

ⓑ

Direction des Achats

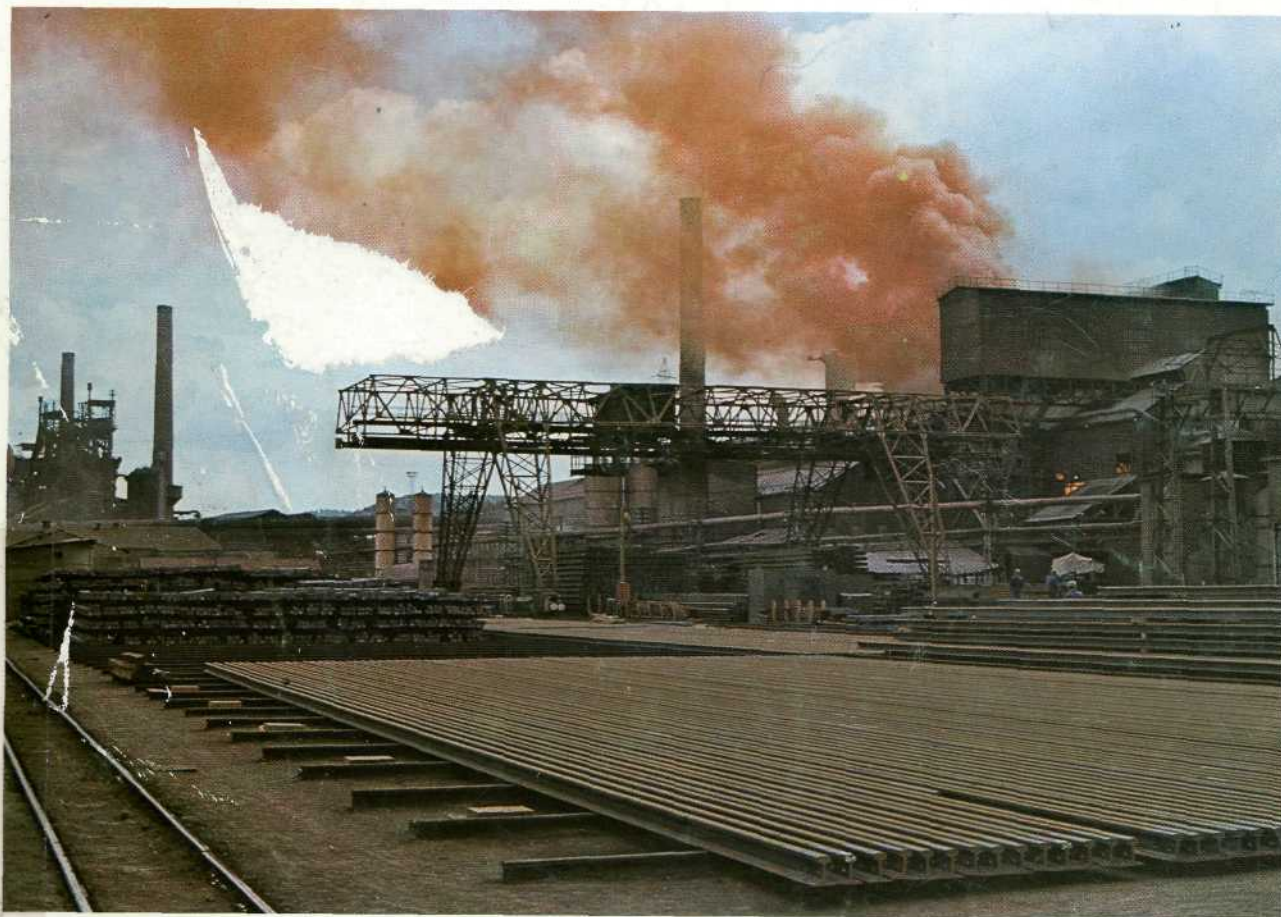
A 82-4

- C 3240 -



M^o 11-013

Les rails



625.143 " 71 "

Ir. J. VANDENBERGHEN
Ingénieur Principal.

TABLE DES MATIERES

	Pages
INTRODUCTION	1
Les ancêtres du rail	3
1. Historique du rail	7
1.1. L'évolution du profil	7
1835 Le rail subondulé en fer pesant 19 kg/m	7
1838 Le rail parallèle en fer pesant 25 kg/m	13
1846 Le rail à bords parallèles en fer à double bourrelet inégal pesant 34 kg/m	13
1860 Le rail Vignole en fer pesant 37 kg/m	15
1863 Le rail parallèle en fer à bourrelets symétriques pesant 38 kg/m	19
1871 Le rail Vignole en acier Bessemer pesant 37 kg/m	21
1878 Le rail Vignole en acier Bessemer pesant 38 kg/m	27
1886 Le rail "Goliath" en acier Bessemer pesant 52 kg/m	27
1898 Le rail Vignole en acier Thomas pesant 40,650 kg/m	27
1907 Le rail Vignole en acier Thomas pesant 57 kg/m	31
1918 Le rail type "Américain" pesant 39,685 kg/m	31
1926 Le rail Vignole en acier Thomas pesant 50 kg/m	35
1959 Le rail U.I.C. 54 pesant 54 kg/m	37
1963 Le rail 50 R pesant 50,357 kg/m	37
1970 Le rail U.I.C. 60 pesant 60 kg/m	45
1976 Le rail 50 T pesant 50,100 kg/m	45
1.2. Le métal	49
1.2.1. Introduction	49
1.2.2. Le rail en fer	49
1.2.2.1. Généralités	49
1.2.2.2. La conduite du travail	51
1.2.3. Le rail en acier Bessemer	63
1.2.3.1. Généralités	63
1.2.3.2. Conduite du laminage	64
1.2.4. Le rail en acier Thomas	65

1.2.5. Le rail en acier soufflé à l'air enrichi et à l'oxygène pur	65
1.2.6. Les rails en aciers élaborés par les procédés d'affinage sur sole	66
1.2.7. L'acier à rail élaboré actuellement pour les fabrications destinées à la S.N.C.B.	66
ANNEXE – Rapport présenté aux Chambres législatives le 12 novembre 1839 par Monsieur le Ministre des Travaux Publics concernant l'établissement des premières lignes de Chemins de fer en Belgique.	71
2. L'étude des dimensions du profil	97
2.1. Les efforts exercés sur le rail	97
2.1.1. Efforts verticaux	97
2.1.2. Efforts horizontaux transversaux	97
2.1.3. Efforts horizontaux longitudinaux	98
2.1.4. Efforts au contact rail-roue	98
2.2. Le dimensionnement des rails	99
3. La spécification technique régissant les fournitures de rails	105
3.1. Les premières fournitures	105
3.2. Le cahier des charges et conditions pour la fourniture de fers de diverses sortes, nécessaires à l'établissement du railway du 16.08.1836	105
3.3. Le cahier des charges de la Compagnie du Chemin de fer du Nord pour la fourniture de rails Vignoles 37 kg/m destinés à son réseau belge datant de 1875	106
3.4. Le cahier des charges des Chemins de fer de l'Etat belge de 1885	112
3.5. La spécification technique A.8.30 pour la fourniture de rails	112
3.6. La spécification technique A.8.38	114
3.7. La spécification technique A.8.48	115
3.8. La spécification technique A.8.54	115
3.9. La fiche U.I.C. 860-0	117
3.10. L'actualisation de la fiche U.I.C. 860-0	117
4. L'élaboration de l'acier à rails	125
4.1. Préambule	125
4.2. La fabrication de l'acier de qualité courante 680/830 N/mm ² (70/85 kg/mm ²)	125
4.2.1. Les minerais	125
4.2.2. Le haut-fourneau	137

4.2.3. Le mélangeur	143
4.2.4. La conversion	143
4.2.4.1. L'enfournement	143
4.2.4.2. L'élaboration proprement dite	145
4.2.4.2.1. Le procédé OBM	145
4.2.4.2.2. Le procédé LD-AC	147
4.2.5. Le métal après la conversion	151
4.2.5.1. Le contrôle de la composition du métal	151
4.2.5.2. La coulée des lingots	153
4.3. La fabrication des rails naturellement durs de 880 N/mm ² (90 kg/mm ²) en acier électrique	153
5. Le laminage des rails	163
5.1. Le laminage au départ de lingots	163
5.2. Le laminage au départ de blooms froids	171
6. Le parachèvement des rails	177
7. Le contrôle de la qualité et la réception	181
7.1. Le contrôle à l'aciérie	181
7.2. Le contrôle au laminoir	181
7.3. Le contrôle par ultra-sons du produit laminé	183
7.3.1. Généralités	183
7.3.2. Principe du sondage	183
7.3.3. Réalisation du sondage	183
7.4. Le contrôle final sur parc	187
7.5. La réception	187
8. Le stockage et le soudage des rails	195
8.1. Le stockage des rails	195
8.2. Le chantier de soudage par étincelage	199
8.2.1. Principe de fonctionnement de la machine à souder	199
8.2.2. Le cycle de fonctionnement	201
8.2.3. L'expédition des barres	205
8.3. La soudure par étincelage en voie	209
8.4. La soudure aluminothermique en voie	209
8.4.1. Principes généraux	209
8.4.2. Réalisation de la soudure	209

9. Les avaries de rails	221
9.1. Dans les débuts de l'exploitation du chemin de fer	221
9.2. Connaissances en matière de bris en 1875	222
9.3. Statistiques des causes de collisions et de déraillements provoqués par des bris de rails et défauts de la voie entre 1880 et 1913	223
9.4. Evolution des connaissances en matière de bris et avaries de rails	224
9.5. La fiche U.I.C. 712-R relative aux défauts des rails et le catalogue des avaries et ruptures de rails	224
9.5.1. Généralités	224
9.5.2. Définitions	225
9.5.3. Codification générale des défauts de rails	227
9.5.4. Classement et numérotation des défauts de rails	228
9.6. La fiche de retrait de rail rompu, fissuré ou avarié	233
9.7. Le schéma de statistique unifiée	233
9.8. Les défauts imputables à la fabrication	237
10. Les achats de rails	241
10.1. Les premières fournitures de rails et accessoires à l'Etat belge	241
10.2. Les fournitures de rails de 1838 à 1868	255
10.3. Les fournitures de rails de 1871 à 1888	261
10.4. Les fournitures de rails de 1888 à 1896	261
10.5. Les fournitures de rails de 1896 à 1913	261
10.6. Les fournitures de rails de 1919 à 1937	261
10.7. Les fournitures de rails de 1937 à 1950	261
10.8. Fournitures de rails à la S.N.C.B. de 1950 à nos jours	263
10.9. Les achats actuels de rails	267
11. Evolution et perspectives d'avenir	271
11.1. L'élaboration de l'acier	271
11.1.1. Généralités	271
11.1.2. Principe de fonctionnement de la coulée continue	271

11.2. Le laminage	279
11.3. Le parachèvement et la réception	279
11.4. Les nuances d'acier	281
11.5. Le profil	283
11.6. Evolution des moyens de production dans le bassin lorrain	283
 12. Conclusions	 285
BIBLIOGRAPHIE	305

(B) - 564368.09.86 (1000).

<i>5113 X3</i>										
<i>LES RIVETS</i>										
<i>Mons.</i>										
<i>Ⓟ</i>	<i>C 2440</i>				<i>in VINDEN BEMERKEN</i>			<i>J</i>		<i>6</i>
<i>Recto</i>										

M^o - M. 013



LE RAIL

INTRODUCTION

Parmi les éléments composant la voie ferrée, le rail a de tout temps été considéré comme le principal : il constitue le chemin de roulement du matériel, dont il supporte la charge et guide la roue. Ces deux fonctions primordiales, lui confèrent son importance tant au point de vue de la sécurité, que du confort de la circulation.

L'objet essentiel de la présente notice consiste à faire le point des solutions aux nombreuses questions que soulève la fabrication des rails destinés à la S.N.C.B.

En cette période de mutations rapides auxquelles nous assistons en sidérurgie, il nous a paru utile de consigner les transformations successives des profils de rails, des nuances d'aciers utilisées et des procédés d'élaboration et de laminage. Ces notes, en outre, ont été établies pour servir de documentation de base, particulièrement utile à la formation professionnelle du personnel de maîtrise.

LES ANCETRES DU RAIL

En Grèce on a trouvé des voies à ornières dans des dalles en pierre disposées en deux lignes parallèles de façon à améliorer et adoucir le roulement des chars transportant les objets du culte. Des traces datant du Vème siècle avant J.C. en subsistent aux environs d'Orchomène. Dans les rues de Pompéi et d'Herculaneum ensevelies sous une coulée de lave(1) du Vésuve, des fouilles ont mis à jour le revêtement en moëllons des rues, toujours marqué des ornières creusées par les chars. Le revêtement rudimentaire de certaines routes romaines s'est même révélé satisfaisant pendant plusieurs siècles.

Ce n'est qu'au début du 16ème siècle, lorsque s'intensifia l'exploitation des mines de charbon des environs de Newcastle, qu'apparut la nécessité de recourir à un mode de transport plus efficace pour véhiculer le charbon extrait jusqu'à la mer. A cette fin, des madriers en bois furent posés dans les ornières de façon à éviter l'enlèvement des tombereaux.

Vers 1640, BEAUMONT améliora ce système par le placement de traverses sous les madriers en chêne. De nombreuses voies de roulement de ce type étaient en service dans les charbonnages du nord de l'Angleterre, du Harz en Allemagne (2) et près de Saint-Etienne en France. L'intervalle entre les traverses était comblé par du gravier; les files parallèles de madriers se trouvaient sous le niveau du sol; les roues des tombereaux étaient à jantes plates. La voie de roulement se situait parfois au-dessus (du niveau) du sol, mais alors les roues étaient munies d'un mentonnet d'une hauteur de 1 1/2".

Par la suite, l'infrastructure fut réalisée à l'aide d'éléments moins coûteux, c'est-à-dire des traverses en sapin et des longrines en bouleau ou en frêne. Ce type de roulement resta en usage pendant près d'un siècle dans le Northumberland et la région de Durham. Toutefois, des plaques en fer puddlé de 2" x 1/2" furent clouées sur les madriers pour les rendre plus résistants à l'usure. On tenta de remplacer le fer puddlé par de la fonte, mais les premiers essais ne furent pas concluants, car la fonte ne put supporter les efforts trop importants transmis par les grands tombereaux lourdement chargés. Ce n'est que vers 1730 que l'utilisation de fonte devint possible, et cela grâce à la mise en circulation des premiers trains de wagonnets.

L'extraction du charbon s'accrut notablement entre 1760 et 1770, ce qui nécessita la construction d'un chemin de roulement résistant mieux aux circulations intenses. C'est ainsi qu'en novembre 1767, William REYNOLDS, directeur de la Colebrook - Dale - Iron Company à Shropshire, fit couler des plaques en fonte en forme de U de 5' de longueur, 1 1/2" d'épaisseur et 4 1/2" de largeur, et que Benjamin CURR, des Sheffield Coalworks, fit couler des plaques munies d'un rebord extérieur pour maintenir les roues dans le chemin de roulement. Bientôt, les

madriers longitudinaux furent abandonnés; on ne conserva que les traverses qui servirent de supports aux rails en fonte.

En 1789, JESSOP eut l'idée de munir les roues à jantes plates d'un mentonnet, et de concevoir un rail saillant. Ce nouveau type de rail en fonte, qui mesurait un yard (0,914m), reposait à ses extrémités sur des dés en basalte. Et ainsi naissait le transport par "une route en fer". En vue de prévenir des ruptures trop fréquentes du rail, on chercha à renforcer le profil en lui conférant une forme d'égale résistance, son bord inférieur dessinant "un ventre de poisson". Les premiers rails de cette espèce furent mis en oeuvre dans le charbonnage de LITTLE EATON dans le Derbyshire. Les extrémités des rails reposaient sur des dés en pierre par l'intermédiaire d'un coussinet en fonte, et étaient calés dans celui-ci au moyen d'une clavette en fer.

En 1805, on utilisa les premiers rails en fer forgé du type NIXON, dans le charbonnage de Wallbottle (Newcastle-on-Tyne). Ce type de rail possédait une tête arrondie, ce qui en réduisait l'usure.

C'est en 1820 que John BERKINSHAW inventa le laminage du rail en fer, qui fut réalisé aux Bedlington Iron Works.

L'emploi de la machine à vapeur inventée par James WATT (1736 - 1819) permit d'alléger le travail humain, et fut bientôt utilisée pour déplacer des véhicules routiers (CUGNOT en 1769 à Paris, Oliver EVANS à Chicago en 1803 et TREVITHICK en 1803 à Londres).

Georges STEPHENSON construisit dès 1819 ses premières locomotives baptisées "Iron Horses" qui circulaient sur les voies du charbonnage de Halton à la vitesse de 4 milles à l'heure. Se rendant compte de l'importance que revêtait le rail en fer laminé pour le progrès de son invention, Stephenson se rapprocha de John Berkinshaw, l'inventeur du laminage.

Au sortir du laminoir, les rails présentaient un profil de hauteur constante, et étaient ensuite galbés par forgeage. En 1825, la première ligne mise en exploitation en Angleterre, entre Stockton et Darlington, était équipée de ce type de rail. Grâce à cette nouvelle infrastructure, les locomotives construites par Stephenson atteignirent la vitesse de 12 milles à l'heure.

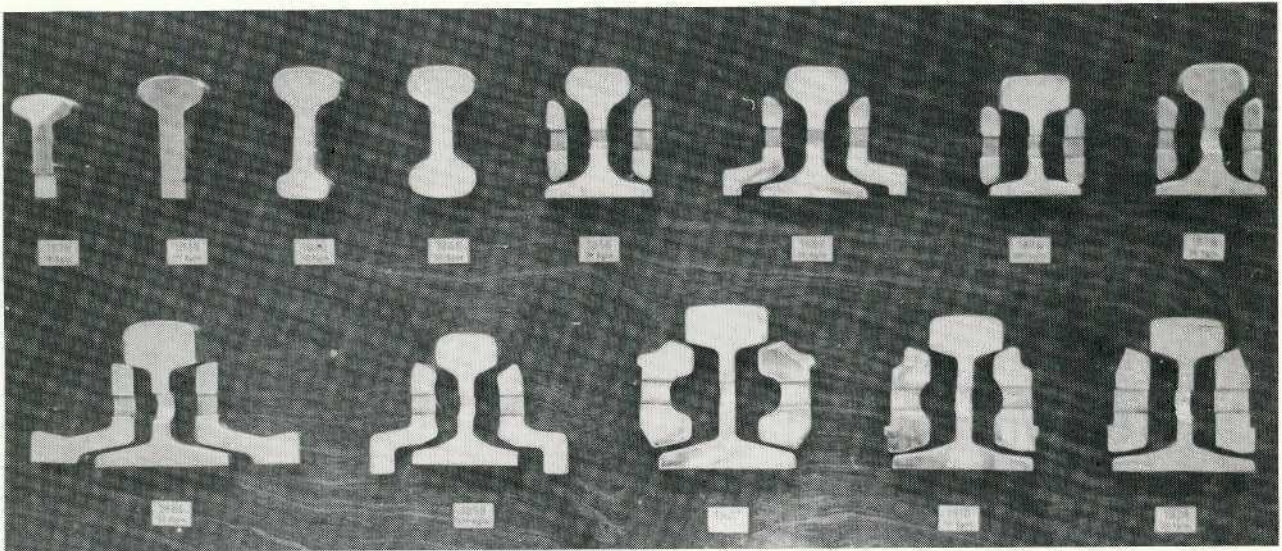
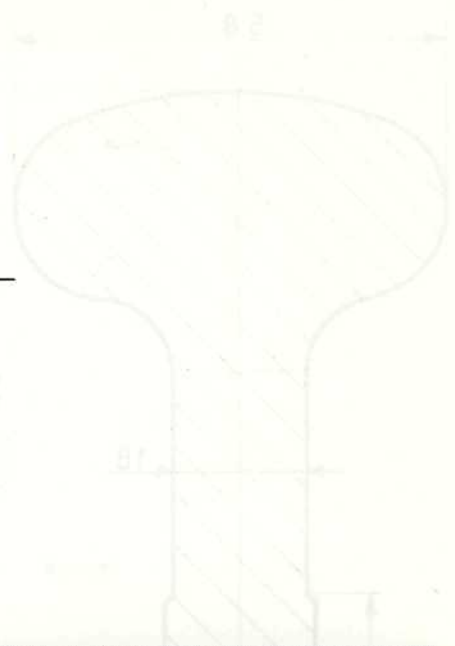
En Belgique, les ingénieurs SIMONS et DE RIDDER s'inspirèrent de ce nouveau mode de transport pour présenter, en 1833, un projet de création d'un "chemin à ornières de fer" à établir entre Anvers, Bruxelles, Liège et Verviers, et destiné à former la première section de la nouvelle route d'Anvers à Cologne.

Dans les chapitres suivants sont exposés l'évolution des profils mis en oeuvre par l'Etat belge ainsi que les divers procédés d'élaboration de l'acier.

(1) Phénomène qui s'est produit en l'an 79 et où Pompéi fut ensevelie sous la cendre et Herculaneum sous la lave (24.08.79)

(2) Des rails en bois sont représentés dans l'ouvrage "L'origine du droit commun des mines tel qu'il fut depuis les temps fort anciens" de John Haselberger édité à Reichnau en 1530.

