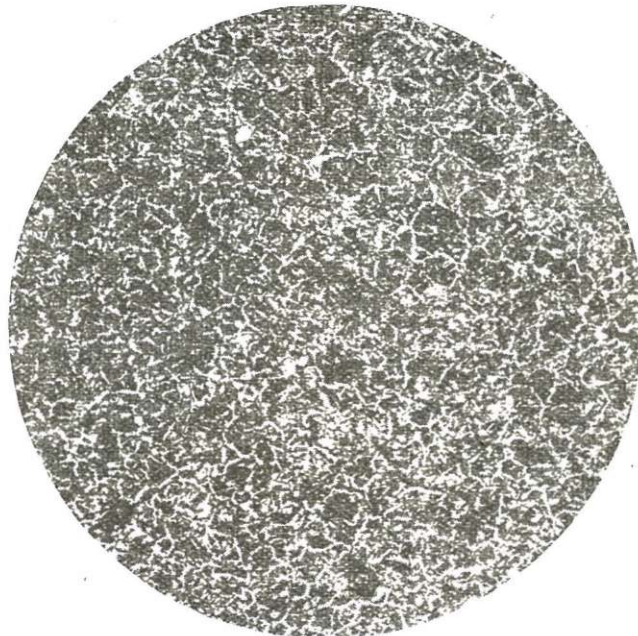


Fig. 47.

50 X.

1150°

à la fissuration, M. Merklen, Rapporteur spécial de la question des ruptures de rails au Congrès de Londres (1925), dont toute l'activité est concentrée sur le problème des rails, a imaginé de faire un essai sur coupon de rail avec entaille de 2 mm. de profondeur et de 0 mm. 2 de largeur, obtenue au moyen d'une scie fine de 0 mm. 13 d'épaisseur guidée dans un carcan.

Cet essai se pratique sur coupon de rail de 0 m. 70 de longueur reposant sur appuis espacés de 0 m. 50. Les premiers essais furent faits à raison de dix coups avec mouton de 300 kgr. tombant de 0 m. 50 en retournant le rail après chaque coup en commençant par bourrelet en tension, puis dix coups à 1 m.

dans les mêmes conditions, puis un coup à 2 m. champignon en tension, un coup à 3 m. et ainsi de suite jusqu'à rupture.

Nous avons fait un certain nombre d'essais de ce genre sur nos rails 50 kgr. Les uns cassèrent dans la série des coups à 0 m. 50; d'autres dans la série à 1 m.; pour certains, mais ce fut l'exception, il fallut monter à 2 m.

M. Merklen s'attache actuellement à réduire le nombre de chocs à deux coups alternés de façon à rendre cet essai suffisamment pratique pour le contrôle de la fragilité qui doit être prévu sur un coupon de tous les lingots.

Cet essai paraît présenter l'avantage de permettre le classement des rails suivant leur degré de fragilité, sans être in-