HISTORIQUE DU RAIL



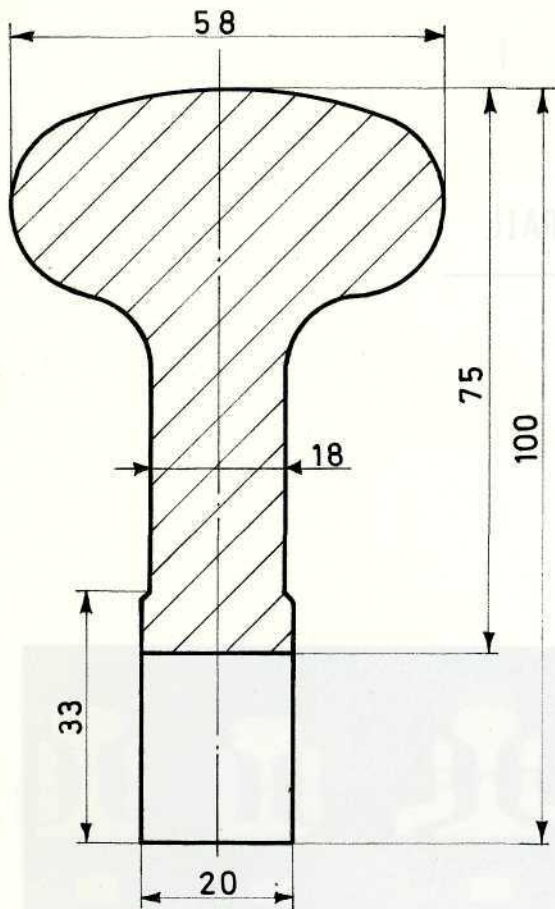


Figure 1.1 1835 - 18 kg/m.

1835
18kg/m

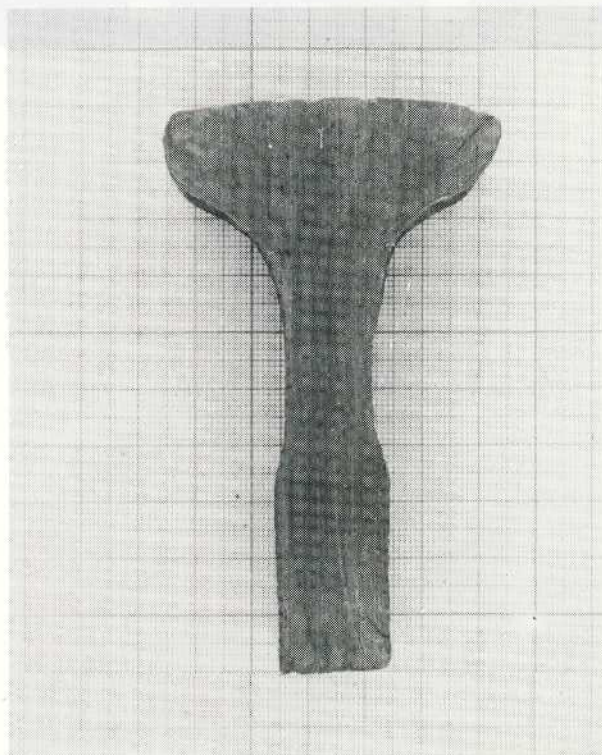


Figure 1.2 Section d'un rail subondulé mis à jour à l'occasion de travaux de terrassement à Malines.

1. Historique du rail

1.1. L'évolution du profil

La chronologie dans son utilisation par les chemins de fer belges, depuis l'établissement de la première ligne de chemin de fer sur le continent, de Bruxelles à Malines (inaugurée le 5 mai 1835) jusqu'à nos jours, montre le chemin parcouru :

1835 - Le rail subondulé pesant en moyenne 17,50 kg/m et 19,70 kg/m en barres de fer de 4,57 m (15 pieds de longueur) (pesant respectivement 80 kg et 90 kg) est le premier type de rail utilisé par les chemins de fer de l'Etat belge (fig. 1.1 et 1.2).

Il est constitué d'un champignon supérieur formant table de roulement et d'une âme droite et de hauteur variable due aux cinq ondulations successives du bord inférieur, à peine raidi par un léger bourrelet. (fig.1.3)

Ces barres reposaient sur leurs supports par l'intermédiaire de coussinets en fonte (fig.1.4) "Chairs" placés au droit des creux de chacune des ondulations.

La forme caractéristique de ces barres dérivait de celle du rail en fonte de trois pieds, créé en Angleterre, vers la fin du XVIIIe siècle en guise de chemin de roulement pour le transport du charbon.

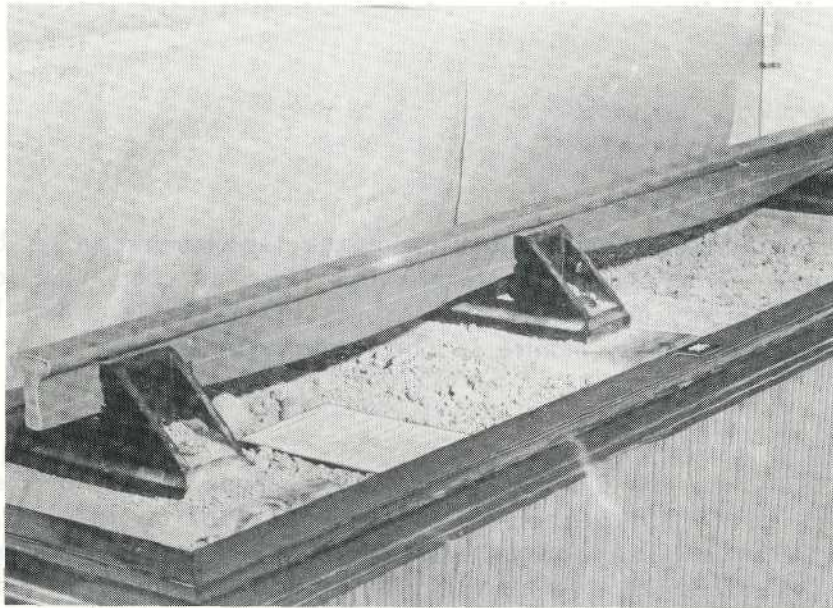


Figure 1.3 Rail subondulé et ses supports en fonte ("Chairs").

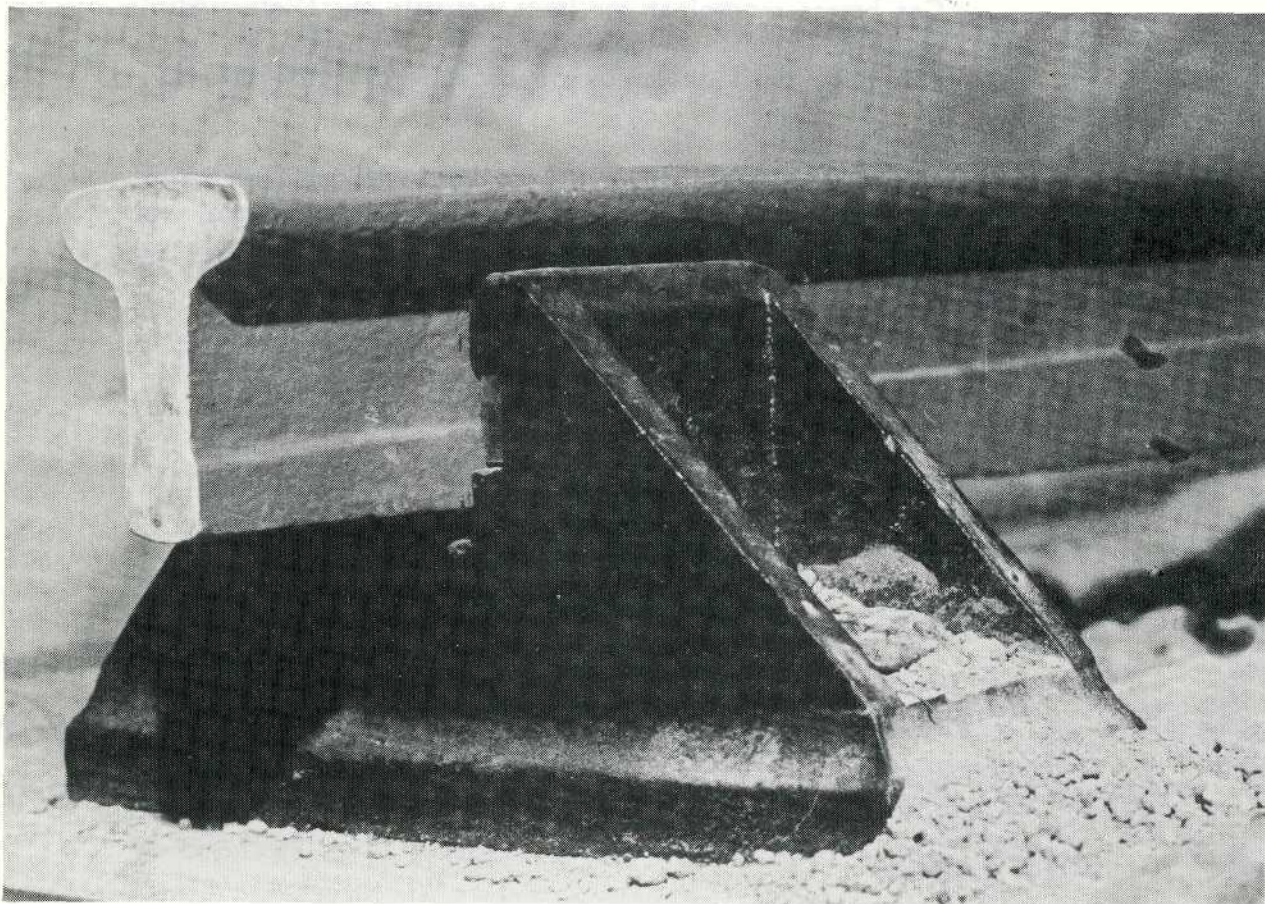


Figure 1.4 Détail du rail et de sa fixation sur le support.

Son appellation "à ventre de poisson" résultait de son galbe cintré de pièces d'égale résistance (1)

Dès la fin de 1836, le poids de la barre était de 98 kg, soit 21,70 kg/m.

L'assemblage par éclisses n'existait pas encore. Les rails étaient calés dans des coussinets intermédiaires (pesant 5,66 kg ou 6,53 kg) à l'aide de clavettes en fer.

Les extrémités jointives de deux barres successives correspondant à un creux d'ondulation, étaient alignées bout à bout dans un coussinet commun (pesant 6,33 kg ou 7,25 kg). Leur conformation en biseau avait été réalisée dans l'espoir d'éviter le martèlement des joints.

Les coussinets fixés antérieurement sur des dés en pierre, furent dès la création des lignes exploitées par l'État belge, chevillés sur des traverses en bois blanc (sapin, orme, bouleau ayant 2,70 m de longueur, 0,32 m de largeur et 0,16 m d'épaisseur) disposés à 0,914 m (un yard ou aune).

(1) Les lignes ci-après sont extraites du Mémoire rédigé en 1833 par les ingénieurs SIMONS et DE RIDDER.

" Les rails de Liverpool, généralement de 35 livres, se remplacent en ce moment, par des rails de 45 livres.

Nous avons établi nos devis préconisant des rails de 17 kg au mètre courant équivalent environ 35 livres le yard courant.

A l'égard de la forme des ornières, nous proposons le modèle à renfort ondulé, similaire à celui utilisé par l'ingénieur STEPHENSON entre Darlington et Liverpool, plutôt que celui à renfort parallèle. Ce dernier est cependant d'une fabrication plus aisée, mais offre moins de solidité que l'autre, à égalité de poids."

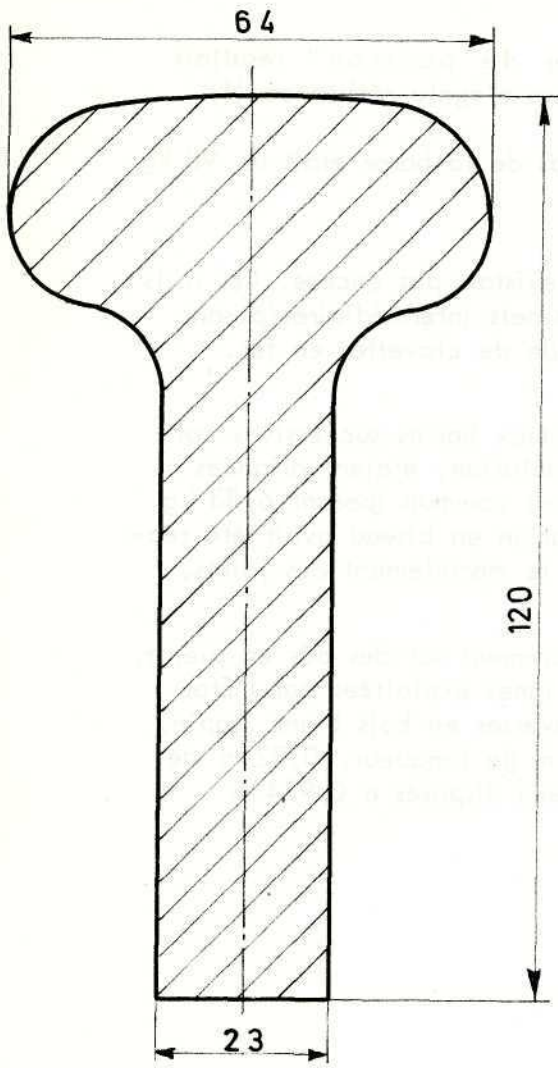


Figure 1.5 1838 — 27 kg/m.

1838
27kg/m

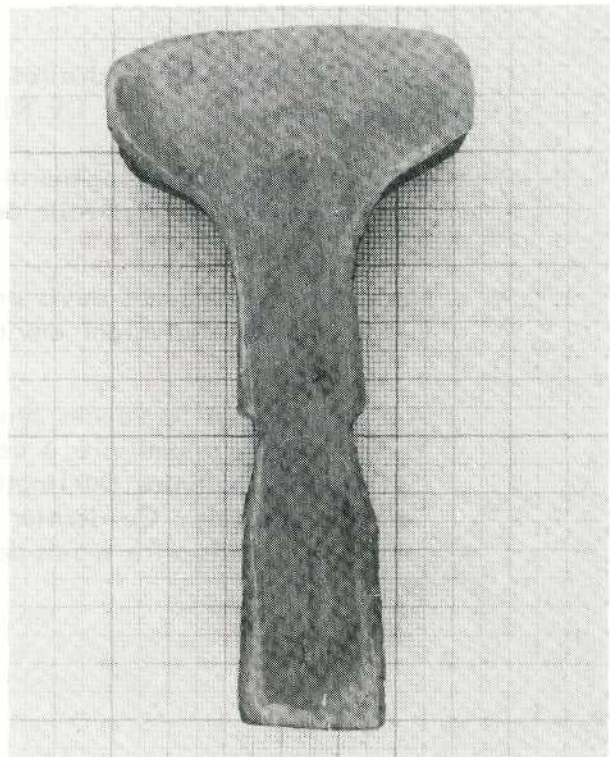


Figure 1.6 Section d'un rail à traits de Jupiter avec encoche dans l'âme mis à jour à l'occasion de travaux de terrassement à Malines.

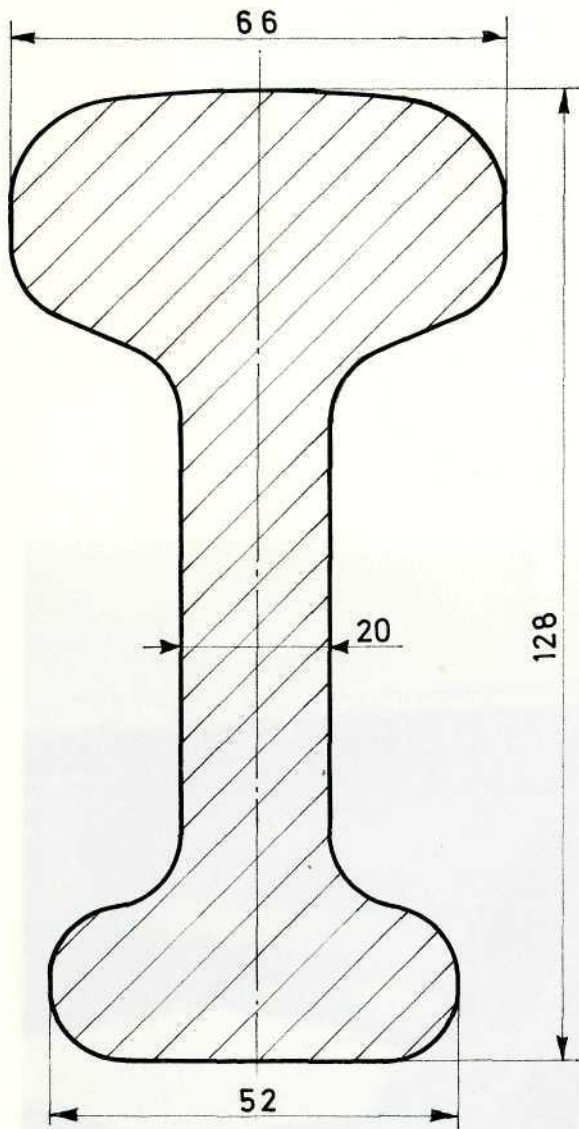


Figure 1.7 1846 - 34 kg/m.

1846
34 kg/m

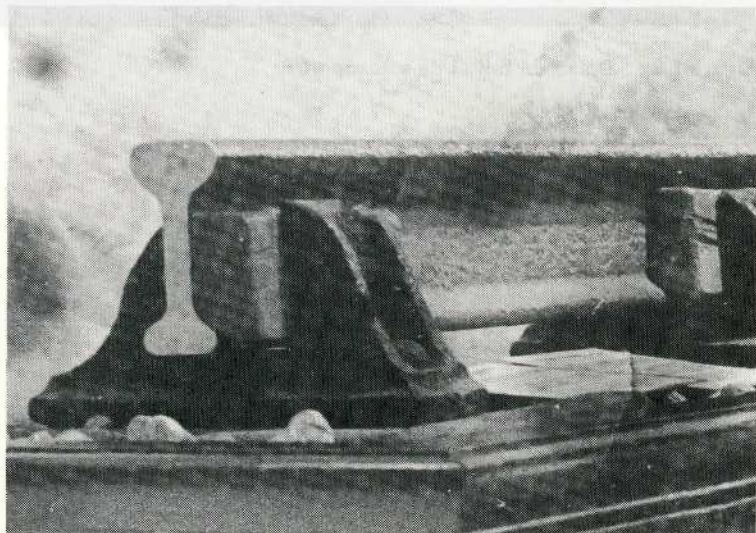


Figure 1.8 Rail à bourrelets inégaux et sa fixation dans les coussinets en fonte.

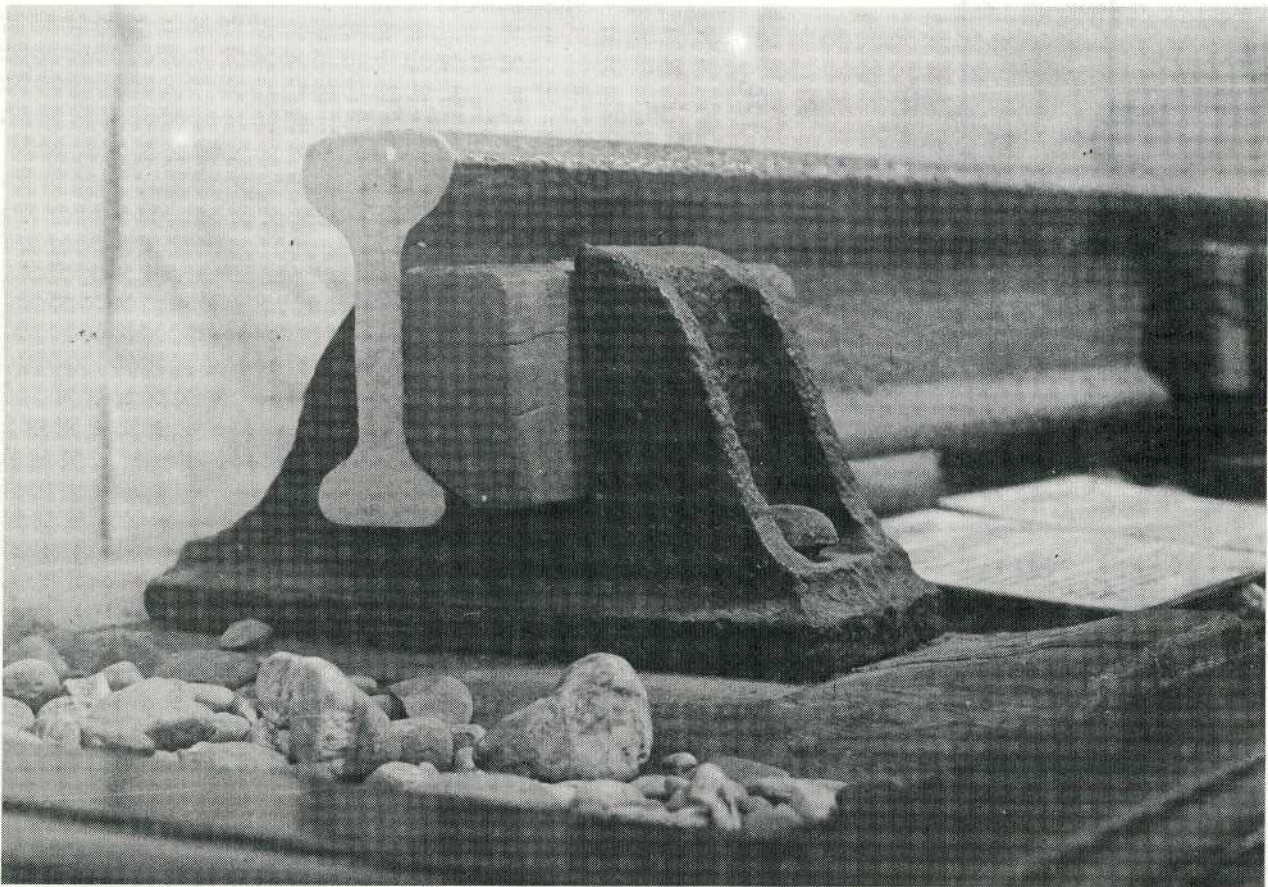


Figure 1.9 Détail du rail et de son support.



Figure 1.8 Rail à double voie monté sur un support en béton.

- 1838 - Les observations recueillies en Angleterre par l'inspecteur général TEICHMANN concernant des ruptures de rails ondulés à 20 ou 25 cm de leur extrémité ont amené les ingénieurs chargés de l'établissement des lignes de Gand vers Tournai et Lille (1839 - 1841) et de Bruxelles vers Mons (1840 - 1841) et Namur (1854 - 1856) de proposer des rails parallèles en fer, de 5,10 m de longueur pesant de 25 à 27 kg par mètre courant (fig.1.5).

Le poids des coussinets avait été entretemps augmenté et atteignait :

pour les coussinets d'about : 10,25 à 11,00 kg
pour les coussinets intermédiaires : 8,73 à 9,50 kg

L'entredistance des traverses avait été ramenée à 0,90 m.

L'assemblage des barres s'effectuait par trait de Jupiter (1).

Mentionnons que lors de l'aménagement d'un parking pour voitures dans les dépendances de l'atelier central de Malines, on a déterré des rails parallèles ayant une encoche de part et d'autre de l'âme (fig.1.6), dans laquelle la clavette de calage était glissée.

- 1846 - Le rail à bords parallèles en fer à double bourrelet inégal pesant 34 kg/m fut introduit en barres de 5,10 m de longueur (fig.1.7).

Il reposait dans des coussinets en fonte (fig.1.8) fixés par des chevilles en fer sur les traverses (fig.1.9). Des coins en bois de 20 cm de longueur, posés vers l'extérieur et dans le sens de la marche des trains, serraient le rail contre les joues des coussinets. L'ensemble était noyé dans la couche de ballast, constituée par du sable ou de la cendrée.

L'emploi des rails de 34 kg/m à double bourrelet avait été jugé indispensable par suite de la construction de locomotives plus puissantes, donc plus lourdes que celles en circulation au commencement de l'exploitation du chemin de fer.

6 750 m de voie ont été remplacés en 1846 entre Ans et Fexhe par des rails à double bourrelet (la ligne avait été mise en service en 1838).

(1) Trait de Jupiter : mode d'assemblage des bois dont le profil présente une ligne brisée en Z qu'on a comparé aux foudres de Jupiter.

1808 -

Les observations recueillies en Angleterre par l'inspecteur général FEICHTMANN concernant des rails de rails en-
 duités à 50 ou 55 cm de leur extrémité ont conduit les in-
 génieurs chargés de l'établissement des lignes de Gond vers
 Journal et Lille (1839 - 1841) et de Bruxelles vers Namur
 (1840 - 1841) et Namur (1854 - 1855) de proposer des
 rails parallèles en fer, de 0,10 m de longueur, pesant de
 22 à 27 kg par mètre courant (fig. 1.21).

La partie des coussinets avait été antérieurement augmentée et
 effleurée :

pour les coussinets à bout : 10,25 à 11,00 kg
 pour les coussinets intérieurs : 8,75 à 9,50 kg

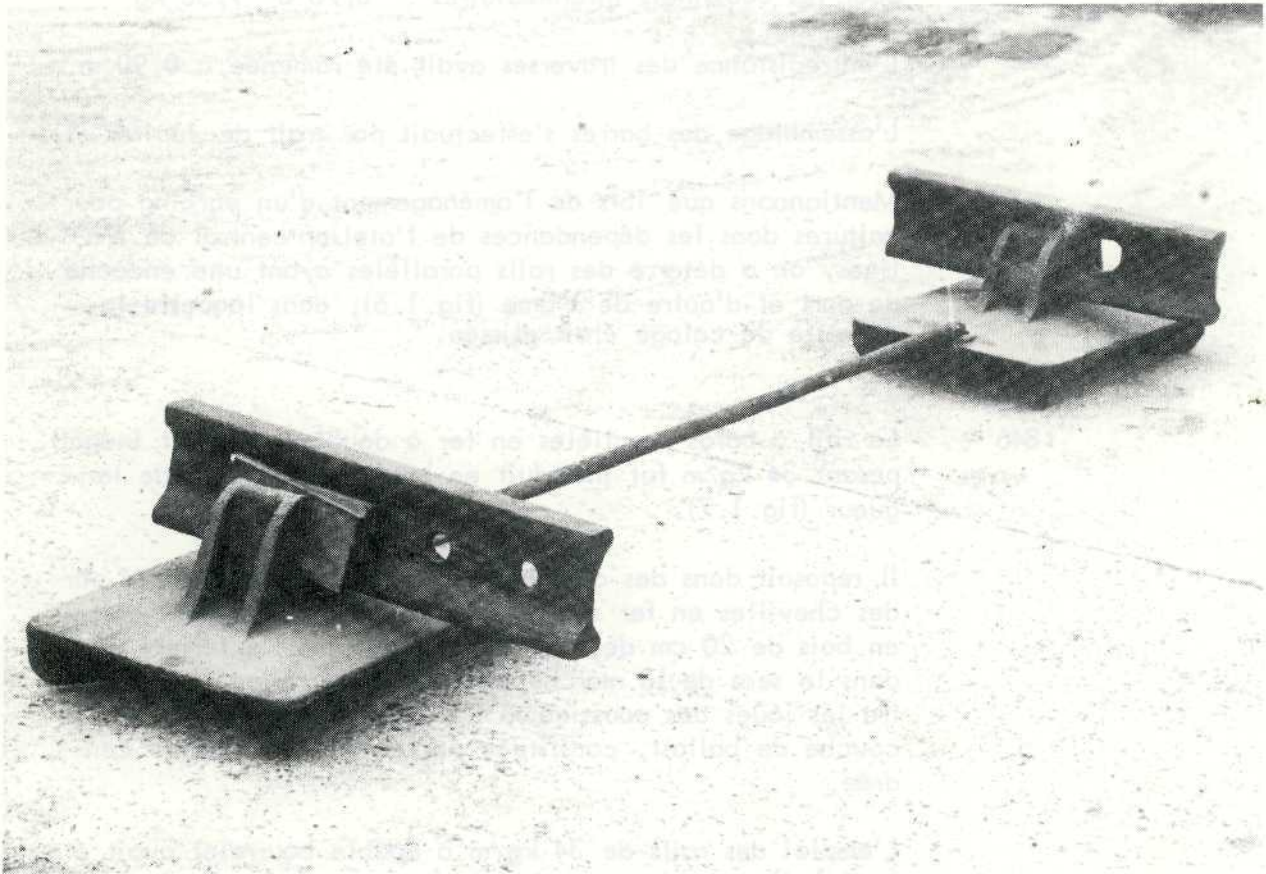


Figure 1.10 "Traverse en fonte".

à 750 m de voie ont été remplacés en 1846 entre An et
 Fexhe par des rails à double courbure (la ligne avait été
 mise en service en 1838).

(f) Trait de Jupiter : mode d'assemblage des bois dont le profil présente une ligne
 prise en 5, de on a comparé aux fondus de Jupiter.

L'approvisionnement des traverses en chêne (essence utilisée exclusivement depuis 1841) était déjà malaisé dès cette époque. On fit l'essai d'utilisation de plateaux en "en fer de fonte" reliés entre eux par des tringles en fer forgé (fig.1.10).

On espérait de la sorte remplacer les traverses en bois jugées trop onéreuses. Le 27.12.1851, il fut procédé à l'adjudication de 5 000 "traverses en fonte" à fournir en 1852.

Cette expérience ne fut pas renouvelée.

1860 - Le rail Vignole en fer (inventé par l'ingénieur américain VIGNOLE) de 6,00 m de long pesant 37 kg/m (fig.1.11).

Sa mise en oeuvre constitua un événement important.

Les coussinets et les coins disparurent, le rail reposera dorénavant sur la traverse par l'intermédiaire d'une plaque d'appui métallique, deux crampons fixant le patin du rail à travers la plaque.

Ce rail de 6 m de longueur a été posé à l'origine à la verticale sur 7 traverses; ultérieurement on lui donna une inclinaison de 1/20. Celle-ci est obtenue par un entaillage correspondant des traverses, le surplomb se donnant vers l'axe de la voie.

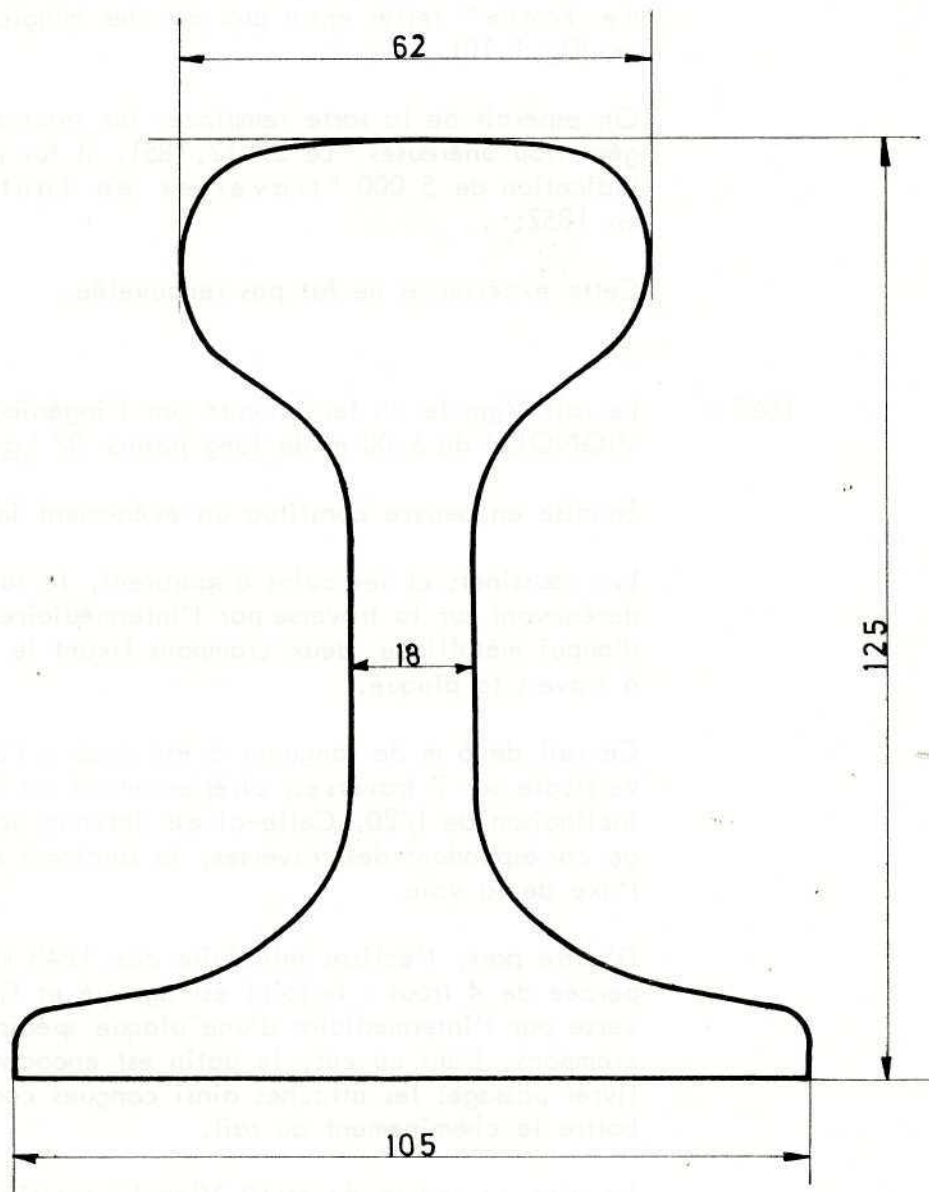
D'autre part, l'éclisse introduite dès 1848 (1) est plate et percée de 4 trous : le joint est appuyé et fixé sur sa traverse par l'intermédiaire d'une plaque spéciale par quatre crampons. Dans ce cas, le patin est encoché pour leur livrer passage; les attaches ainsi conçues contribuent à combattre le cheminement du rail.

La mise en oeuvre du profil Vignole constitue un tournant décisif dans l'évolution des profils utilisés par l'Etat belge.

Le rapport de l'ingénieur Ed BRAME de la compagnie française du Nord expose les résultats obtenus avec les rails de forme américaine.

(1) FLAMACHE et HUBERTI écrivaient en 1885 (page 171).

"Aujourd'hui, toutes les voies sont munies d'éclisses. Cet accessoire indispensable, importé d'Amérique, semble avoir été employé pour la première fois en Europe sur la ligne de Dusseldorf à Elberfeld (1847)."



1856

38 kg/m

Figure 1.11 Réplique du profil 38 kg/m exposé au Musée du Chemin de fer provenant vraisemblablement du réseau du Nord français.

Ci-après le texte de son rapport qui a motivé la mise en oeuvre de ce profil en Belgique :

" Pendant les années 1854, 1855 et 1856, 650 kilomètres de
" simple voie ont été substitués sur la ligne de Paris en
" Belgique par Lille et par Valenciennes; sur cette lon-
" gueur, le rail Vignole figure pour 100 kilomètres, répar-
" tis entre Amiens et la frontière par Lille.

" C'est la première expérimentation qui ait été faite de ce
" système, sur le réseau du Nord, et elle a été tellement
" concluante que la Compagnie n'a pas hésité à admettre
" exclusivement le rail Vignole sur les lignes de Tergnier
" à Laon, de Busigny à Somain, et de Paris à Creil, par
" Chantilly; toutes trois exploitées aujourd'hui. C'est la
" voie Vignole qui doit remplacer, sur la ligne d'Amiens
" à Boulogne, les anciennes voies en rails de 30 kg à dou-
" ble champignon.

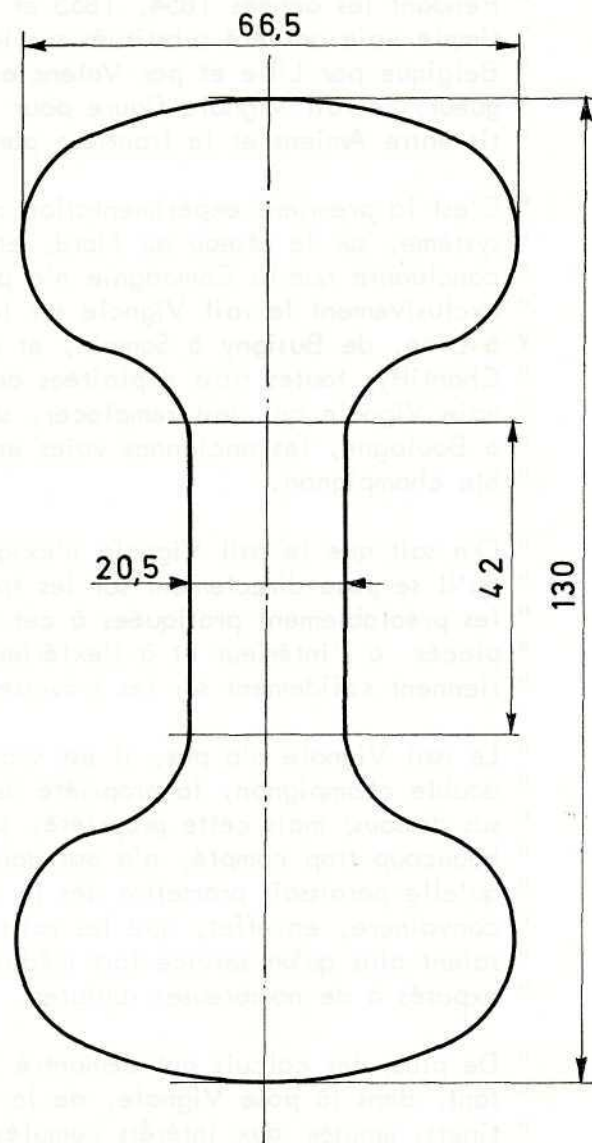
" On sait que le rail Vignole n'exige pas de coussinets, et
" qu'il se pose directement sur les traverses dans des entail-
" les préalablement pratiquées à cet effet. Des crampons
" placés à l'intérieur et à l'extérieur de la voie le main-
" tiennent solidement sur les traverses.

" Le rail Vignole n'a pas, il est vrai, comme le rail à
" double champignon, la propriété de retournement sens des-
" sus dessous; mais cette propriété, sur laquelle on avait
" beaucoup trop compté, n'a pas donné tous les résultats
" qu'elle paraissait promettre dès le début. On a pu se
" convaincre, en effet, que les rails retournés ne produi-
" saient plus qu'un service fort médiocre, et qu'ils étaient
" exposés à de nombreuses ruptures.

" De plus, les calculs ont démontré que l'économie résul-
" tant, dans la pose Vignole, de la suppression des cous-
" sinets, ajoutée aux intérêts cumulés pendant la durée pré-
" sumée de la voie, était supérieure au bénéfice produit
" par le retournement.

" Ces considérations ont amené la Compagnie du Nord à
" exclure définitivement le rail à double champignon. (1) "

(1) Annales des Ponts et Chaussées de France - Tome XX - 4ème cahier 1860.



1863

38kg/m

Figure 1.12 1863 — 38 kg/m.

Elles ont amené aussi l'administration belge (1) à faire au moins l'essai du rail Vignole éclissé, du poids de 37 kg (2) au mètre courant.

Au 31 décembre 1860, 24 417 mètres de ces rails ont été posés, à savoir : 17 049 mètres en renouvellements et 7 568 mètres à l'établissement de doubles voies.

1863 - Le rail parallèle en fer, de 6,00 m de longueur à bourrelets symétriques et pesant 38 kg/m (fig.1.12).

Comme écrit plus haut, il était censé permettre son retournement, après usure d'un des deux bourrelets. STEPHENSON utilisait déjà ce profil en 1834. Le but visé par l'inventeur était d'augmenter sa durée de vie. Ce résultat ne fut pas atteint, car le rail, ayant le bourrelet supérieur à la limite d'usure, était trop corrodé sur sa face inférieure pour être retourné.

(1) Ministère des Travaux Publics de Belgique.

Rapport n° 157 présenté aux Chambres Législatives, exercice 1860 - 61 - Tome 3 n° 157, p.24 - 25.

(2) Le texte mentionne un poids métrique de 38 kg.

Toutefois, un relevé des rails existant sur le réseau belge en date du 31.12.1873 ne mentionne que l'existence de rails Vignole de 37 kg par mètre courant.

No II. — Résumé statistique de l'emploi et de la durée des rails et des billes, depuis l'origine du chemin de fer jusqu'au 31 décembre 1873. [Ancien réseau. (a)]

PÉRIODE d'emploi DES RAILS.	QUANTITÉS					DURÉE MOYENNE des rails et des billes dans les voies en service et en réserve.	Observations.	
	EMPLOYÉES		EN SERVICE, dans LES VOIES.	EN RÉSERVE pour REMPLOI. (Vieux.)	Hors SERVICE, dés DES VOIES.			
	à la construction. (¹ er établissement.)	à l'entretien et au renouvellement. (Fonds du budget.)						
Rails								
Ondulés, de 47 à 22 kil.	959,773	16,264	23,473	3	952,861	13 ¹ / ₉	(1) Non compris 63,185 m. cts (2) — 35,281 billes (3) — 61,646 m. cts (4) — 102,853 — (5) — 164,498 — (6) Dont 566,455 non préparées et 756,263 préparées à la créosote (système Bethell). — Non compris 27,423 non préparées et 71,128 préparées à la créosote, en service sur la ligne de Pepinster à Gouvy. (7) Dont 1,334,168 en sapin et 3,936 en d'autres essences, se décomposant en 1,957 non préparées, 3,718 préparées au sulfate de cuivre (procédé Bouchette), et 1,332,429 préparées à la créosote (système Bethell). (8) Non compris 4,064 traverses en métal, dont 710 du système Barlow et 3,354 du système Craven, ni les 98,551 billes en chêne en service sur la ligne de Pepinster à Gouvy.	
Parallèles, de 25 à 27 kil.	4,278,262	412,234	66,392	4,399	4,322,705	44		
A deux { inégaux, de 34 kil.	4,809,186	3,447,270	2,491,684	401,410	2,663,365	13 ³ / ₅		
bourrelets { symétriques, de 38 kil.	"	42,224	24,780	4,576	45,865	6 ³ / ₅		
Vignoles en { fer, de 37 kil.	408,444	1,862,053	4,812,207	48,298	439,959	6 ³ / ₄		
{ acier, de 37 kil.	43,445	247,231	289,922	384	373	4 ¹ / ₃		
TOTAUX.	4,499,077	5,727,273	4,708,455	423,067	5,395,428	"		
	40,226,350			40,226,350		"		
Billes								
En chêne.	4,336,364	2,098,991	4,322,717	"	2,412,638	42		
— sapin et autres essences.	4,101,533	4,707,758	4,338,104	"	4,474,489	8 ⁵ / ₇		
TOTAUX.	2,437,899	3,806,749	2,660,821	"	3,583,627	"		
	6,244,648			6,244,648		"		
Moyenne générale de la durée des rails en { fer						26 ¹ / ₄		
{ acier						23 ¹ / ₃		
{ billes en bois de toutes essences						9 ¹ / ₁₀		
						8 ¹ / ₂		
						2 ¹ / ₃		
						3 ¹ / ₄		
						"		
						3 ¹ / ₃		
						6 ¹ / ₂		
						"		
						43		
						4 ¹ / ₃		
						10 ¹ / ₃		

(a) L'administration ne possédant aucun document concernant l'entrée et la sortie du matériel employé sur les lignes de la Compagnie des Bassins houillers du Hainaut, avant leur reprise par l'Etat, il n'est pas possible d'appliquer à ces lignes la statistique propre à l'ancien réseau, statistique dont l'un des buts principaux est la recherche de la durée de service approximative des rails et des billes.
 N. B. Ce relevé ne comprend pas les lignes de Gand-Ceinture, des plateaux de Herve et de Welkenraedt à Aix-la-Chapelle, par Bleyberg, dont le recensement n'est pas opéré ; ni la ligne de Pepinster à Gouvy pour laquelle l'administration ne dispose pas de données statistiques complètes.