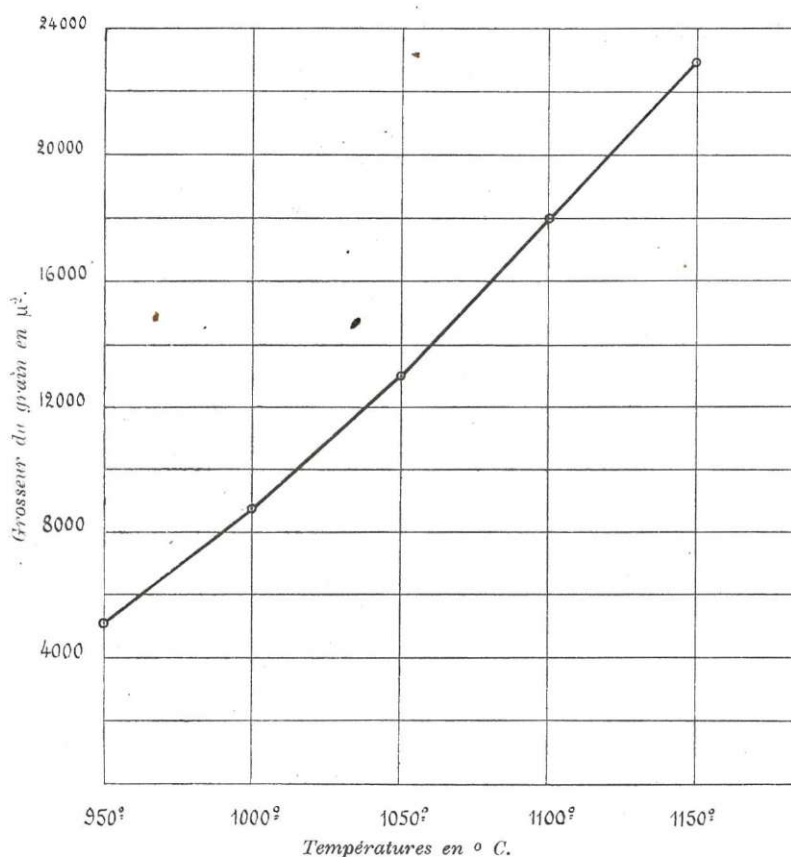


Fig. 48. — Grosseur du grain par rapport à la température de laminage.
(suite aux figures 39 à 47).

influencé par les inclusions microscopiques diverses que comporte le métal dans les différentes parties de la section du rail.

Des essais multiples devront encore être faits avant de pouvoir prendre position définitivement. L'adoption d'un essai de ce genre permettrait vraisemblablement d'envisager l'octroi de primes aux fabricants pour les fournitures comprenant un pourcentage important de rails reconnus non fragiles.

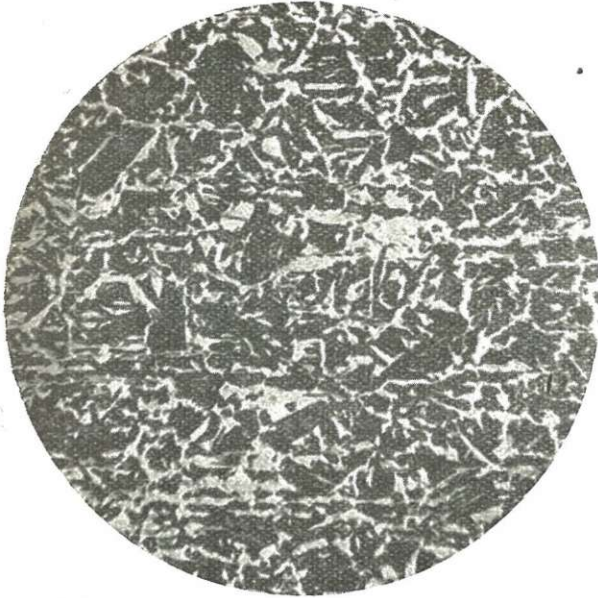
Signalons en passant en ce qui nous

concerne que depuis plusieurs années déjà, nous avons l'habitude de réserver pour les voies très parcourues les rails parfaitement sains provenant des pieds de lingots et ayant donné les meilleurs résultats d'essais. Dans un autre ordre d'idées, il est à souhaiter que dans un avenir prochain on arrive à doser d'une manière pratique l'oxygène dans les aciers et à déterminer exactement son degré de nocivité et sa répercussion sur la fragilité. Nous en resterons là en ce qui

Fig. 49 à 51. — Structure d'un rail provenant d'un lingot laminé trop chaud. — Décarburation de l'âme.

Bourrelet.

Ame.



$\rho = 5.62$ kgrm.

100 X.

$\rho = 17.36$ kgrm.

100 X.

Fig. 49.

Fig. 50.

Patin.

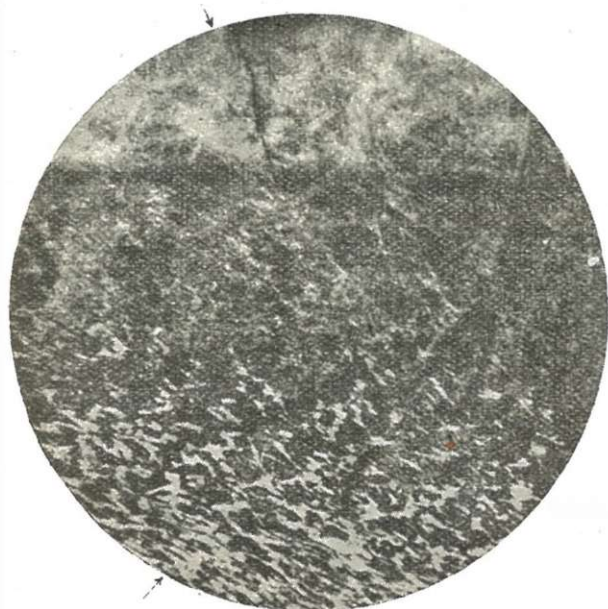


$\rho = 5.357$ kgrm.

100 X.

Fig. 51.

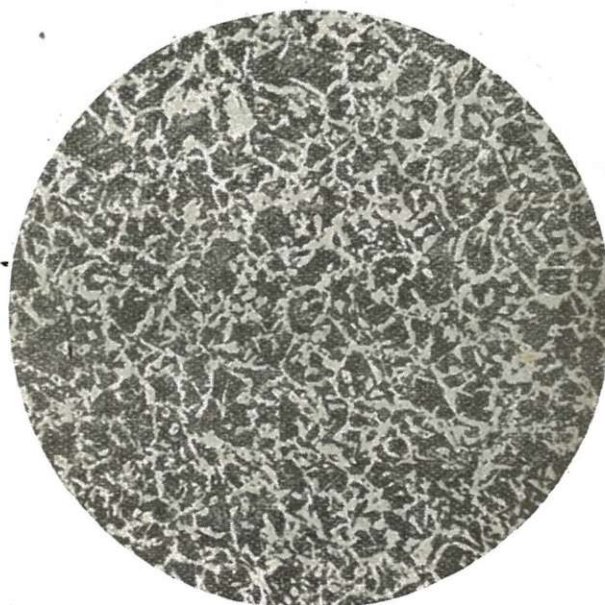
Fig. 52 et 53. — Trempe superficielle de la surface de roulement.



Surface de roulement.

100 X.

Fig. 52.



Centre du bourrelet.

100 X.

Fig. 53.

concerne la fragilité pour aborder le troisième point, c'est-à-dire la question de l'usure des rails.

III. — Résistance à l'usure.

Formes d'usure.

Les formes d'usure dont nous voulons parler sont :

1° l'usure de la surface de roulement par abrasion;

2° l'usure latérale du bourrelet dans les voies posées en courbes de faible rayon;

3° l'usure par oxydation.

Disons pour ne plus y revenir que les rails en métal sain sont assurés d'une

usure plus régulière que ceux entachés d'impuretés qui se prêtent facilement à des écrasements locaux ou aux exfoliations.

La première idée qui vient immédiatement à l'esprit est que pour avoir un métal résistant bien à l'usure, il suffit d'utiliser un métal dur et pour cela d'augmenter la teneur en carbone. Mais nous avons vu précédemment que l'augmentation de la teneur en carbone au delà d'une limite déterminée a pour conséquence d'augmenter la fragilité. Il est donc difficile, semble-t-il, de concilier la sécurité avec le point de vue économique.

On se trouve pris dans un dilemme : ou bien, il faut dans les conditions actuelles du trafic admettre que les rails s'usent