Figure 1.13 Résumé statistique de l'emploi et de la durée des rails et des billes, depuis l'origine du chemin de fer jusqu'au 31 décembre 1873.

1871 - Le rail Vignole en acier BESSEMER pesant 37 kg/m en barres de 9,00 m de longueur fait son apparition.

Ce rail est encore posé sans inclinaison sur 10 ou 12 traverses par longueur; le joint est en porte-à-faux.

Les assemblages étaient assurés au moyen d'éclisses cornières et de 4 boulons à chapeau. Les types de plaques et d'attache subsistent sauf aux joints, où il est fait usage de crampons à double tête ne s'engageant plus dans le patin du rail, mais dans les encoches pratiquées dans les ailes horizontales des éclisses.

Le ballast est toujours médiocre (sable ou cendrée), la pierraille et le laitier n'étant encore guère utilisés.

Le tableau (fig.1.13) donne un résumé statistique de l'emploi et de la durée de vie des rails et traverses depuis l'origine du chemin de fer jusqu'au 31 décembre 1873.

1877 - D'autres profils que ceux mentionnés ci-dessus ont été mis en oeuvre sur le réseau de l'Etat belge.

Un recensement réalisé en 1877 (1) dénombra les longueurs et profils ci-après :

(1) Rapport n° 172 présenté par Monsieur le Ministre des Travaux Publics en Belgique aux Chambres Législatives concernant l'exercice 1877 - 1878.

Mètres courants de rails

Rails en fer :	En 1877 (1)	En 1876	Différences pour 1877
Ondulés (de 17 à 22 kg par mètre courant)	20,141	21,582	- 1,441
Parallèles (de 24 à 27 kg)	21,532	39,622	- 18,090
A 2 bourrelets inégaux (de 28 1/4 et de 34 kg)	1,588,045	1,834,024	- 245,979
A 2 bourrelets symétriques (de 23, 28, 32, 33, 35, 37, 40 et 38 kg)	139,032	167,065	- 28,033
Vignole (de 32 1/2, 34, 34.80, 36, 37 et 37.52 kg)	3,962,170	4,212,337 (2)	- 250,167
Divers (de 8.70, 9, 12, 14, 18, 19, 20, 21, 22 et 28 kg)	9,666	2,931	+ 6,735
Ensemble	5,740,586	6,277,561 (2)	- 536,975
Rails en acier :			
Vignole (de 37 et de 38 kg)	3,061,270	2,491,059(2)	570,211
Rails de 29 kg (Ces rails sont posés sur des longrines en fer laminé système Hilf et reliés par des traverses de même métal)	64,759	-	64,739
Ensemble	3,126,009	2,491,059(2)	634,950
Totaux	8 866 595	8 768 620 (2)	97 975

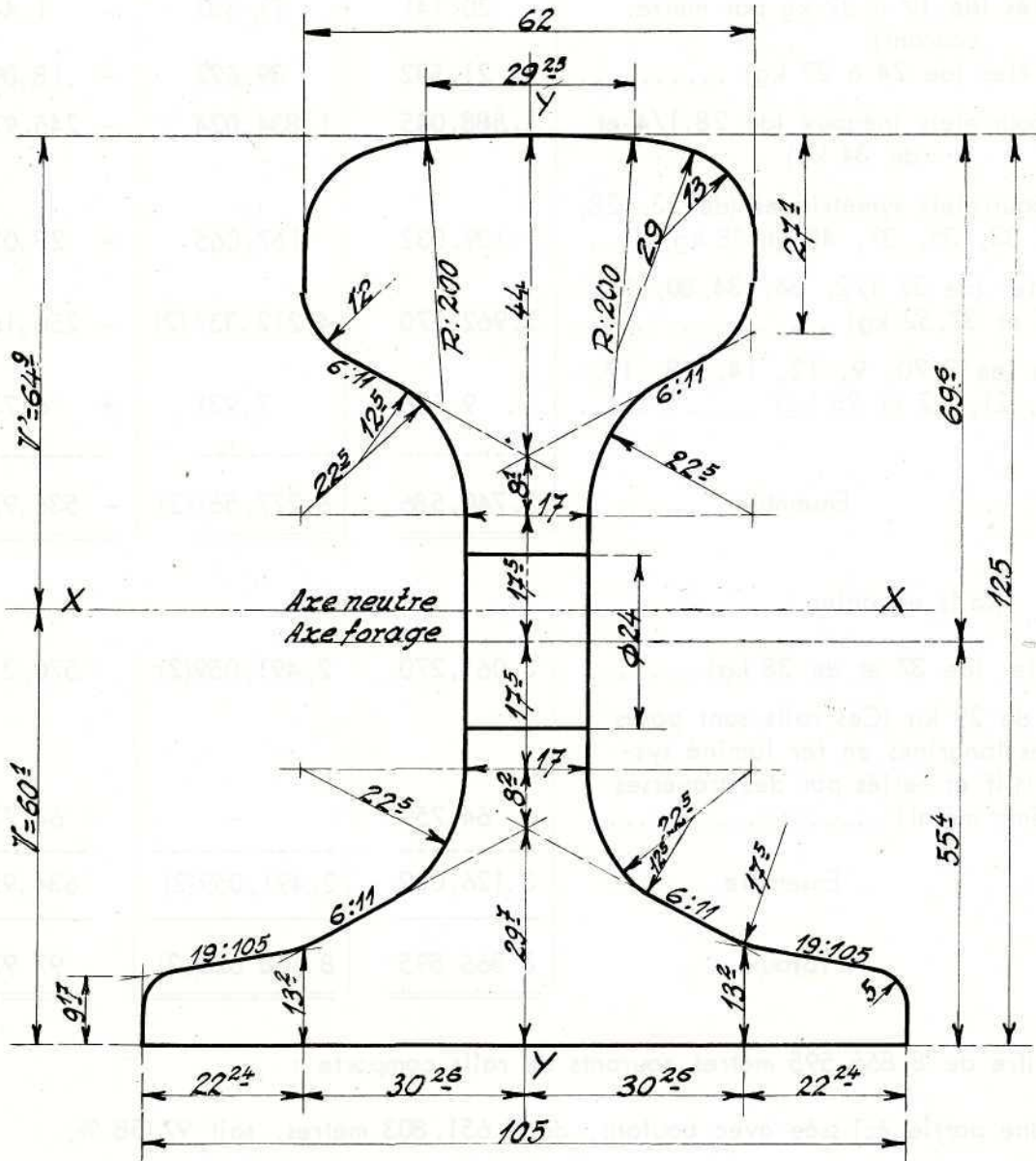
Le chiffre de 8 866 595 mètres courants de rails comporte :

- 1°. Une partie éclissée avec boulons, de 8 651,803 mètres, soit 97,58 %;
- 2°. Une partie non éclissée de 214,792 mètres, soit 2,42%.

Le nombre de rails en acier, rapporté à la quantité totale de rails en service au 31 décembre 1877, est de 35,26%, et leur longueur représente 46,49% de celles des rails placés dans les voies principales. En 1876, ces rapports étaient respectivement de 28,33% et de 37,72%.

(1) Situation résultant d'un recensement opéré en 1877.
 (2) Chiffre rectifié.

38 Kg/m

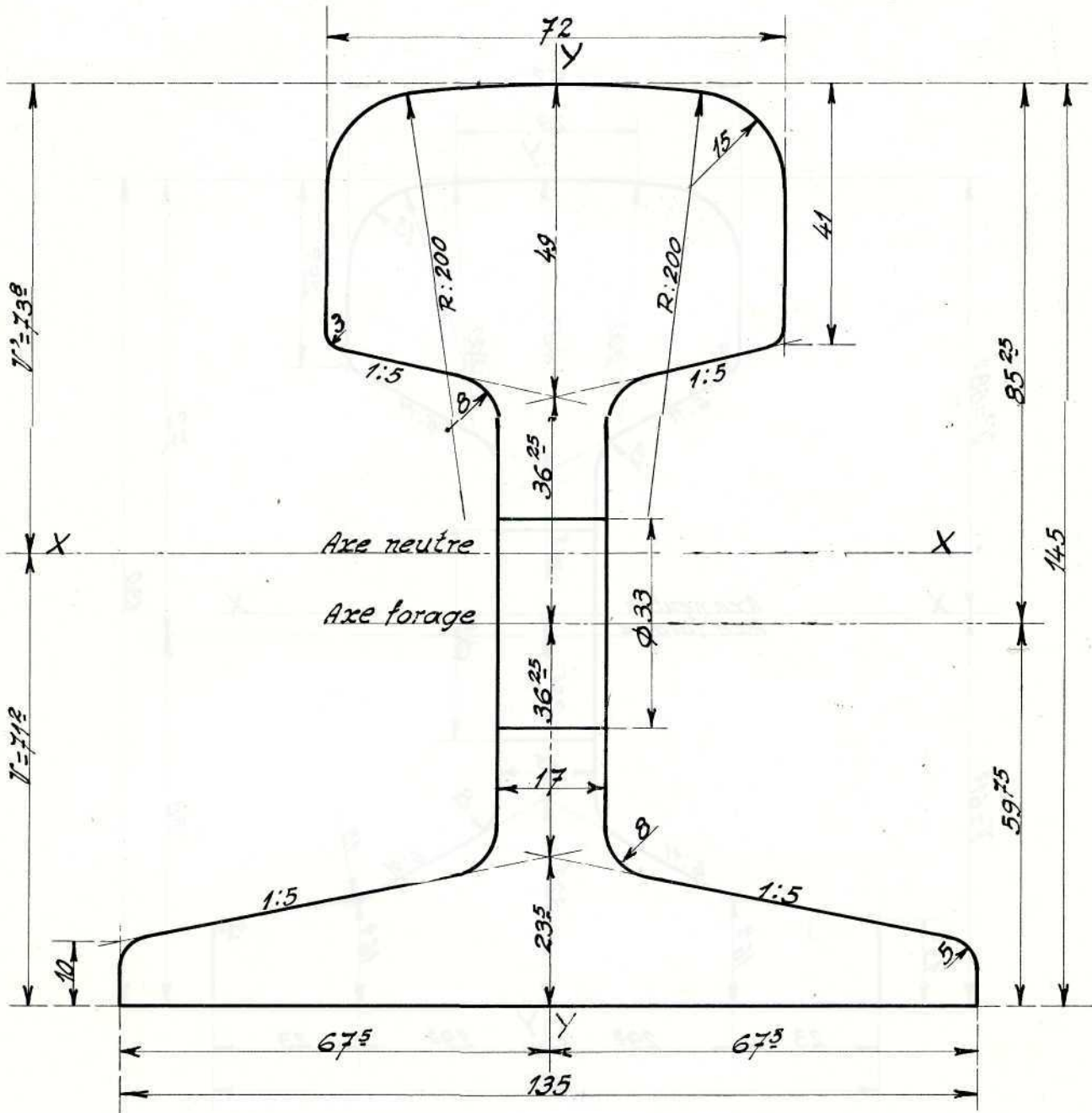


Section du rail:	$S = 4.910 \text{ mm}^2$
Poids par mètre courant:	$P = 38,000 \text{ kg/m}$
Moments d'Inertie:	$I_{xx} = 958 \text{ cm}^4$ $I_{yy} = 173 \text{ cm}^4$
Moments de résistance:	$\left. \begin{array}{l} \text{max. } \frac{I_{xx}}{Y} = 159,4 \text{ cm}^3 \\ \text{min. } \frac{I_{yy}}{Y} = 147,6 \text{ cm}^3 \end{array} \right\}$

Année de création: 1878

Figure 1.14 1878 - 38 kg/m.

52 Kg/m



Section du rail:	$S = 6.610 \text{ mm}^2$
Poids par mètre courant:	$P = 51,954 \text{ Kg/m}$
Moments d'Inertie:	$I_{xx} = 1,796 \text{ cm}^4$ $I_{yy} = 397 \text{ cm}^4$
Moments de résistance:	max. $\frac{I_{xx}}{V'} = 252,2 \text{ cm}^3$ min. $\frac{I_{yy}}{V'} = 243,3 \text{ cm}^3$

Année de création: 1886

Figure 1.15 1886 - 52 kg/m.

- 1878 - Le rail Vignole en acier BESSEMER de 38 kg/m est créé (fig.1.14).

Il s'agit de modifications de détail des profils de 37 kg et 37,32 kg qui étaient en service depuis 1860.

- 1886 - Le rail "Goliath" en acier BESSEMER de 52 kg/m en barres de 9,00 m de longueur (fig.1.15) fut adopté sans transition par l'Etat belge en 1886; ce rail lourd et très raide était destiné à l'équipement des lignes internationales à trafic rapide. Il était laminé en barres de 9 m et posé à la verticale sur 12 traverses en bois avec interposition de plaques d'appui profilées, sauf aux joints, où il était en porte-à-faux.

De fortes éclisses-cornières étaient solidarisées avec des traverses de joint par des tirefonds engagés dans leurs ailes horizontales.

Les plaques d'appui en acier comportaient 3 trous pour le tirefondage, dont 2 seulement sont utilisés, le dernier servant de réserve en cas de bris.

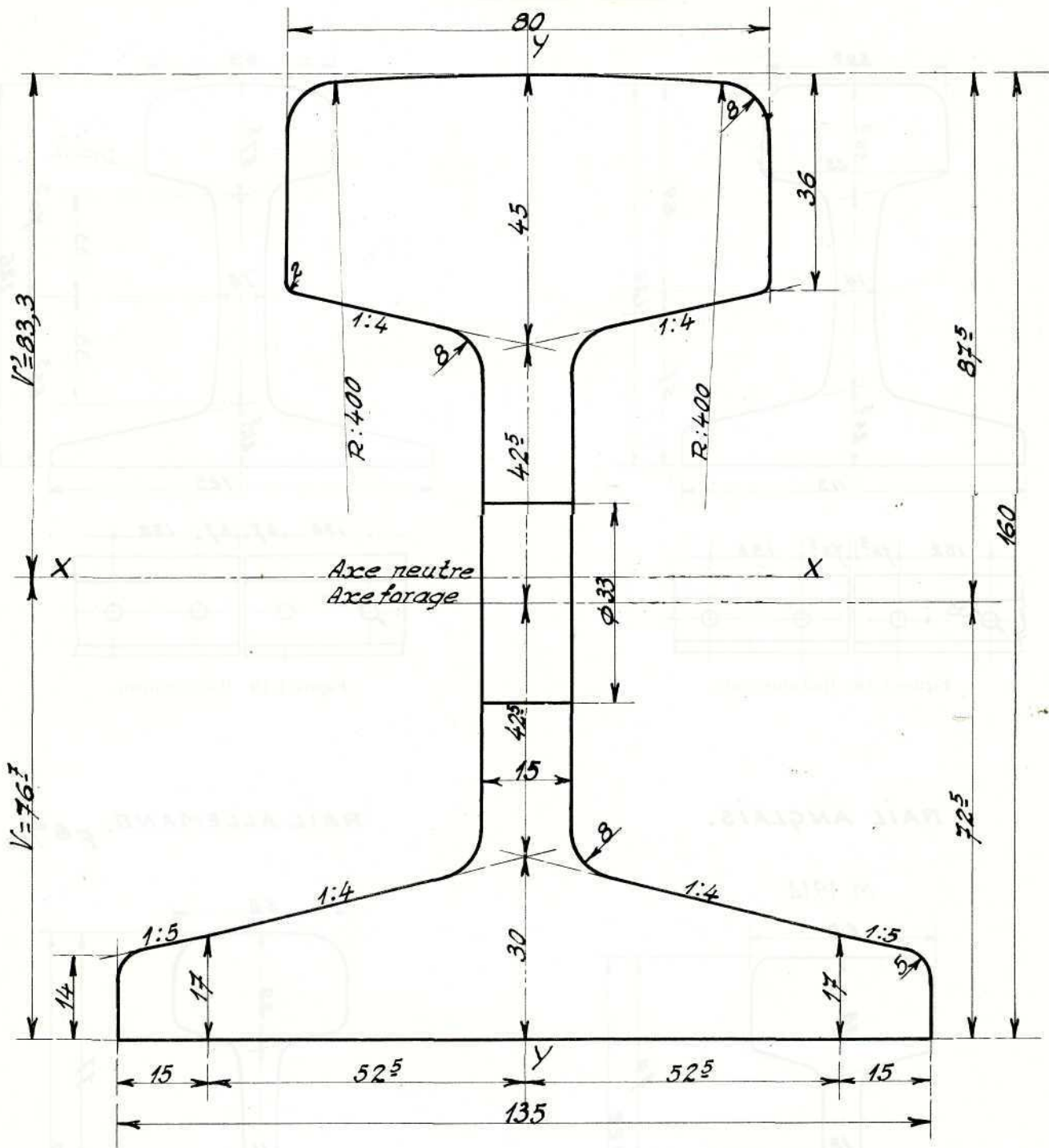
- 1898 - Le rail Vignole en acier THOMAS de 40,650 kg/m en barres de 12,00 m de longueur (fig.1.16) améliora le profil du rail 38 kg/m. Il était réservé aux lignes secondaires. Il se posait verticalement et était fixé sur 16 traverses par l'intermédiaire de plaques à rebords pour 2 ou 3 tirefonds. L'éclisse-cornière à six boulons avec têtes à bec facilitant le serrage assurait le joint, toujours en porte-à-faux.

L'éclisse présentait des encoches embrassant les plaques d'appui des traverses de joint; elle aidait ainsi à combattre le cheminement. Il y avait, de plus, dans l'étendue de chaque barre, et boulonnés à l'âme plusieurs "bouts d'éclisses" remplissant la même fonction.

Le tirefond possédait une tête à bord cylindrique servant de butée aux éclisses ou bouts d'éclisses.

Laminé en barres de 12 m jusqu'en 1903, ce rail était fourni dès cette époque en longueurs de 18 m grâce aux progrès réalisés entretemps dans les laminoirs.

57 Kg/m



Section du rail:	$S = 7.410 \text{ mm}^2$
Poids par mètre courant:	$P = 57,000 \text{ Kg/m}$
Moments d'Inertie:	$I_{xx} = 2.632 \text{ cm}^4$ $I_{yy} = 559 \text{ cm}^4$
Moments de resistance:	max. $\frac{I_{xx}}{V} = 343 \text{ cm}^3$ min. $\frac{I_{yy}}{V} = 316 \text{ cm}^3$

Année de création: 1907

Figure 1.17 1907 - 57 kg/m.

RAIL AMERICAIN

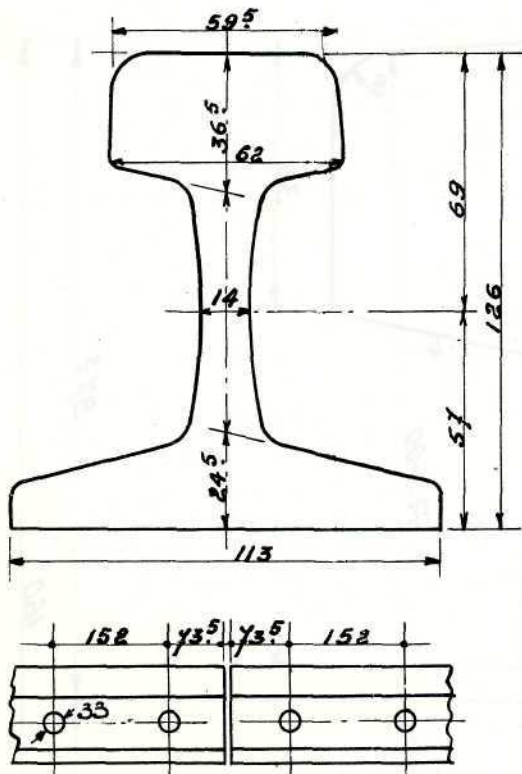


Figure 1.18 Rail américain.

RAIL CANADIEN.