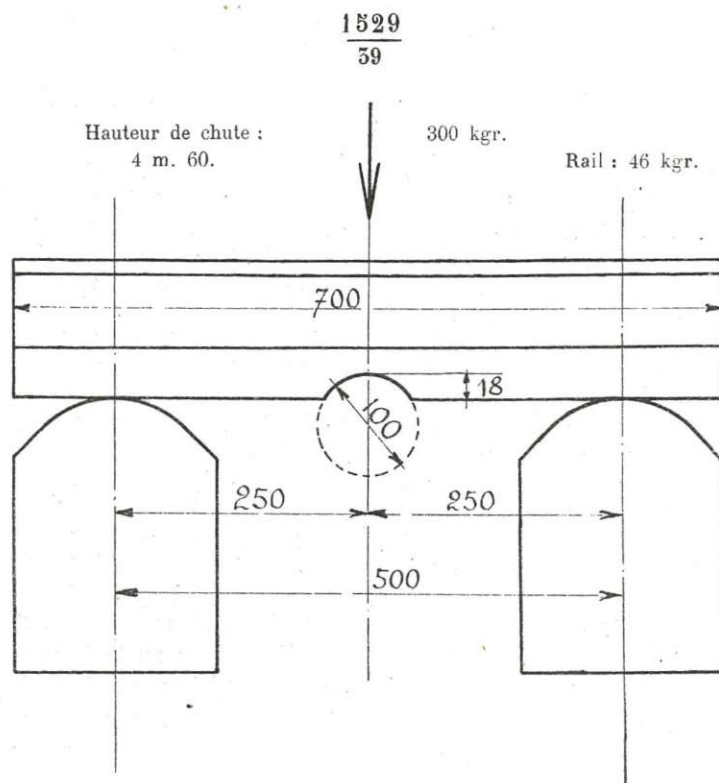


Fig. 54. — Grands Réseaux français. — Essai de choc sur coupon fraisé.

modérément pour maintenir la sécurité, ou bien, il faut admettre que la résistance à l'usure doit primer en essayant de sauvegarder la sécurité par une augmentation du poids métrique des rails.

C'est cette dernière solution qui a été adoptée aux Etats-Unis où l'on fabrique des rails en acier Martin à teneur en carbone de 0.7 à 0.9 % et même 1 % d'un poids allant jusqu'à 67 kgr. par m. ct.

Il semble cependant s'affirmer de jour en jour que c'est la politique suivie par les grands réseaux européens qui se justifie le mieux.

Les hautes teneurs en carbone présentent d'ailleurs le grave danger de faciliter la naissance des fissures transversales dans les rails (fig. 55 et 56).

On connaît assez la cause destructrice

que constitue le dressage brutal des rails déformés par refroidissement et qu'on assure à coups de presse ou au moyen de machines à galets. Il peut résulter de cette opération des fissures internes et souvent aussi des fissures très fines du bourrelet ou du patin non visibles à l'examen du rail. Les chances de fissuration interne augmentent avec la dureté du métal et son hétérogénéité.

M. Houbaer, ingénieur, chef de service des Aciéries de la Société, J. Cockerill, a dit au sujet du carbone ce qui devait être dit, dans sa note remarquable sur la composition chimique des aciers à rails ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ *Revue Universelle des Mines*, du 15 janvier 1929.

La composition du rail, dit-il, en ce qui concerne le carbone, semble être et est, en effet, réglée uniquement par la résistance à l'usure sous des charges de plus en plus lourdes. C'est donc cette préoccupation de la résistance à l'usure qui commande, dans la plupart des cas, la teneur en carbone; comme si le rail pouvait indéfiniment se plier à toutes les exigences, se prêter à tous les desiderata et ne possédait intrinsèquement de par son essence propre, aucune teneur limite en carbone qu'un chemin de fer prudent ne devrait pas dépasser dans ses exigences et qu'un fabricant consciencieux ne devrait accepter que comme maximum.

On veut bien admettre, poursuit-il, qu'il existe une teneur limite : pour les uns, c'est C. = 0.50; pour les autres, cette teneur limite est située quelque part entre 0.90 et 1.00. Comme si la sidérurgie, dans sa pratique d'un pays à l'autre, comme si l'habileté des métallurgistes variaient du simple au double.

Que diraient les ingénieurs des chemins de fer, conclut-il, si on traitait le calcul et la construction de leurs machines en se basant sur les mêmes principes et en augmentant simplement la teneur en carbone des différents organes au fur et à mesure qu'ils sont plus fatigués?

Et pourtant, il ne s'agit ici que d'éléments soigneusement forgés, recuits, traités. Que dire alors d'un produit utilisé à l'état brut de laminage, écroui par endroits?

Nous ne tombons pas sous le reproche de M. Houbaer car, pour notre part, nous avons estimé que la teneur en carbone des rails ne doit pas dépasser sensiblement 0.5 %. Nous obtenons ainsi, comme nous l'avons vu au tableau résumant les essais, des résistances de 68 à 78 kgr.

Les analyses chimiques de nos rails varient dans les limites ci-après :

| C. % | S. % | P. % | Si. % | Mn. % |
|-------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.40 à 0.52 | 0.030 à 0.055 | 0.035 à 0.075 | 0.12 à 0.25 | 0.85 à 1.15 |

Constatons d'ailleurs que les rails de nuance très dure (> 80 kgr.) tout en étant plus fragiles, ne se comportent pas mieux à l'usage que les rails de nuance relativement plus douce (65 à 75 kgr.).

Sous la pression des charges transmises au rail par les bandages, souvent constitués d'acier eutectique (0.9 % C.) forgé et recuit, la couche superficielle de la table de roulement péricule par érosions successives pour les rails très durs et provoque pour les seconds un écrouissage énergétique dont la profondeur dans la masse est suffisante pour constituer une couche adhérente et à grande dureté,

capable de bien résister à l'usure. La teneur en carbone de beaucoup de rails Bessemer était inférieure à 0.40 % et on relève des chiffres de dureté Brinell de $\Delta = 286$ correspondant à une résistance déduite de 100 kgr. par mm^2 à la surface des anciens rails 38 kgr. et 52 kgr. alors que le chiffre de dureté atteint seulement 187 et moins dans le bourrelet sous la zone écrouie, correspondant à une résistance de 65.3 kgr. par mm^2 au plus.

Pour les rails très durs $\Delta = 241$, $R = 84.1$ kgr. par exemple, la différence reste minime.

Ce phénomène d'écrouissage et de ré-

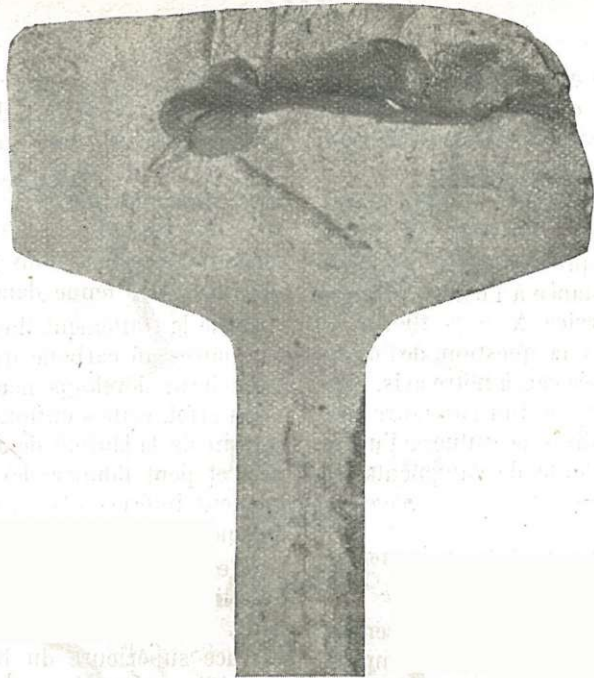


Fig. 55.



Fig. 56.

Fig. 55 et 56. — Fissures transversales.

sistance à l'usure est d'ailleurs identique à celui que l'on constate sur les aciers spéciaux au manganèse du type Hadfield à 12 % de manganèse environ.

Ces aciers ne possèdent qu'une dureté relativement faible ($\Delta = 202$, $R = 70.5$ environ) et n'acquièrent leurs propriétés de haute résistance à l'usure qu'après écrouissage en service ($\Delta = > 400$, $R = > 135$ kgr.), mais la question de l'usure des rails reste posée car, à notre avis, l'application du frein continu sur notre matériel à marchandises accentuera l'usure de nos rails par suite de l'augmentation des vitesses et des zones de freinage.

Les aciers spéciaux et le traitement thermique.

Comme moyen de lutter efficacement contre l'usure en dehors de la composition chimique ordinaire, il y a : les aciers spéciaux et le traitement thermique.

Les aciers spéciaux ne renfermant que les éléments ordinaires mais à pourcentage plus important de certains métaux ou métalloïdes tels, les aciers au Silicium à teneur de 0.35 à 0.40 % ou ceux au manganèse à teneur de 1.5 à 2 %, ne nous paraissent pas constituer un remède suffisamment efficace à la question d'usure.