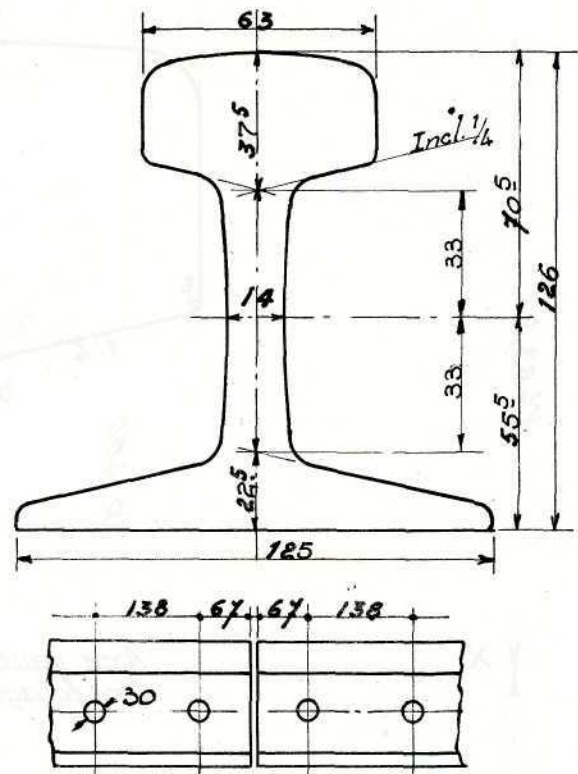


Figure 1.19 Rail canadien.

RAIL ANGLAIS.

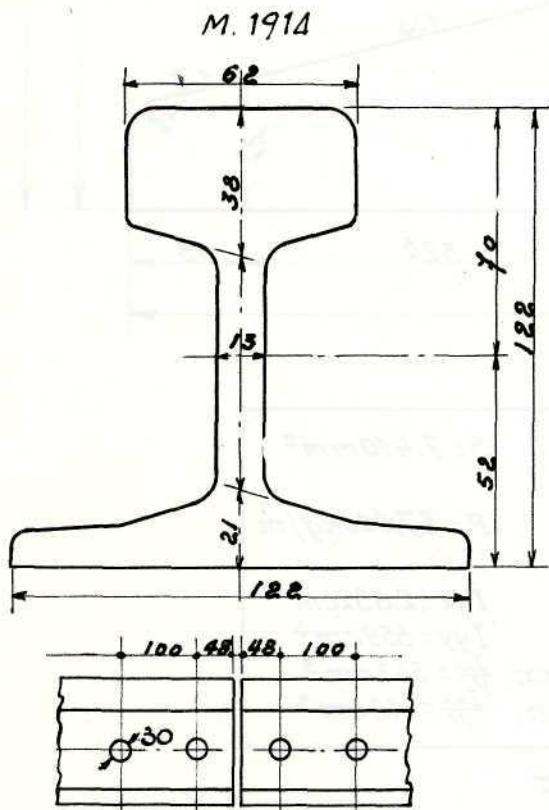


Figure 1.20 Rail anglais.

RAIL ALLEMAND. F6^{d/6e}

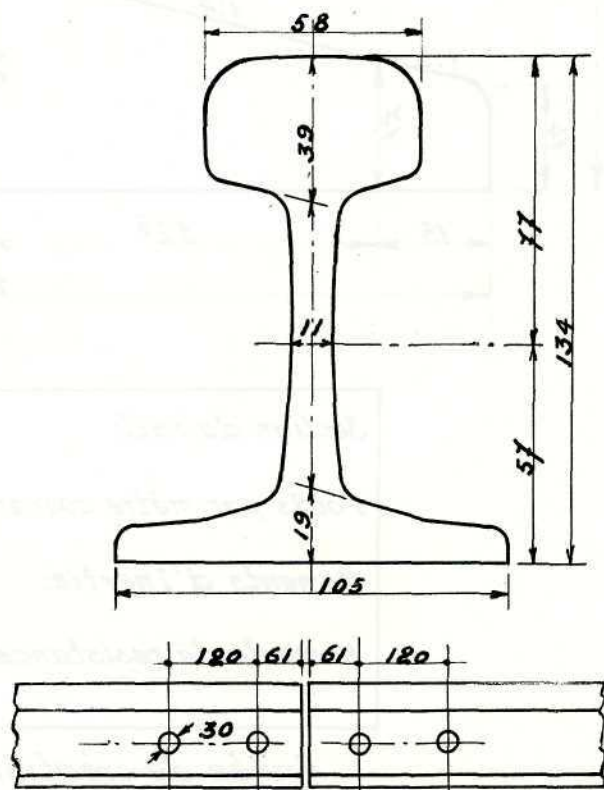


Figure 1.21 Rail allemand.

1907 - Le rail Vignole en acier THOMAS de 57 kg/m en barres de 18,00 m de longueur (fig.1.17) fut mis en oeuvre pour la première fois sur la ligne de la Vesdre, qui était empruntée par des trains internationaux très lourds.

Il fut substitué d'une façon générale au rail "Goliath" dont la forme ne donna pas satisfaction. Il était à cette époque le rail le plus lourd d'Europe et constituait une réplique des rails laminés au début du siècle aux Etats-Unis.

Le rail était fixé sur ses traverses par l'intermédiaire de grandes plaques en acier et de 3 crapauds en fonte, par de robustes tirefonds, avec interposition de planchettes en bois. Ultérieurement, les plaques et crapauds ont été progressivement supprimés. La pose était verticale à joints alternés et appuyés; il y avait 24 traverses par 18 m.

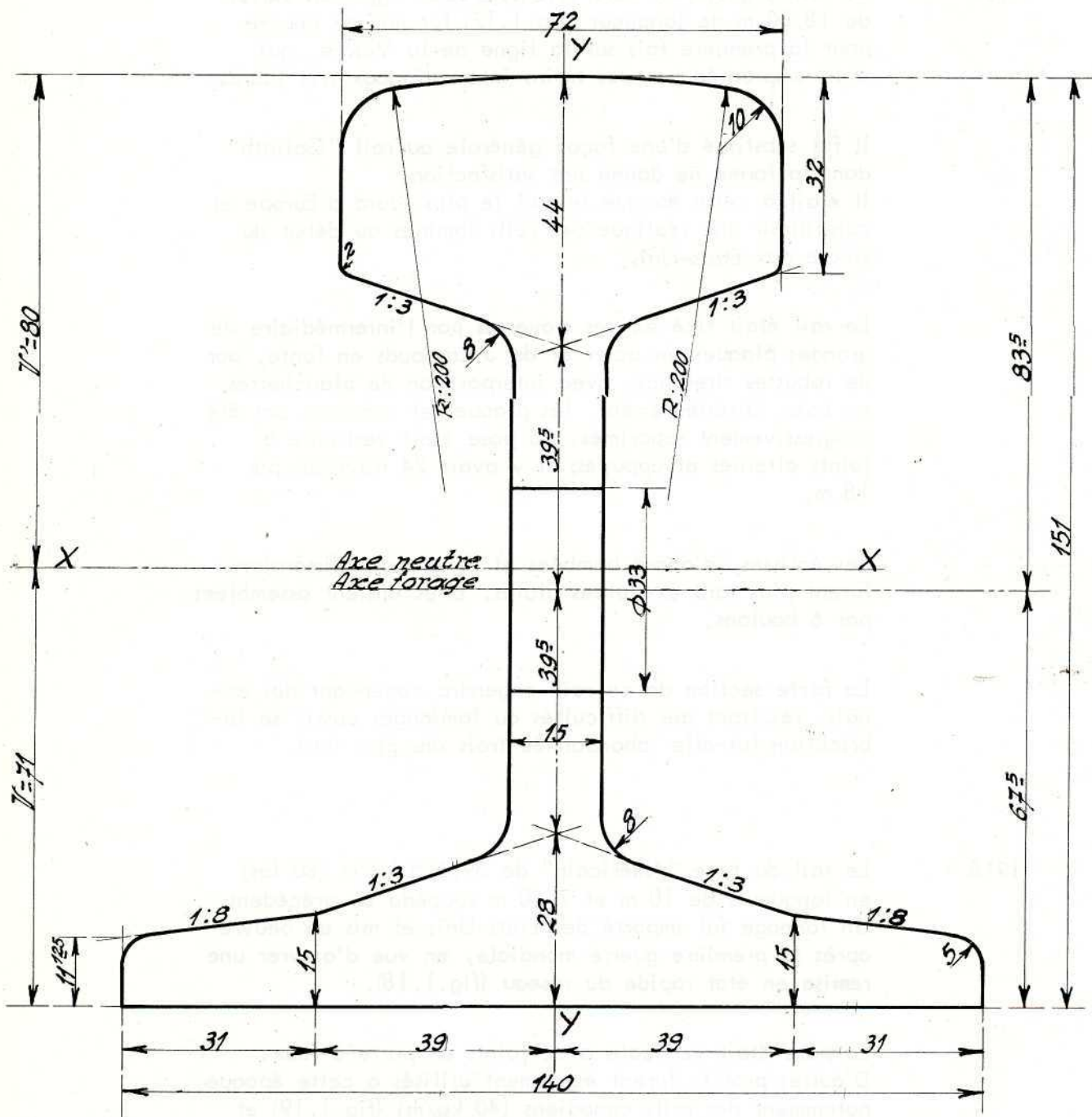
Les éclisses, d'abord bombées et de grandes dimensions furent plus tard exécutées plates. Elles étaient assemblées par 6 boulons.

La forte section de ce rail engendra cependant des ennuis, résultant des difficultés du laminage; aussi, sa fabrication fut-elle abandonnée trois ans plus tard.

1918 - Le rail du type "Américain" de 39,685 kg/m (80 lbs) en longueurs de 10 m et 7,60 m succéda au précédent. Un tonnage fut importé des Etats-Unis et mis en oeuvre après la première guerre mondiale, en vue d'assurer une remise en état rapide du réseau (fig.1.18).

La pose était verticale avec joints en porte-à-faux. D'autres profils furent également utilisés à cette époque, notamment des rails canadiens (40 kg/m) (fig.1.19) et anglais (37,5 kg/m) (fig.1.20), voire même des rails allemands de récupération F6 (33 kg/m)(fig.1.21) et F8 (41 kg/m).

50 Kg/m



Section du rail:	$S = 6.345 \text{ mm}^2$
Poids par mètre courant:	$P = 49,808 \text{ Kg/m}$
Moments d'inertie:	$I_{xx} = 1.991 \text{ cm}^4$ $I_{yy} = 410 \text{ cm}^4$
Moments de résistance:	$\left. \begin{array}{l} \text{max. } \frac{I_{xx}}{Y} = 280,4 \text{ cm}^3 \\ \text{min. } \frac{I_{xx}}{Y} = 248,8 \text{ cm}^3 \end{array} \right\}$

Année de création: 1910

Figure 1.22 1910 - 50 kg/m.

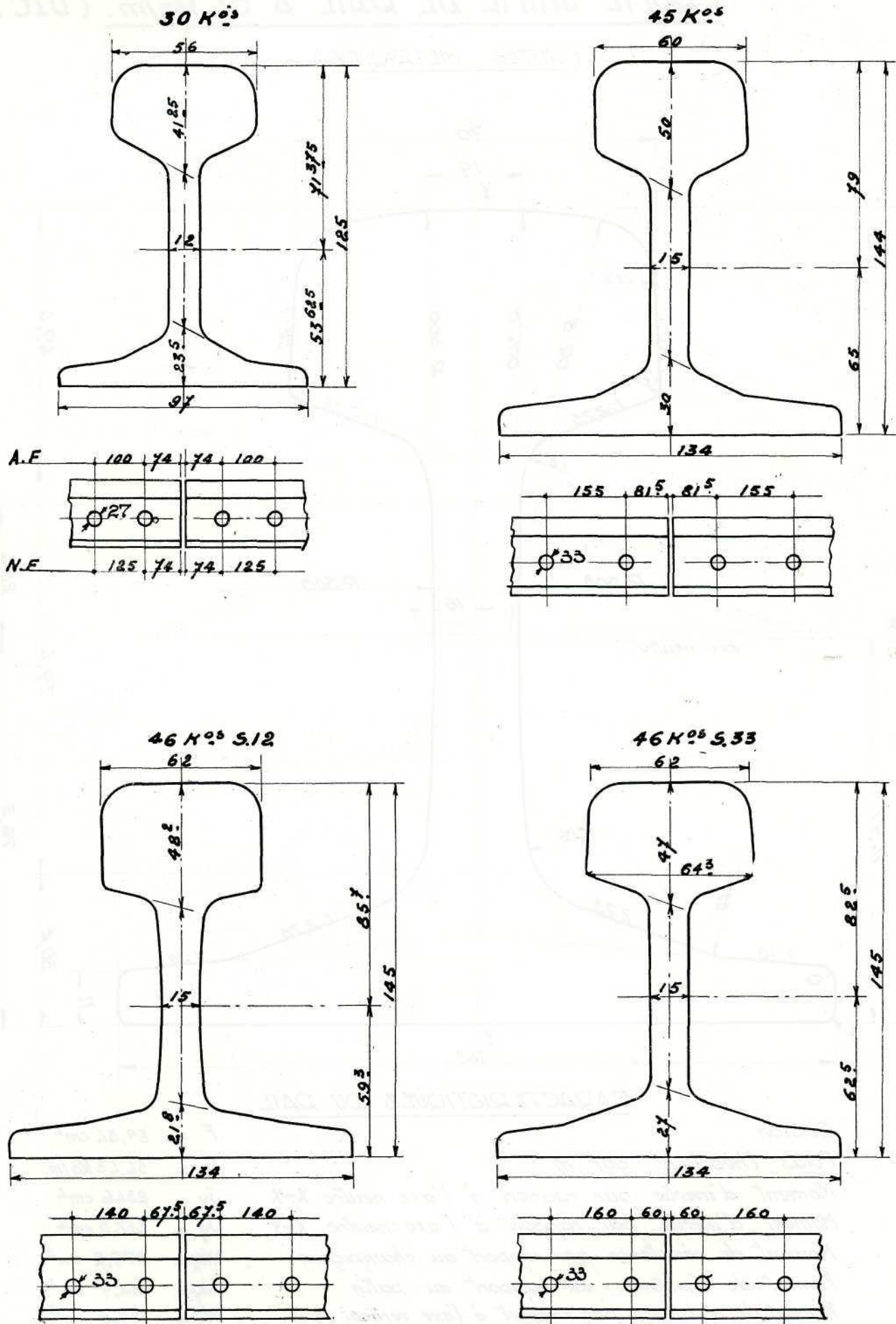
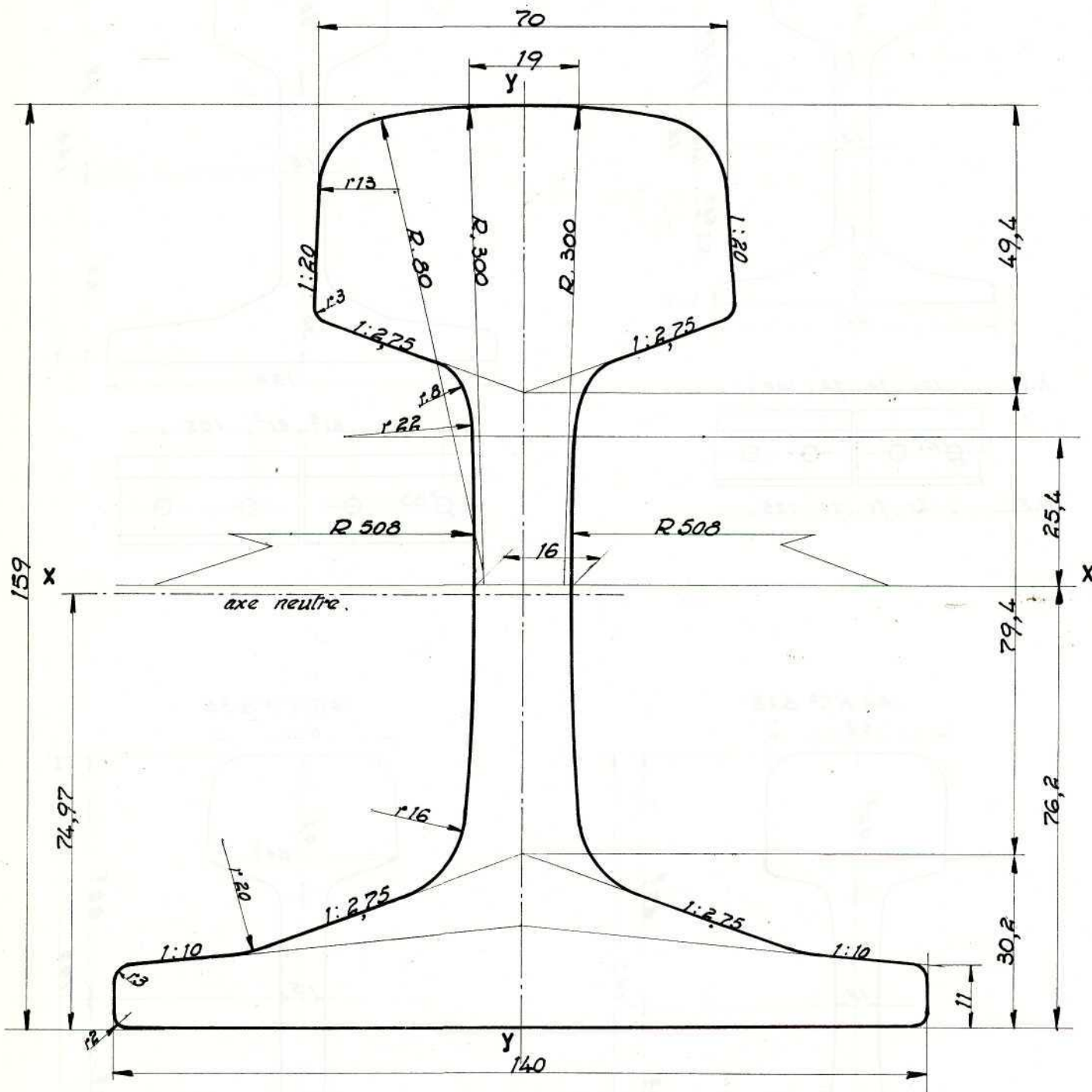


Figure 1.23 - 1.24 - 1.25 - 1.26 rails du N.B.

PROFIL UNIFIE DE RAIL A 54 Kg/m. (UIC)

(UNITES METRIQUES)



CARACTERISTIQUES DU RAIL.

Section

Poids théorique par m

Moment d'inertie par rapport à l'axe neutre X-X

Moment d'inertie par rapport à l'axe neutre Y-Y

Moment de résistance par rapport au champignon

Moment de résistance par rapport au patin

Moment de résistance par rapport à l'axe vertical Y-Y

Eslancement

Equilibrage thermique

$$F = 69,34 \text{ cm}^2$$

$$G = 54,43 \text{ Kg/m}$$

$$J_x = 2346 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 417,5 \text{ cm}^4$$

$$W_{kx} = 279,2 \text{ cm}^3$$

$$W_{kf} = 312,9 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 59,6 \text{ cm}^3$$

$$= 1,14$$

$$\frac{a}{b} = 1,67$$

Figure 1.27 UIC - 54 kg/m.

1926 -

Le rail Vignole en acier Thomas de 50 kg/m (fig.1.22) en barres de 18,00 m, dont le profil date de 1910 fut très légèrement modifié et devint en 1926 le rail standard de la S.N.C.B.

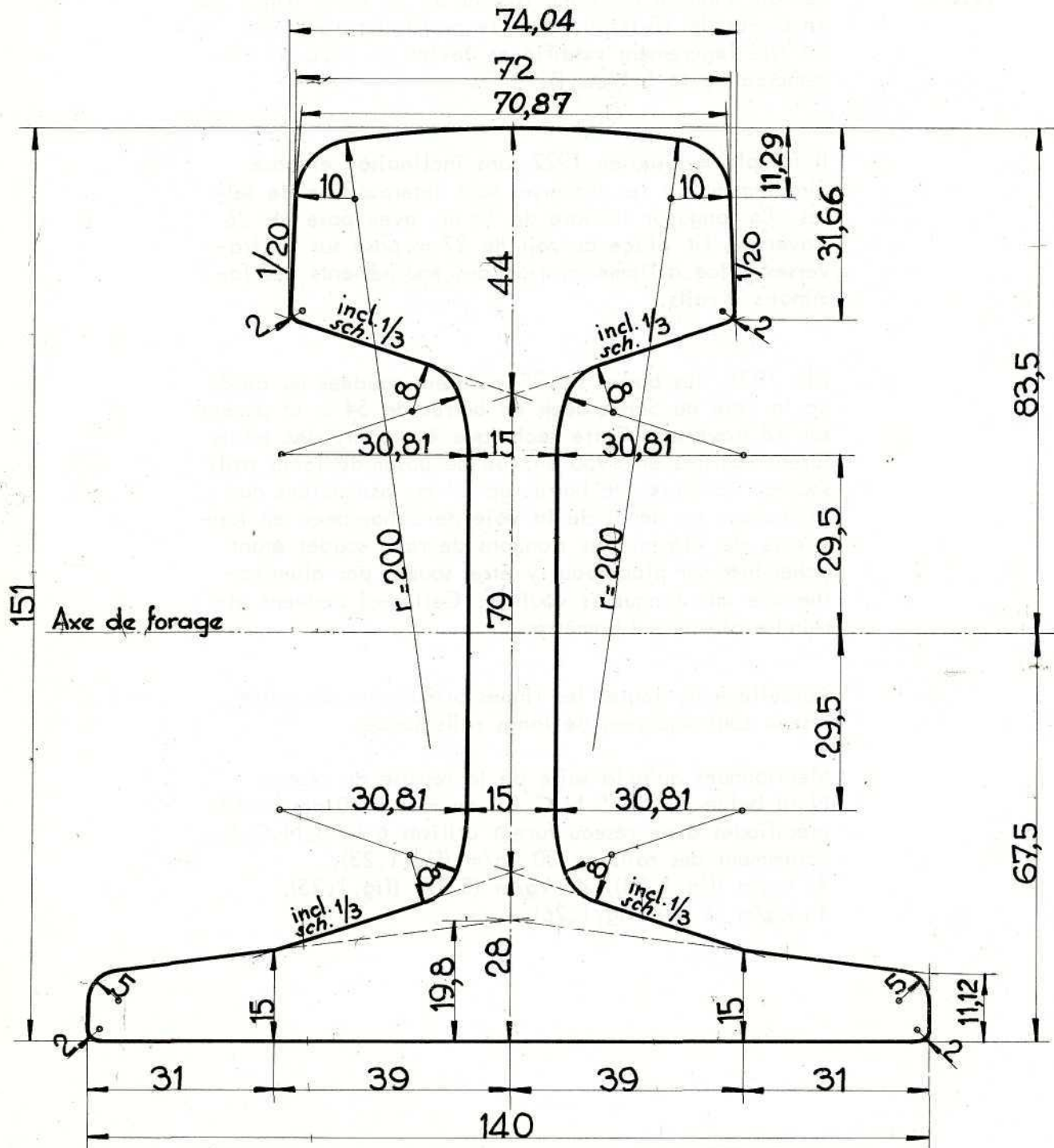
Il fut placé jusqu'en 1922 sans inclinaison et posé directement sur les traverses sans interposition de selles. La longueur initiale de 18 m, avec pose sur 26 traverses, fit place au rail de 27 m posé sur 45 traverses grâce à l'amélioration des équipements des laminoirs à rails.