D'autre part, ceux constitués d'alliages comprenant des métaux coûteux tels le nickel et le chrome exigent logiquement un traitement thermique subséquent au laminage. Leur prix serait, pensons-nous, prohibitif.

Ces solutions ne sont valables, à notre avis, que pour certains cas particuliers. Pour les appareils de voie, par exemple, l'emploi des aciers moulés au manganèse à 12 % environ a été généralisé.

Citons dans le même ordre d'idées que nous avons à l'essai un appareil de tra-

versée à niveau en acier Nickel-Chrome.

Pour la confection des aiguilles de changements de voie, nous ferons usage cette année de rails en acier obtenu au four électrique. Cet acier est de la nuance 70 à 80 kgr. et sa grande homogénéité ainsi que sa pureté nous permet d'espérer une meilleure tenue dans la voie.

Reste le traitement thermique des rails ordinaires au carbone qui semble appelé à un beau développement.

En effet, cette solution est un correctif certain de la dureté de notre acier Thomas et peut donner des résultats extrêmement intéressants au point de vue résistance à l'usure.

Il existe différents brevets concernant l'application du traitement thermique des rails. Ils ont tous pour but de durcir la surface supérieure du bourrelet par un refroidissement plus ou moins rapide en se servant de la chaleur résiduelle emmagasinée dans l'ensemble du profil pour atténuer l'effet de trempe trop violent qui pourrait se produire.

Suivant que tel système emploiera l'air et la vapeur sous pression, l'immersion unique dans l'eau pendant un temps déterminé ou encore, les immersions courtes et successives dans l'eau, on obtiendra, après traitement, à partir de la surface du bourrelet, sur une zone plus ou moins profonde suivant le procédé employé, - les constituants métallographiques : martensite, troostite, troosto-sorbite, sorbite ou les derniers seulement pour aboutir par transition plus ou moins rapide à la structure normale perlitique des aciers ordinaires.

Ce que doit réaliser le traitement thermique des rails.

Il ne nous appartient pas ici de préconiser tel système plutôt que tel autre.

Fig. 57.

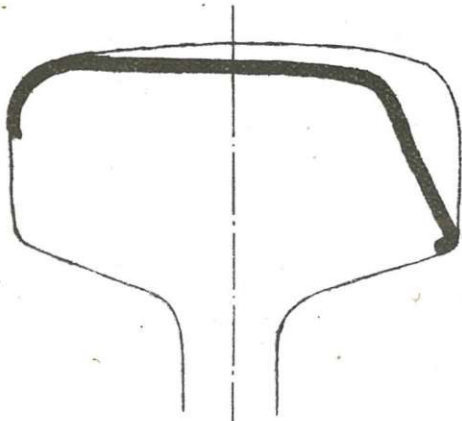
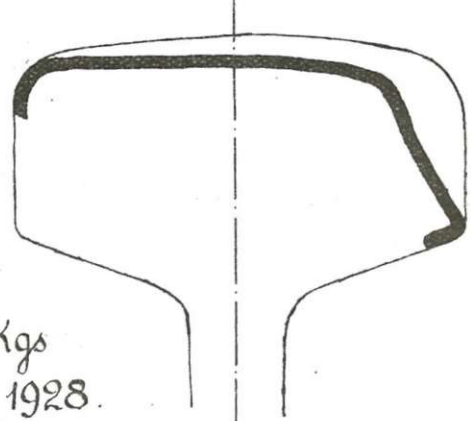


Fig. 58.



RAILS 50 Kgs
posés en 1928.
en courbe de 350^m de R^{on}

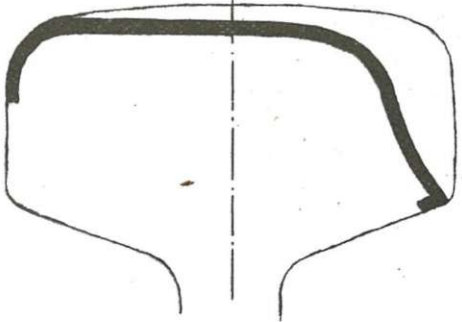


Fig. 59.