Dès 1938, les barres de 27 m furent soudées au dépôt de la voie de Schaerbeek en barres de 54 m et posées sur 98 traverses. Cette technique évoluant, des essais furent réalisés en 1950 en vue de poser de longs rails soudés, composés de barres de 27 m, assemblées par étincelage au dépôt de la voie de Schaerbeek en longueurs de 216 m. Les tronçons de rails soudés étant acheminés sur place pour y être soudés par aluminothermie aux longueurs voulues. Celles-ci peuvent atteindre plusieurs kilomètres.

Actuellement, toutes les lignes principales de notre réseau sont équipées de longs rails soudés.

Mentionnons qu'à la suite de la reprise du réseau Nord belge par la S.N.C.B. en mai 1940 des profils spécifiques à ce réseau furent utilisés à la S.N.C.B., notamment des rails de 30 kg/m (fig.1.23), 45 kg/m (fig.1.24), 46 kg/m (S 12) (fig.1.25), 46 kg/m (S 33) (fig.1.26).

PROFIL DU RAIL TYPE 50 R



Section du rail:	$S = 6.415 \text{ mm}^2$
Poids par mètre courant:	$P = 50,357 \text{ Kg/m}$
Moments d'Inertie:	$I_{xx} = 2003 \text{ cm}^4$ $I_{yy} = 412,7 \text{ cm}^4$
Moments de résistance:	$\left. \begin{array}{l} \text{max. } \frac{I_{xx}}{y} = 281,24 \text{ cm}^3 \\ \text{min. } \frac{I_{yy}}{x} = 251,06 \text{ cm}^3 \end{array} \right\}$

Figure 1.28 50 R.

PROFIL DU RAIL TYPE 50 T

1959 - Le profil UIC 54 kg/m (fig.1.27), prôné par l'U.I.C. à la suite de recherches concernant le meilleur profil de rail à standardiser.

Deux types de rails : l'un "léger", s'apparentant au 50 kg/m utilisé par la presque totalité des réseaux européens et l'autre "lourd" d'avenir sont étudiés par l'U.I.C.

Les importantes études des chemins de fer britanniques, ont conduit l'U.I.C. à adopter en 1958 un premier profil de 54 kg/m, très voisin du profil de 109 lbs des British Railways, et un second profil de 60 kg/m dérivé du premier.

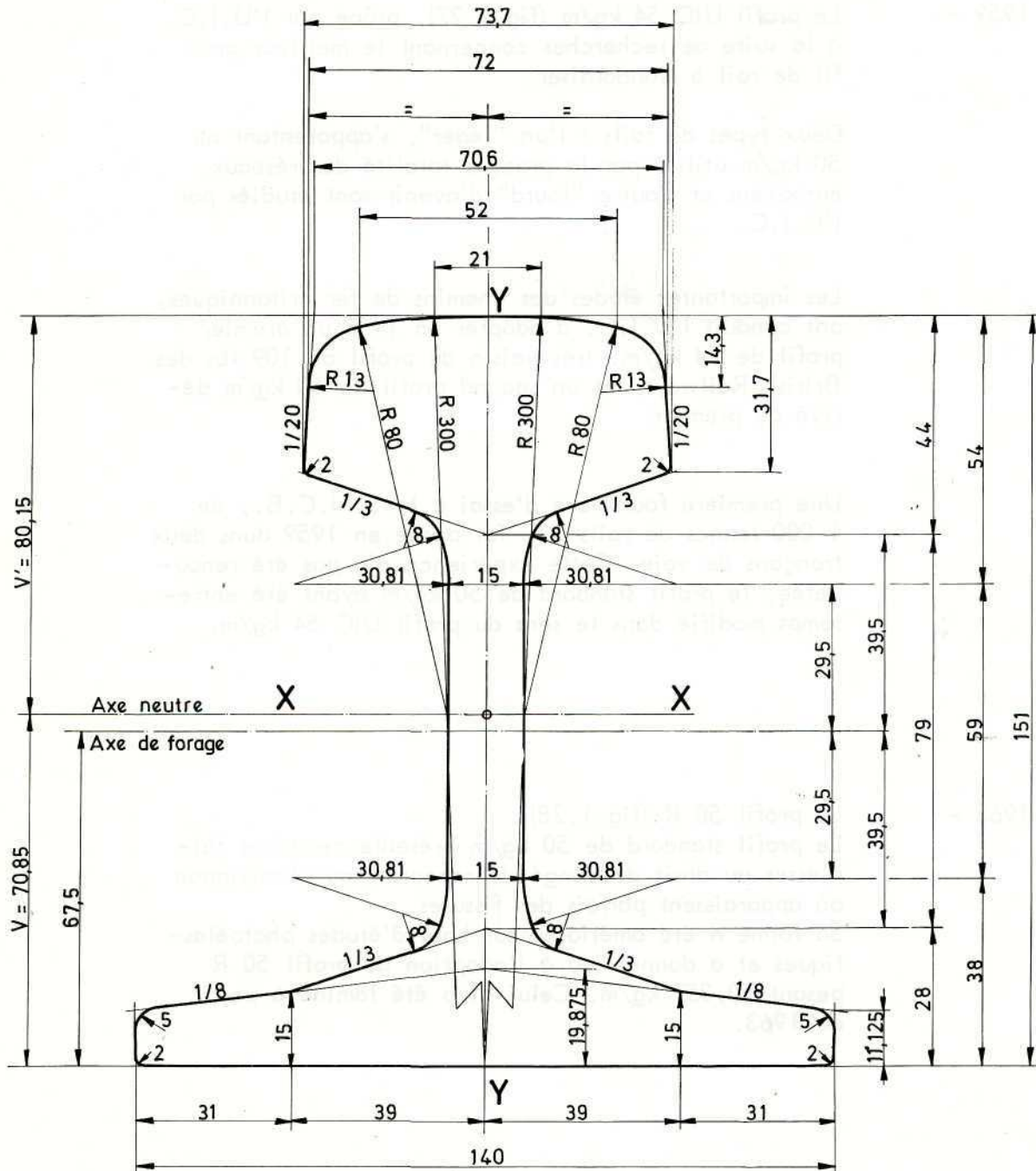
Une première fourniture d'essai à la S.N.C.B., de 1 000 tonnes de rails UIC fut posée en 1959 dans deux tronçons de voie. Cette expérience n'a pas été renouvelée, le profil standard de 50 kg/m ayant été entre-temps modifié dans le sens du profil UIC 54 kg/m.

1963 - Le profil 50 R (fig.1.28).
Le profil standard de 50 kg/m présente certaines faiblesses au droit du congé de raccord âme-champignon où apparaissent parfois des fissures.
Sa forme a été améliorée sur base d'études photoélastiques et a donné lieu à l'adoption du profil 50 R pesant 50,357 kg/m. Celui-ci a été laminé à partir de 1963.

Caractéristiques du rail

Profil	Poids (kg/m)	Section (cm ²)	Section (in ²)
50 R	50,357	64,5	10,0
50	50,000	64,0	9,9
54	54,000	68,0	10,5
60	60,000	75,0	11,5
75	75,000	95,0	14,6
90	90,000	115,0	17,7
120	120,000	150,0	23,1

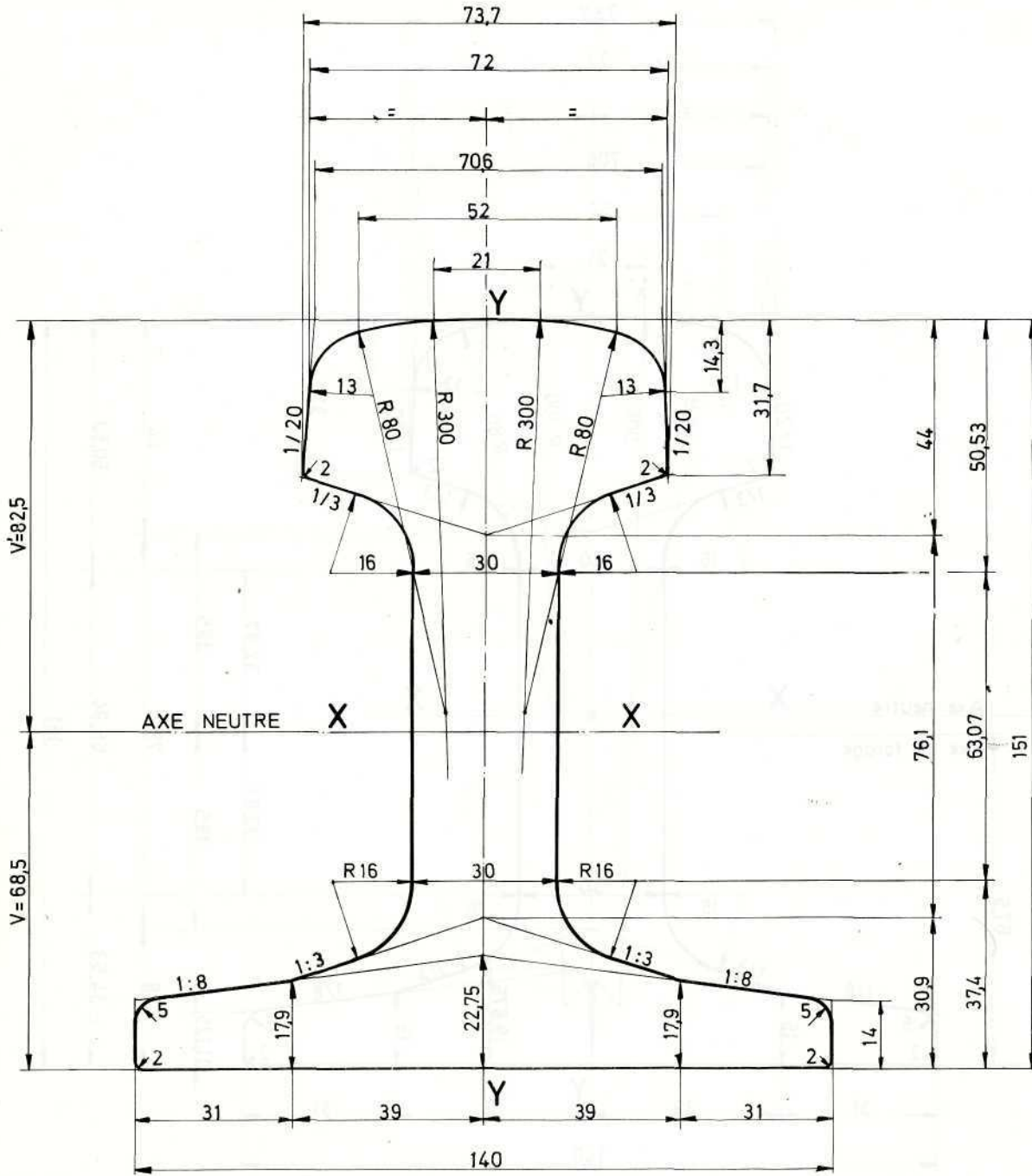
PROFIL DU RAIL TYPE 50T



Caractéristiques du rail	
Section	63,82 cm ²
Poids par mètre	50,100 kg/m
Moment d'inertie X - X	1985,88 cm ⁴
Moment résistant $\frac{I}{V}$	280,29 cm ³
Moment résistant $\frac{I}{V'}$	247,77 cm ³
Moment d'inertie Y - Y	408,80 cm ⁴
Moment résistant Y - Y	58,40 cm ³

Figure 1.29 50 T.

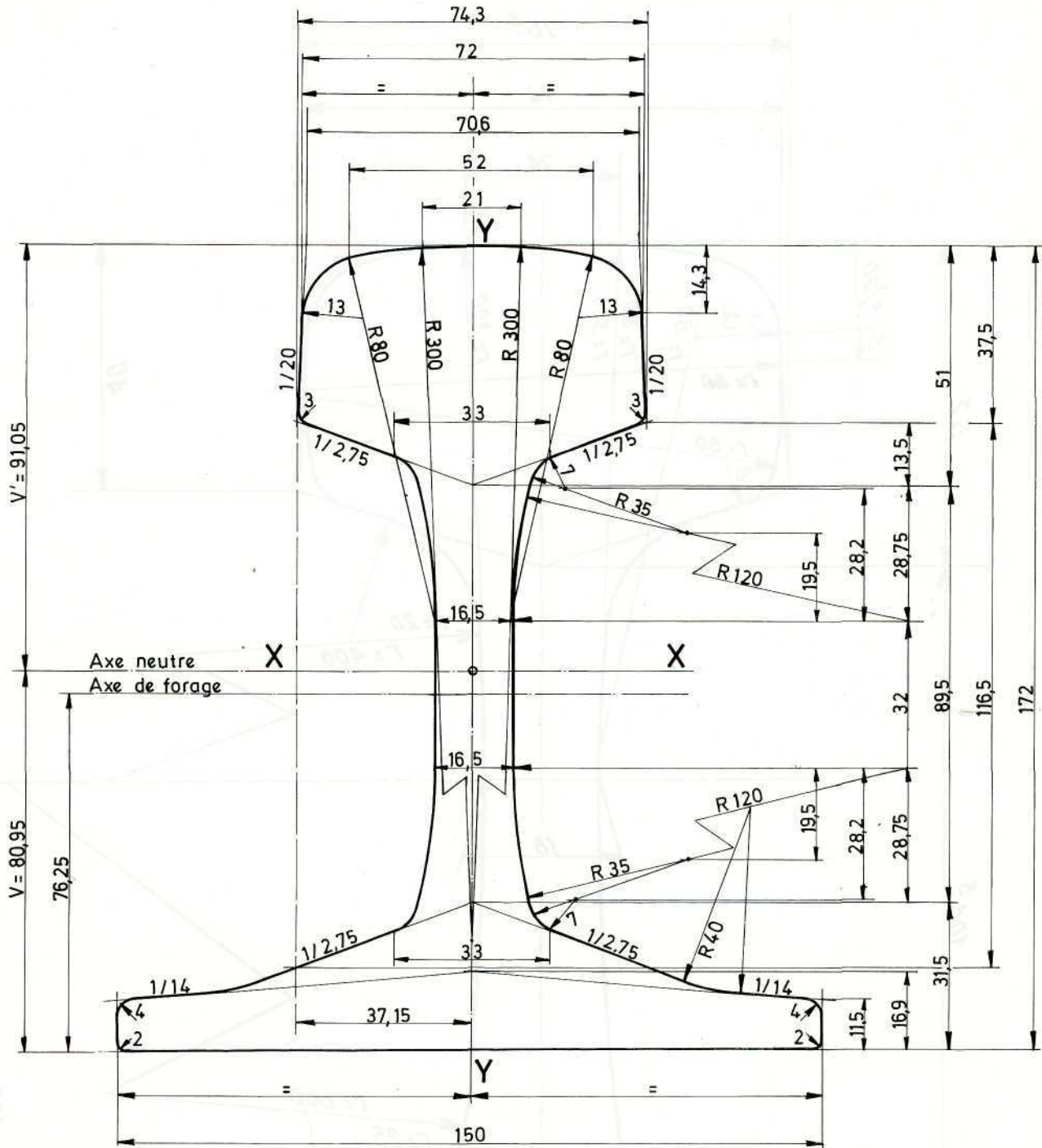
PROFIL DU RAIL TYPE 63T



Caractéristiques du rail	
Section	80,19 cm ²
Poids par mètre	62,95 kg/m
Moment d'inertie X-X	2171 cm ⁴
Moment résistant $\frac{I}{V}$	317 cm ³
Moment résistant $\frac{I}{V'}$	263 cm ³
Moment d'inertie Y-Y	482 cm ⁴
Moment résistant Y-Y	69 cm ³

Figure 1.31 63 T.

PROFIL DU RAIL TYPE U.I.C. 60



Caractéristiques du rail	
Section	76,86 cm ²
Poids par mètre	60,340kg/m
Moment d'inertie X - X	3055,00 cm ⁴
Moment résistant $\frac{I}{V}$	377,40 cm ³
Moment résistant $\frac{I}{V'}$	335,50 cm ³
Moment d'inertie Y - Y	512,90 cm ⁴
Moment résistant Y - Y	68,40 cm ³

Figure 1.32 UIC — 60 kg/m.

Projet A1 (Profil "ORE 71").

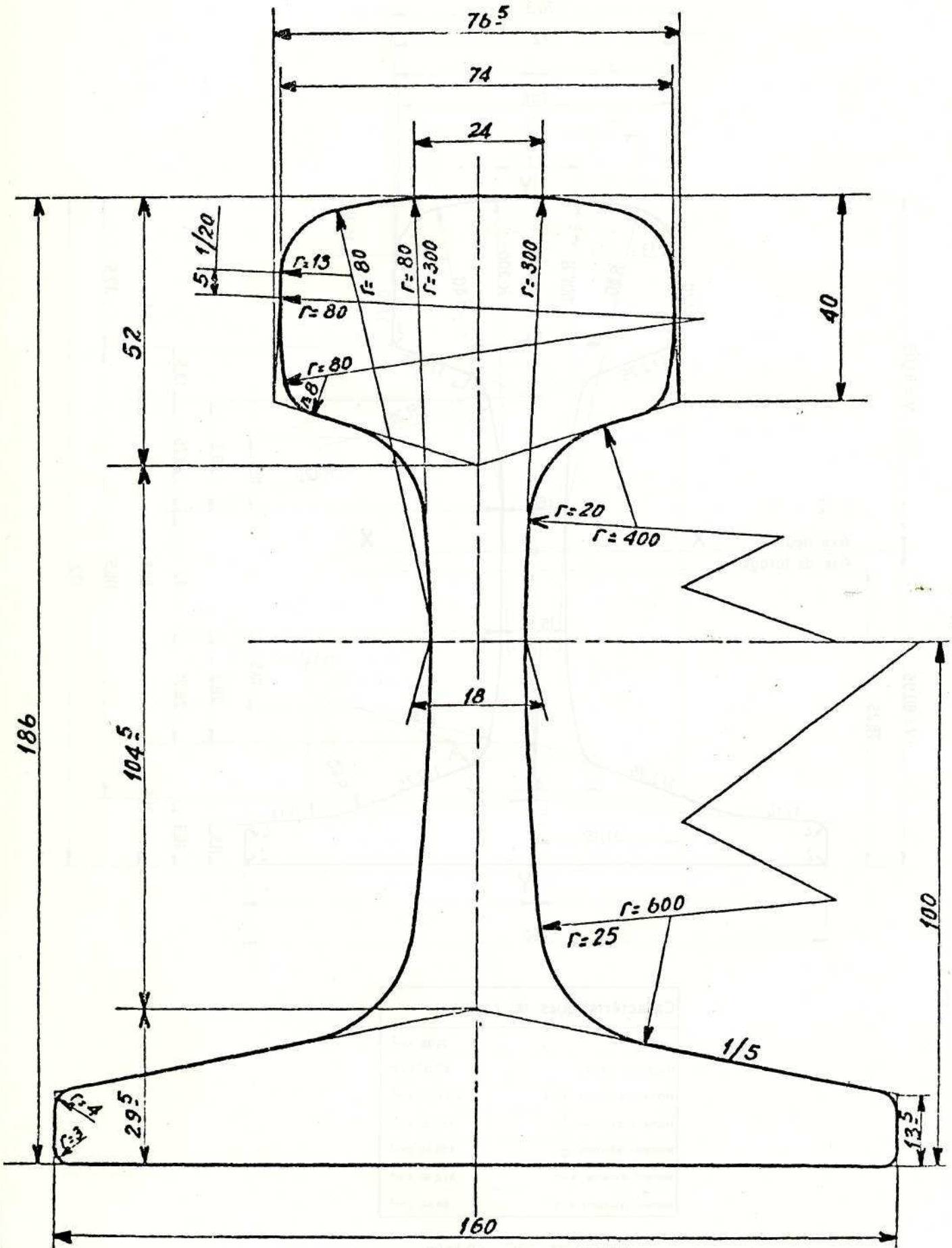


Figure 1.34 UIC - 71 kg/m.