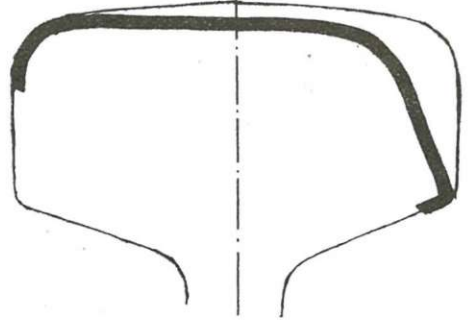


Fig. 60.

Fig. 57 à 60. — Ligne de Dinant à Houyet. — Usures latérales relevées après un an de service.

Ce qui nous intéresse, c'est le programme à réaliser, à savoir :

donner au rail au moyen du traitement thermique une dureté accentuée dans la zone sujette à usure qui puisse présenter une résistance suffisante tout en améliorant autant que possible son indice de fragilité.

Encore une fois, il faut exiger que le traitement thermique du rail soit correct et régulier et agisse dans le sens de la sécurité.

Compris de cette façon, le traitement thermique des rails constitue, à notre avis, une solution des plus intéressante pour l'avenir et en tout cas un moyen très efficace d'améliorer le rail Thomas de dureté moyenne sans entraîner une augmentation de prix considérable.

C'est un moyen certain de lutter contre l'usure latérale des rails dans les courbes de faible rayon et pour tous les points où les rails ordinaires présentent une usure trop rapide.

Nous touchons là un point délicat, car envisager le problème de l'usure en ne considérant que le rail serait une erreur profonde.

Il faut que tous les organes sollicitant directement ou indirectement le rail soient étudiés pour résister ou prendre leurs positions relatives dans les meilleures conditions. Nous voulons parler des tracés de la surface de roulement des rails, des bandages, des bogies et des éléments d'attelages.

Récemment, au cours d'une enquête sur l'usure anormale de certains rails, nous avons pu relever des usures excessives sur des tronçons de voies en courbes de faible rayon de la ligne de Dinant à Houyet (fig. 57 à 60).

Des usures latérales de cette importance, produites en moins d'un an résultent de véritables rabotages et sont inadmissibles.

Les principales causes de cet état de choses résident surtout dans la raideur des rails lourds posés sur plaques et aussi dans la difficulté d'inscription de certaines locomotives.

L'emploi de graisseurs automatiques de la face latérale des rails et des mentonnets des roues peut constituer un remède contre ces effets destructeurs mais, si ce moyen restait insuffisant, mieux vaudrait envisager l'élimination progressive des moteurs défectueux dans le plus bref délai ou tout au moins leur affectation à des lignes à profil moins tourmenté.

L'oxydation.

Contre l'oxydation, dont nous souffrons peu dans l'ensemble, on a préconisé l'emploi de rails au cuivre, à teneur de 0.25 à 0.4 % de cuivre.

Nous n'avons pas fait l'essai de ces aciers, mais certaines compagnies de chemins de fer américaines et les Chemins de fer de l'Etat italien ont posé, à titre d'essai, des tronçons de voies en rails au cuivre particulièrement dans les tunnels humides où l'oxydation est la plus forte.

Il est prématuré d'émettre des conclusions à leur sujet.

En général, pour combattre l'oxydation dans les tunnels, la plupart des compagnies se sont contentées jusqu'ici d'utiliser un profil de rail renforcé.

RÉSULTATS ET CONCLUSIONS.

Dans ce qui précède, nous nous sommes attaché à définir les essais spéciaux et leurs résultats; mais, nous n'avons pas parlé des résultats pratiques obtenus sur les rails en service.

Pour compléter notre exposé, disons donc que la statistique établie depuis 1926, à la suite des vœux émis par le Congrès des chemins de fer tenu à Londres en 1925, a permis de fournir les indications suivantes en ce qui concerne notre réseau (voir tableau III).

De 47.9 bris par 10 000 000 de kilomètres-trains en 1926, nous sommes tombés à 35.61 en 1928.