Caractéristiques du rail	
Section	90,79 cm ²
Poids par mètre	71,27 kg/m
Moment d'inertie X-X	4151,66 cm ⁴
Moment résistant $\frac{I}{V}$	499,73 cm ³
Moment résistant $\frac{I}{V'}$	403,38 cm ³
Moment d'inertie Y-Y	735,06 cm ⁴
Moment résistant Y-Y	91,90 cm ³

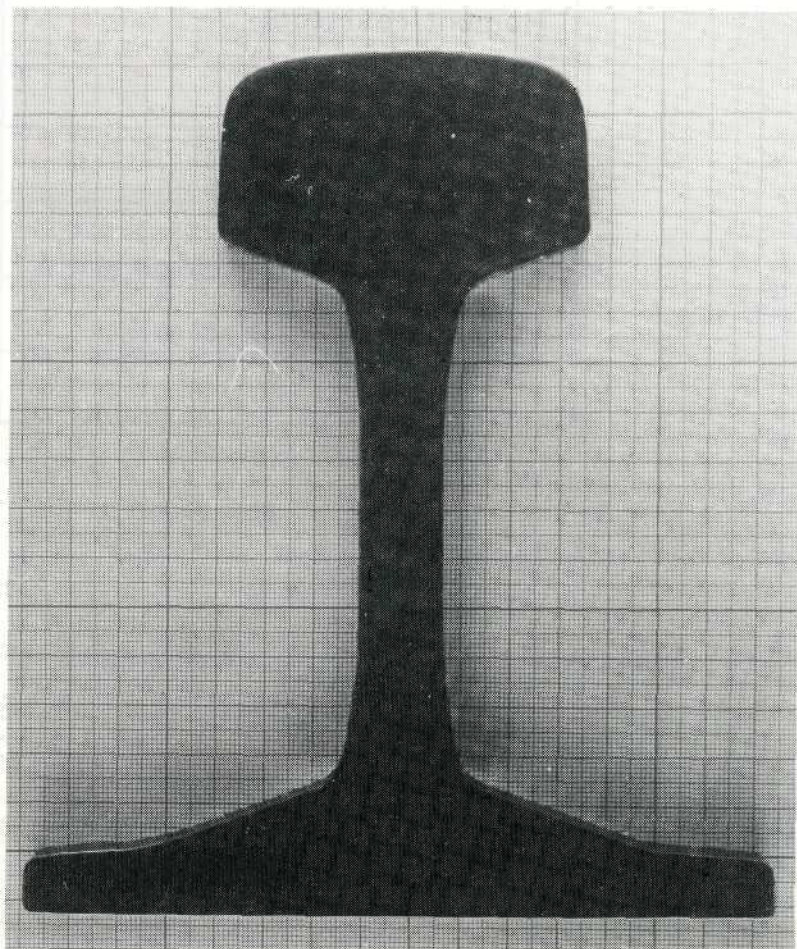
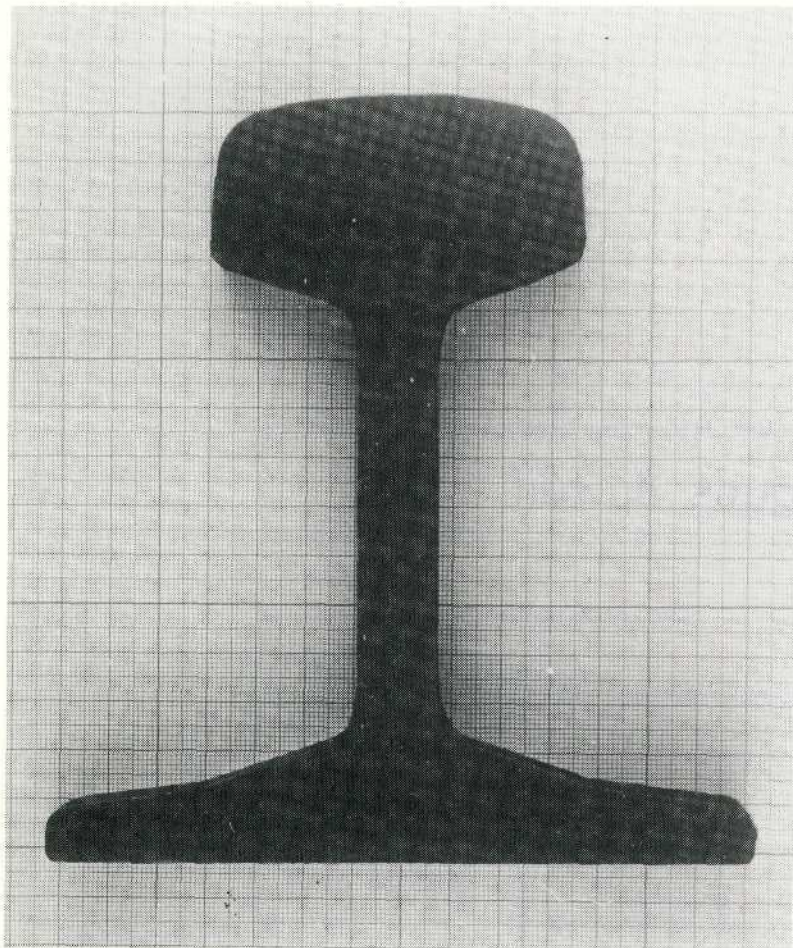
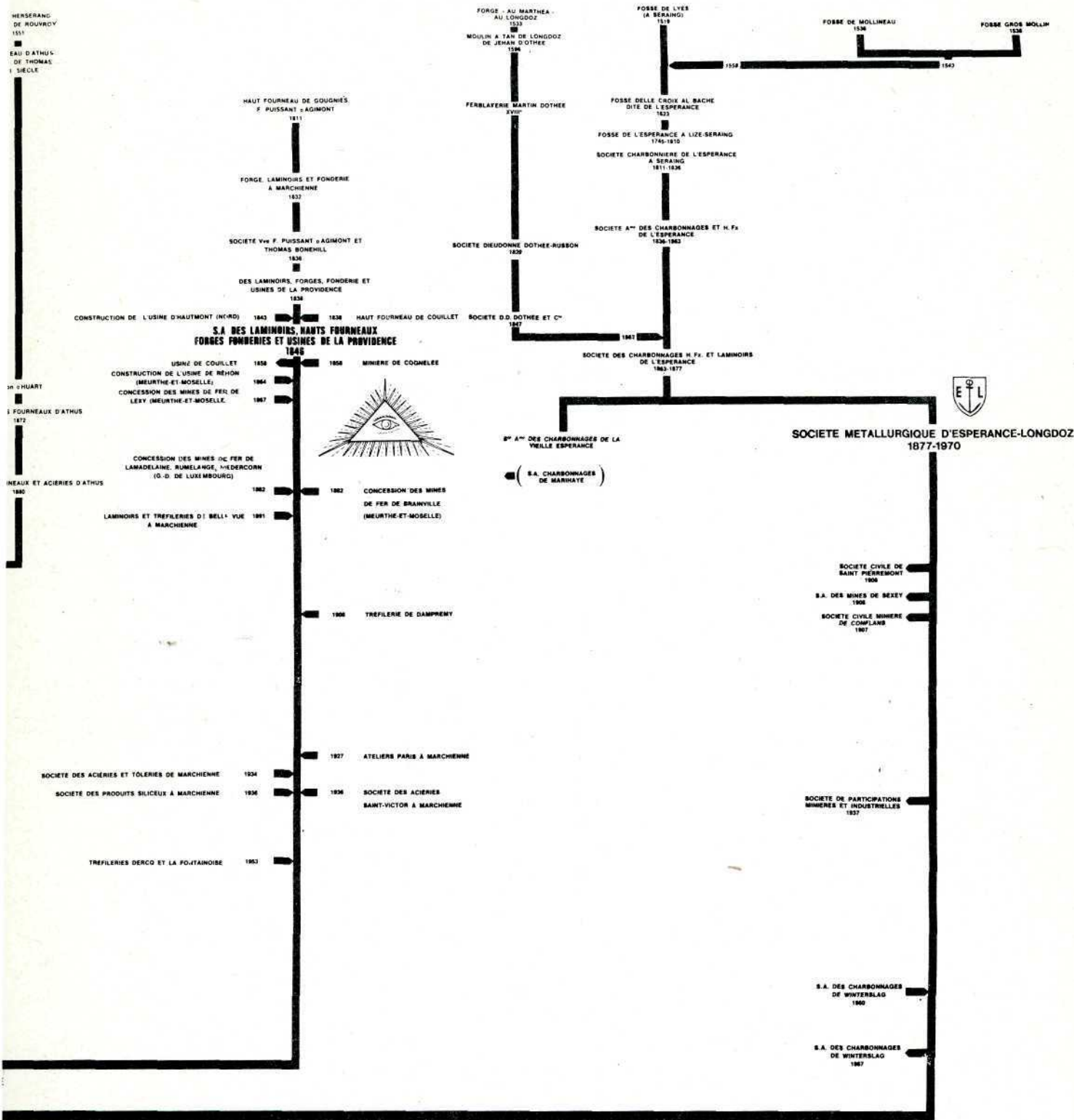


Figure 1.33 Comparaison entre le profil 50 kg/m et UIC 60 kg/m.

- 1976 - Le profil 50 T (fig.1.29).
Le bombement du rail 50 R a été modifié en 1976 conformément aux directives de l'U.I.C., et est devenu le profil 50 T pesant 50,100 kg/m.
- Partant du rail standard 50 kg/m, des profils pour usages spéciaux ont été conçus, notamment celui à âme de 30 mm (type 61T) pesant 60,500 kg/m (fig.1.30) pour la fabrication des aiguilles des appareils de voie et la pose en tunnel.
- Récemment son patin a été renforcé pour lui donner plus de raideur et il est devenu ainsi le profil 63T (62,950 kg/m) (fig.1.31).
- 1970 - Le profil UIC 60 kg/m (fig.1.32), créé en 1959 en même temps que le rail UIC 54 kg/m. Il a été posé d'abord à titre d'essai en 1970 et arme depuis 1976 les voies fortement sollicitées.
- La fig.1.33 montre l'importance du renforcement de l'infrastructure réalisée par la mise en oeuvre de ce nouveau profil.
- 1974 - L'étude d'un nouveau rail de 71 kg/m a été entreprise par le comité ORE D 120. Ce profil ORE 71 (fig.1.34) est prévu pour concurrencer les rails lourds existants (R 65, R 75, 140 lbs AREA, 76,9 kg/m) utilisés par certains chemins de fer miniers.
-

HERSERAING DE ROUVROY 1551
EAU D'ATHUS DE THOMAS 1^{er} SIECLE



1970
S. A. COCKERILL-UGREE-PROVIDENCE ET ESPERANCE-LONGDOZ
 EN ABREGE
 «**COCKERILL**»



1.2. Le métal

1.2.1. Introduction

Les entreprises sidérurgiques contemporaines ont vu le jour au cours de la première moitié du siècle dernier : Cockerill en 1817, Ougrée en 1809, Couillet en 1835, Espérance en 1836, Providence en 1838.

Les industriels d'alors ont fondé de grands espoirs sur le développement du chemin de fer naissant. Souvenons-nous que le premier tronçon de voie ferrée du continent fut inauguré le 5 mai 1835 entre Bruxelles et Malines.

Dans son mémoire datant de 1833, l'ingénieur SIMONS mentionne ce qui suit :

" L'emploi de fer malléable au lieu de fonte pour la confection
" des rails se justifie par l'adoption générale de rails étirés dans
" les nouvelles routes construites ou projetées depuis sept ou huit
" ans. "

Les 200 premières tonnes de rails ont été fournies le 13.05.1834 par la fonderie GORDONS & Cie de Cardiff.

Des coupons ont été prélevés en guise de modèle et remis aux fonderies de Seraing (Cockerill) et à l'usine du Fayt de l'arrondissement judiciaire de Charleroi, appartenant à M. DUPONT afin de leur permettre de livrer chacune 2 000 tonnes de rails semblables.

Ces fournitures ont été effectuées à partir du 22.07.1834.

1.2.2. Le rail en fer

1.2.2.1. Généralités

Le haut-fourneau d'alors, (la mise à feu du premier haut-fourneau à Seraing date de 1823(1)) bien plus modeste que les appareils actuels, fournissait des gueuses en fonte. Celles-ci étaient introduites dans un foyer spécial, mis au point en 1784 par Henri CORT.

L'affinage proprement dit des gueuses se faisait dans des fours à réverbères particuliers appelés fours à puddler. La fonte était mise en fusion sur la sole du four avec des scories riches, puis l'ouvrier la brassait avec ces scories et au contact de l'air jusqu'à ce qu'elle ait "pris nature", c'est-à-dire jusqu'à ce qu'elle se soit transformée en fer par la perte de son carbone et

(1) Cockerill érige le premier haut fourneau alimenté au coke sur le continent; il fut mis à feu en février 1826.

de ses impuretés. Le métal formait alors sur la sole du four un gâteau mou que l'ouvrier façonnait en boules appelées "loupes". Celles-ci étaient ensuite extraites du four pour être "cinglées" ou transformées en prismes quadrangulaires appelés "pièces", ce qui se faisait ordinairement à l'aide d'un lourd marteau frontal ou d'un marteau-pilon, et au sortir de cet appareil, les pièces, encore rouges de feu, étaient laminées en barres plates appelées "fer ébauché".

La ferraille, si l'on utilisait cette matière première à la place de la fonte était d'abord mise en paquets appelés "masses", puis chauffée au blanc soudant dans un four à réverbère nommé "four à réchauffer", et ensuite cinglée et étirée en barres plates comme nous venons de le dire pour les boules extraites du four à puddler.

On distinguait l'ébauché fer fort, l'ébauché fer tendre et l'ébauché de fer métis, l'ébauché de fonte et l'ébauché fer de masse.

Le fer ébauché ne recevait pas d'application immédiate : ce fer n'était qu'un demi-produit dépourvu d'homogénéité, sa surface était déchirée et raboteuse et il contenait des scories que ni le cinglage ni l'ébauchage n'avait pu en exprimer. Pour lui enlever ces défauts, on le découpait à la cisaille en morceaux ou languettes dont on formait des troussees ou des paquets, qu'on soudait dans un four à réchauffer et qu'on laminait avec ou sans martelage préalable, soit en objets finis ou marchands, soit de nouveau en barres plates, appelées "corroyé une fois" (fer n° 1) et destinées à entrer dans la composition des paquets pour fers finis.

Si l'on soumettait le corroyé une fois à la même série d'opérations, on obtenait soit des fers finis, soit un "corroyé deux fois" (fer n° 2).

Les rails en fer étaient laminés au départ d'un paquet ou trousse formée de "mises" superposées. On profitait de cette circonstance pour composer chacune des parties du rail en un métal approprié à la nature des efforts qu'il aurait à supporter.

Le bourrelet était constitué d'un fer homogène dur, ne s'écaillant pas et se soudant à une température relativement basse.

En ce qui concerne les autres parties du profil, les différentes variétés de "fer grenu" parmi lesquelles on distinguait le "fin grain" dont la texture résultait d'un excès de carbone et le "gros grain" dont le phosphore remplaçait le carbone,

remplissaient plus ou moins parfaitement les conditions d'utilisation.

1.2.2.2. La conduite du travail (1)

Le puddlage.

A Seraing, où le premier four à puddler fut mis en service par John COCKERILL en 1820, le puddlage de la fonte pour bourrelets de rail s'opérait au moyen de 16 fours à puddler faisant 8 ou 9 charges de 250 kg par 12 H et desservis par deux marteaux-pilons, pesant l'un et l'autre deux tonnes.

L'usine du DUPONT du Fayt disposait de deux forges à l'anglaise, l'une construite en 1824 et l'autre en 1856.

- La qualité des fers. - On employait d'une manière générale, dans la fabrication des rails, deux qualités de fers : fers bruts n° 1 (puddlebars, millbars) et fers corroyés n°s 2, 3 et 4.

Les fers n° 1 étaient laminés avec des loupes déjà travaillées au marteau, au pilon ou au squeezer. Ces barres, à moins qu'on ne leur assigna des dimensions spéciales, avaient 0,125 m à 0,130 m de largeur, 0,015 m à 0,025 m d'épaisseur, et une longueur variable suivant la grosseur des loupes : leur surface était plus ou moins rugueuse, et la qualité n'en était jamais parfaitement homogène. L'emploi du marteau donnait incontestablement des fers bruts mieux soudés que le squeezer ou les cylindres, mais non appropriés à certains fers de qualité inférieure.

Les fers n° 2, ou corroyés, étaient formés avec des paquets de barres n° 1, et laminés après avoir été chauffés à blanc. Les angles étaient ici plus vifs, la surface régulière, et la cassure présentait une couleur gris pâle. Ces fers n° 2, laminés une troisième fois, devenaient du fer n° 3, et ainsi de suite.

Le fer était ensuite affranchi, au moyen de cisailles, à une longueur convenable pour former les paquets, dont la composition la plus ordinaire pouvait se représenter par trois quarts de fer n° 1, et un quart de fers n°s 2, 3 ou 4 : ces derniers servaient d'enveloppe ou de couverture aux fers n° 1. Chaque barre prise séparément devait être droite, pour l'exactitude de la mise en paquets; celles qui constituaient la couverture ne devaient offrir ni criques, ni gerçures, que le travail du laminage augmenterait considérablement.

(1) Description donnée par J. PERCY.



Figure 1.35 Macrographie d'un rail ondulé (18 kg/m - 1835) en fer puddlé. La partie centrale plus foncée est constituée par des mises verticales de métal plus riche en soufre.

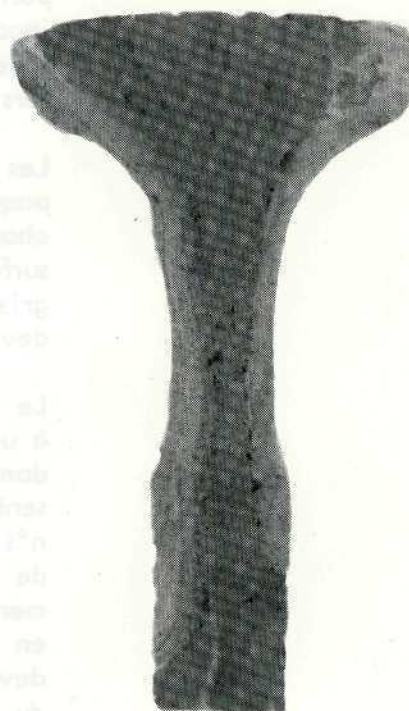


Figure 1.36 Macrographie d'un rail à traits de Jupiter (27 kg/m - 1838) en fer puddlé.

Les mises superposées sont horizontales et se différencient parfaitement.



Figure 1.37 Macrographie de l'âme d'un rail ondulé.

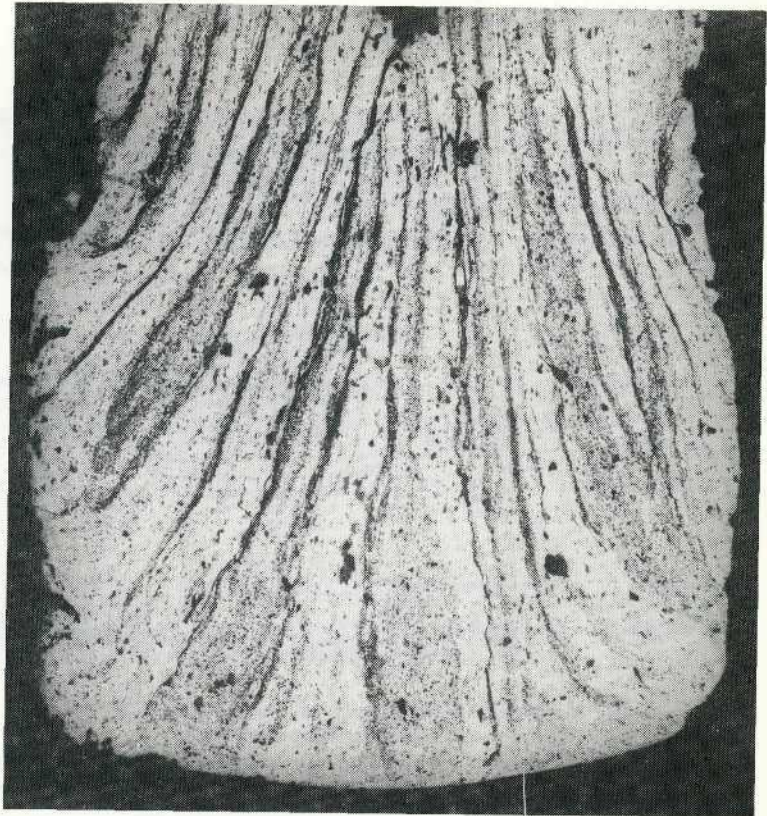


Figure 1.38 Attaque Oberhofer de la zone inférieure du rail de la figure 1.37. Grossissement 4,3 X.
On observe les mises verticales qui se différencient parfaitement suite à l'attaque.



Figure 1.39 Macrographie de l'âme d'un rail à traits de Jupiter. Le métal est assez homogène.



Figure 1.40 Attaque Oberhofer de la zone inférieure du rail de la fig. 1.39.