Dans ce résultat, il serait fort difficile d'établir la part exacte qui revient à l'amélioration de la qualité des rails et celle qu'il y a lieu d'attribuer à l'entretien de la voie et au renforcement de la superstructure. Constatons simplement que les efforts combinés faits par la Société Nationale pour remédier aux insuffisances de la voie, ont donné des résultats appréciables et c'est là, pensons-nous, l'essentiel.

Le tableau donnant les pourcentages de bris survenus dans les éclissages fait apparaître combien la question du joint reste importante par suite du martèlement des rails au droit des joints éclissés et des dénivellations qui en résultent. L'application du traitement thermique à toutes éclisses de la voie constitue une amélioration certaine du joint mais en ce qui concerne les rails, les possibilités de notre industrie sont telles qu'elles permettent d'envisager actuellement la fourniture d'un fort pourcentage de barres de grande longueur, par exemple 24 m. Cette augmentation correspondrait à la suppression de 1/4 des joints et aurait sa répercussion sur le nombre de bris, en même temps qu'elle améliorerait le roulement.

Certains réseaux — en France et en Allemagne — sont entrés résolument dans cette voie.

La soudure des rails offre également une solution au problème de la suppression des joints et les essais divers entre-

pris dans ce sens doivent être suivis avec le plus grand intérêt.

* * *

Il ne nous reste plus qu'à conclure :

Nous avons passé en revue les efforts faits en vue d'améliorer la qualité des rails — efforts qui ont été dominés par le souci d'assurer d'abord la sécurité.

Les résultats obtenus sont encourageants, mais ne constituent, espérons-le, qu'une étape vers des résultats plus marqués.

Nous nous sommes tenu à l'écart de toute polémique au sujet des divers procédés de fabrication. Il ne faut voir le plus souvent dans ce genre de discussion qu'une lutte d'intérêts, chaque pays cherchant à juste raison, à utiliser les matières premières que la nature a mises à sa disposition dans son voisinage le plus immédiat.

Nous restons persuadé, quant à nous, qu'il est possible de fabriquer de bons rails par tous les procédés ordinaires de fabrication en y apportant le soin voulu.

TABLEAU III.

| Années. | Nombre de tonnes brutes remorquées, voyageurs-marchandises. | Nombre de km. de voies simples (voies principales en rails belges). | Nombre de kilomètres-trains. | Nombre total de bris. | Nombre de ruptures par 10 000 000 de kilomètres-trains. |
|----------|---|---|------------------------------|-----------------------|---|
| 1926 | 32 015 984 061 | 6 602 288 | 74 817 188 | 359 (1) | 47.9 |
| 1927 | 30 268 616 207 | 6 632 000 | 70 260 794 | 297 (1) | 42.27 |
| 1928 | 30 627 547 734 | 6 749 202 | 69 905 495 | 249 (1) | 35.61 |
| 1929 (2) | 32 888 219 364 | 6 827 935 | 74 561 667 | 253 (1) | 33.9 |

(1) Ces chiffres comprennent tous les bris en voie courante à l'exclusion des appareils de voie et des rails simplement fêlés ou exfoliés.
(2) Les chiffres de 1929 ont été ajoutés au moment de la publication.

| Années. | Types de rails. | Bris dans l'éclissage. | Bris hors de l'éclissage. |
|---------------------|-----------------|------------------------|---------------------------|
| 1927 | I RL | 52.20 % | 47.8 % |
| | II Rm | 62.28 % | 37.72 % |
| | III RL | 74.47 % | 25.52 % |
| 1928 | I RL | 55.76 % | 44.24 % |
| | II Rm | 78.87 % | 21.13 % |
| | III RL | 69.64 % | 30.36 % |
| 1929 ⁽¹⁾ | I RL | 54.16 % | 45.84 % |
| | II Rm | 78.5 % | 26.5 % |
| | III RL | 76.9 % | 23.1 % |

(¹) Les chiffres de 1929 ont été ajoutés au moment de la publication.
 I RL = rails inférieurs à 42.5 kgr.
 II Rm = rails de 42.5 à 52.5 kgr.
 III RL = rails supérieurs à 53 kgr.