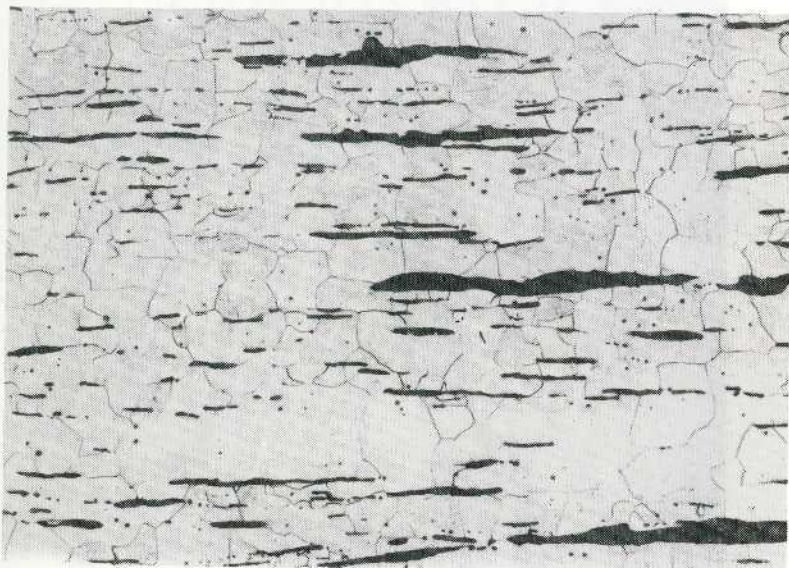


Figure 1.41 Micrographie en long du rail de la figure 1.37.
Attaque au nital, grossissement 100 X.
On observe les inclusions de scories allongées par le laminage.
Les contours polyédriques des grains se dessinent parfaitement.



Figure 1.42 Micrographie en travers du même échantillon.
Attaque au nital, grossissement 100 X.
Les scories se dessinent comme des agrégats noirs.

En Belgique, les fontes destinées aux rails ordinaires étaient fabriquées avec de fortes doses de scories. Les fontes-scories belges donnaient par le puddlage un fer dur et bien soudant, réunissant les qualités voulues pour la confection du champignon. (fig. 1.35, 1.36, 1.37, 1.38, 1.39, 1.40, 1.41 et 1.42)

De nombreux essais faits à Couillet, tant à chaud qu'à froid, dans le but de vérifier l'état des soudures des rails fabriqués dans cette usine, avec des bourrelets en fer ordinaire, moins siliceux, avaient permis de constater l'excellence des rails en fer-scorie. D'ailleurs, les rebuts des rails en service, après la garantie de trois années écoulées avaient été réduits des deux tiers. Cependant, les fers siliceux étaient très cassants, et les rails n'auraient résisté que faiblement à la flexion, si l'on n'avait pas eu soin de composer la partie des paquets, destinés à la confection des patins, avec des fers nerveux provenant de fontes de qualité spéciale. La soudure de ces deux fers exigeait un soin tout particulier et l'emploi de mises intermédiaires, permettant de passer d'une nature de fer à l'autre. Les fers des fontes-scories étaient en outre, très sensibles aux coups de feu; surchauffés, ils devenaient aigres, très cassants, et sans aucune ténacité. Pour cette raison, il ne convenait pas de leur faire subir plus d'un ou de deux corroyages; les meilleurs produits étaient entièrement fabriqués en fer ébauché, travaillés en une seule chaude.

- La confection des paquets. - La formation des paquets à mises spéciales ou couvertes, composées de fers à grains durs, destinés à la surface de roulement, et à mises de fers bruts ou corroyés à nerf, mais tenaces et mous, satisfaisait aux deux conditions de dureté et de résistance; reste la troisième condition, la soudure, qui constituait la difficulté principale, vu la nature différente des fers mis en présence.

Deux systèmes de paquets étaient communément employés : 1°. des paquets rectangulaires plus élevés que larges, où les couvertes étaient formées de mises juxtaposées, avec retour d'équerre, ou d'une seule pièce; 2°. des paquets à section carrée, qui offraient les mêmes dispositions de couvertes.

Le poids de ces paquets se calculait en comptant sur un quart en plus que le poids du rail fini. Cet excédent de poids avait pour but de compenser le déchet provenant de la soudure des mises, du réchauffage et du cisailage. Comme la longueur des rails était déterminée, il y avait d'ailleurs avantage à augmenter le poids des paquets. Le retrait qu'éprouvait le rail en se refroidissant, était évalué à 0,017 m par mètre.

Le puddlage devait être conduit en vue surtout du fer à grain; les fers puddlés devaient être classés en fer à grain, en fer métis ou à grain mélangé de nerf, et en fer à nerf. (1) Ces fers devaient être de bonne qualité, travaillés avec soin, convenablement épurés, les bouts affranchis et les barres bien dressées : les barres des mises devaient être de section rectangulaire. Dans les paquets pour couvertes, où il ne devait entrer que du fer à grain, le sens du laminage des mises était

-
- (1) Les gîtes supérieurs de Lorraine à peu près épuisés actuellement, étaient constitués par des amas irréguliers de minerais en rognons, plus riches en fer que la minette actuelle et ne contenant que peu ou point de phosphore. Ces minerais étaient dits de fer fort, parce qu'ils fournissaient traités au charbon de bois, un fer nerveux et d'excellente qualité.

Le fer fort pliait à chaud et à froid.

On distinguait le fer fort et dur et le fer fort et mou. L'un et l'autre pouvaient avoir une texture grenue, mais les grains de fer fort et durs étaient petits, blancs et mats, comme ceux de l'acier, dont ils différaient parce qu'ils étaient irréguliers et surmontés de pointes crochues et déliées, visibles au moment de la rupture, tandis que les grains du fer fort et mou étaient gros, foncés et brillants, à peu près comme ceux de la fonte grise.

Chauffé au rouge et forgé, le fer fort grenu devenait nerveux ou prenait une texture fibreuse.

Le fer fort et mou prenait plus facilement une texture nerveuse que le fer fort et dur; en outre, il acquérait un nerf plus long, moins fin et plus pâteux.

Le fer nerveux avait toujours une couleur plus foncée et plus terne que le fer grenu. La couleur des filaments du fer mou nerveux, tenait le milieu entre le blanc d'argent et le gris de plomb, tandis que le nerf du fer dur était d'un blanc argentin.

Pour que le nerf devienne apparent, il fallait que le fer puisse s'étendre, lorsqu'on le soumettait à l'action du marteau.

Les fers forts au charbon de bois fabriqués en Belgique, par exemple, à Couvin, pouvaient avoir une cassure grenue analogue à celle des fers de Suède, mais on y apercevait toujours des points brillants qui manquaient dans ces derniers et que l'on pouvait attribuer au silicium. Le plus souvent, les fers forts belges au charbon de bois renfermaient à la fois du phosphore et du silicium, qui rendaient leur cassure plus ou moins blanche et brillante, et à grains plus ou moins plats.

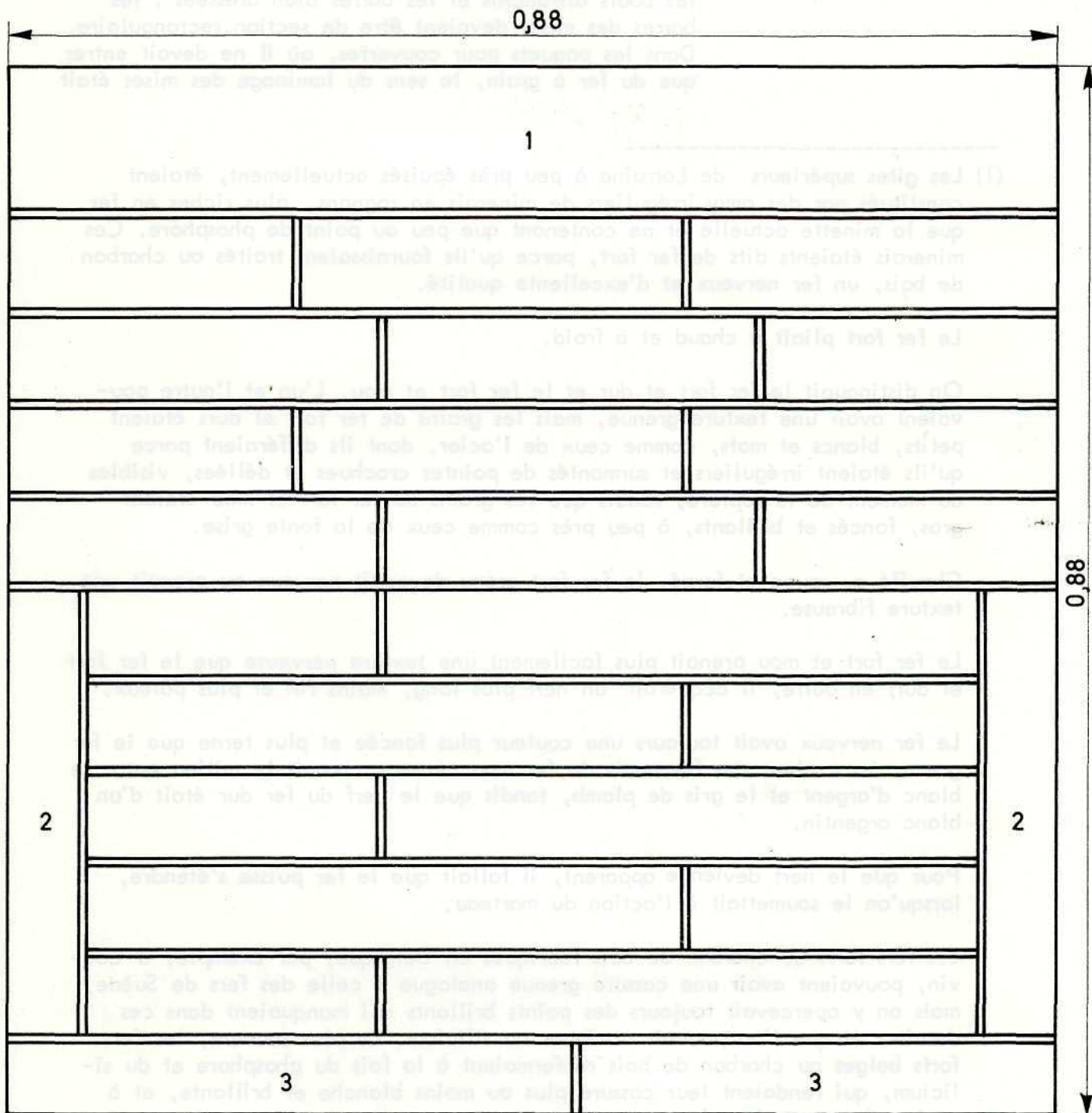


Figure 1.43 Paquet pour rail Vignole destiné au chemin de fer du Nord.

prescrit. Les barres devaient avoir la longueur du paquet et une largeur telle que les joints se croisaient sur toute la longueur. Chaque mise a une épaisseur régulière : le paquet à couverte ainsi formé était étiré et recoupé en barres parfaitement affranchies, ayant la longueur et la largeur du paquet pour rail. La trousse pour rail se composait ainsi, en haut et en bas, de fer corroyé en une seule pièce, représentant en poids le tiers de la masse totale et, dans l'intervalle, de fer puddlé brut, métis ou à nerf. Les barres brutes pouvaient être en deux ou trois largeurs, pourvu que les joints soient bien croisés; pour la longueur, on tolérait quelques barres en deux pièces, dans le milieu du paquet, pourvu que la plus petite ait au moins 0,30 m et qu'elles soient assemblées bout à bout avec soin, de manière à laisser le moins de vide possible; enfin, les assises devaient avoir une épaisseur régulière.

- Le paquetage pour rails à patin. - Dans la préparation du paquet pour rail à patin, la couverte supérieure était en fer dur à grain; la couverte inférieure qui forme le patin était généralement composée de fer à nerf, qui résiste mieux que le fer grenu aux efforts de traction.

Le paquet du rail Vignole du chemin de fer du Nord (fig. 1.43) avait en largeur 0,21 m, en hauteur 0,22 m, et en longueur 0,90 m. Il comprenait : une couverte de 0,36 m d'épaisseur en fer à grains, corroyé, obtenue avec des mises laminées verticalement pour le champignon (n° 1, fig. 1.43); deux mises de fer à nerf, l'une verticale et l'autre horizontale (n°s 2 et 3, fig. 1.43) pour former le patin; au-dessus de cette dernière, une assise de fer métis; enfin, l'intervalle était rempli par des mises de fer puddlé à grains. La couverte, dont les mises étaient laminées en ayant soin de conserver à leur largeur le sens vertical, après étirage à 0,22 m de largeur sur 0,035 m à 0,040 m d'épaisseur. Elle représentait en poids le cinquième environ de la masse totale, de façon que, sur la section du rail fini, l'épaisseur de la surface de roulement ait au moins 0,02 m.

- Le paquetage pour rails à double champignon. - Pour le paquet de rail à double champignon, le fer des mises inférieure et supérieure devait être dur et résister à la compression.
- Le réchauffage. - Le réchauffage des paquets pour rails exigeait plus d'attention et de soins que celui des paquets pour fers marchands. Le fer à grain atteignant plus vite la température du blanc soudant que le fer à nerf et se refroidissant plus vite, on avait soin de chauffer les paquets, la lame à grain sur la sole; puis

on les retournait de manière à obtenir une chaude uniforme. Si la couverte de fer à grain n'avait pas été suffisamment chauffée, elle se détachait ou se déchirait sous les cylindres. Si les paquets avaient été trop chauffés, ils s'ouvraient dès la première cannelure. Le surchauffement était mis, du reste, en évidence par la manière dont les extrémités des rails étaient égrenées et par le nombre de criques qu'on pouvait signaler dans les congés des champignons.

Les fours à réchauffer qui desservaient les trains à rails étaient plus grands que les fours ordinaires. Une charge variait entre quatre et cinq paquets de 180 à 220 kilogrammes; on passait six à neuf charges par poste de douze heures.

- Le laminage. - Le service d'un laminoir à rails exigeait un personnel variable suivant les usines, mais qui comprenait habituellement de huit à dix hommes par poste de douze heures : un maître lamineur, un aide-lamineur, des ratrapeurs et de quatre à six releveurs, dont deux à l'avant et deux à quatre à l'arrière.

Le tracé des cannelures des cylindres à rails expliquait suffisamment la manière dont était conduit le laminage. Il était surtout important, dans les laminoirs à couvertes, que les pressions soient bien réparties; autrement la couverte ne pouvant passer au moment voulu, se refroidissait et se soudait mal. Il arrivait que des couvertes, bien soudées d'une mise à l'autre, étaient soudées transversalement dans une même mise.

Certaines forges avaient recours, au lieu de cages soudantes, au marteau-pilon pour opérer la soudure des paquets; elles agissaient par surpression et donnaient peu d'allongement; mais, à cause de leur faible vitesse, le paquet perdait sa température soudante avant la fin de l'opération. Le marteau-pilon avait l'inconvénient de séparer, par le contre-forgeage ou forgeage sur champ, les mises déjà soudées par le forgeage à plat.

Dans les grandes usines à rails, les trios et les duos à renversement avaient des releveurs qui doubleraient le nombre de passages dans un même temps, témoignant de l'importance attachée à un laminage rapide, pour que le fer se soude pendant qu'il possédait une haute température. C'est pour cette raison que l'on avait dans le finissage, un nombre plus grand de révolutions que pendant le dégrossissage du paquet.

On utilisait pour les gros rails des cylindres de 0,45 m à 0,50 m de diamètre ayant une table de 1,20 m à 1,40 m et faisant 55 à 65 révolutions par minute.

Examinons successivement comment s'opérait le laminage des différents profils de rails en fer.

Le laminage des rails ondulés. - Les paquets chauffés au blanc soudant très intense parcouraient successivement les 3 cannelures du dégrossisseur. Par ce moyen, on les transformait en carrés de 5 pouces de côté.

Les fers passaient ensuite dans une 4ème cannelure pour former des barres plates de 3 1/2 pouces de large et de 2 pouces d'épaisseur que l'on introduisait dans les 5ème et 6ème cannelures pour former le bourrelet.

Le rail passait ensuite dans le finisseur.

La cannelure du cylindre inférieur était à excentrique afin de produire les ondulations du rail. Les deux cannelures suivantes donnaient au rail des nervurés ou côtes de renfort.

- Le laminage des rails à un bourrelet, tels que ceux du gouvernement belge. - On utilisait deux méthodes de fabrications : dans l'une, on employait une cannelure sur champ, et dans l'autre on ne laminait que sur plat.

La première procurait une soudure plus parfaite et des surfaces plus nettes que la seconde.

Dans les trois premières cannelures, on laminait sur plat, dans la quatrième, le fer était laminé sur champ et mis par ce moyen à la hauteur voulue moins 3 mm environ; les deux cannelures suivantes étaient sur plat : la première servait à finir le rail à l'épaisseur qu'il devait avoir et la seconde à former le logement de la clavette.

- Le laminage des rails à deux bourrelets. - On n'employait que la cannelure sur plat, ordinairement creusée par moitié dans les deux cylindres. L'élargissement est considérable, parce que les deux cylindres travaillaient dans le milieu du paquet et tendaient à l'ouvrir.

Les bourrelets étaient comprimés dans toutes les cannelures pour qu'ils ne gercent pas.

Au commencement, les pressions étaient fortes sur le milieu et faibles sur les bourrelets, mais ces pressions se rapprochaient graduellement de l'égalité au cours des dernières passes.

Au sortir de la dernière cannelure, les rails étaient dressés et sciés à chaud.

- Le dressage. - Le dressage des rails se faisait à chaud en les frappant de quelques coups de maillet pendant qu'ils étaient sur le banc à dresser.
- Le sciage. - L'affranchissement aux deux bouts à la fois, ou alternativement à chaque bout se faisait au cours de la même chaude.
Aux deux extrémités de l'arbre des scies, et dans le prolongement de la dernière cannelure finisseuse, étaient disposés deux bancs de sciage : l'un entre le laminoir et la première scie, l'autre au delà de la seconde. Le rail amené sur le premier banc était affranchi d'un côté, puis poussé sur le second banc, muni d'un arrêt, qui déterminait exactement la position du second trait de scie.
- Le limage. - Le rail affranchi passait immédiatement aux limeurs à chaud et de là, aux presses à froid.
- Le dressage à froid. - Une paire de presses permettait de dresser 80 à 100 tonnes de rails par semaine.
- Le forage et l'ajustage. - Les rails étaient enfin percés et rabotés aux extrémités avec des appareils spéciaux.

On s'interdisait de réchauffer aucune partie des rails après le laminage, et de faire toutes réparations de criques, pailles, etc... , soit à chaud, soit à froid. Les trous destinés à recevoir les boulons d'éclisses ou les attaches sur les traverses, étaient parfaitement ébarbés. Un tracé remis aux fournisseurs indiquait leurs dimensions et leurs positions.

- Les défauts et moyens de les éviter. - L'expérience avait prouvé que les rails en fer périssaient toujours par la soudure imparfaite des éléments composant les paquets.

Après un temps plus ou moins long, le métal se désorganisait, les mises se séparaient, des lamelles très minces se détachaient du bourrelet qui s'exfoliait peu à peu.

La question du soudage de la couverte avec le paquet était des plus délicates, puisqu'une bonne soudure était la condition essentielle de la durée des rails. Peu importe, en effet, que le rail soit à grain ou à nerf, plus ou moins chauffé, etc.., si la couverte ne faisait pas corps avec lui. Dans ce cas, au bout de quelques mois, la couverte s'arrachait sur une épaisseur plus ou moins considérable par bandes entières, et laissait le rail hors de service. De sorte qu'un rail nerveux, pouvant au besoin fournir deux et trois ans de garantie, pouvait échapper à la responsabilité, tandis qu'un rail à grain, mais dessoudé par sa couverte, pouvait exiger un rebut immédiat.

La difficulté du soudage venait de ce que la couverte étant à grain, exigeait pour se souder, une température moins élevée que le fer nerveux qui constituait l'âme. Si donc on chauffait extrêmement le paquet pour que l'âme puisse se souder à blanc avec la couverte, celle-ci se brûlait ou se criquait et le rail devenait cassant.

On avait d'ailleurs remarqué que lorsque la chaude était bien suante, le moindre retard du lamineur faisait brûler la surface des paquets sur une petite profondeur, et les bords des mises devenaient assez aigres pour ne plus vouloir se souder. Le paquet, porté alors au laminoir, en sortait avec des mises très apparentes, bien que l'intérieur était fortement soudé. L'aspect extérieur du rail n'apprenait donc rien de bien exact sur sa qualité.

Une autre cause qui s'opposait à la soudure de la couverte tenait à ce qu'elle était composée de mises de fer brut, réchauffé et laminé plusieurs fois. Or, on ne peut bien souder que des fers ayant été corroyés un même nombre de fois.

Enfin, la couverte étant plus épaisse que les mises inférieures, ne s'infléchissait pas aussi bien au laminoir, et les mises pouvaient laisser des vides entre elles; ou bien elles s'allongeaient moins et produisaient un glissement au point de jonction.

1.2.3. Le rail en acier BESSEMER

1.2.3.1. Généralités

L'invention de Sir Henry BESSEMER, en 1855, vint sceller le sort du fer puddlé, car il permettait de laminer des rails hors d'un lopin homogène.

Le procédé BESSEMER avait pour base l'action directe de l'air comprimé sur la fonte liquide.

Le brassage et les combustions que le courant d'air déterminé, transforment certaines fontes (à propension aciéreuse qui ne se trouvaient qu'en Angleterre) en un métal qui présente les propriétés caractéristiques de "l'acier fondu".

L'opération s'exécutait dans un appareil spécial semblable à une cornue et appelé "convertisseur".

Après l'introduction de la fonte liquide, l'air était distribué à la pression convenable par une série de tuyères qui débouchaient sous la fonte, de manière à la traverser en totalité. La masse métallique en élaboration

tion restait liquide pendant toute la durée du passage de l'air. On prolongeait l'action du courant d'air jusqu'à ce que la fonte se soit transformée en une sorte de fer suraffiné ou brûlé : ce produit, non étirable et sans applications, était immédiatement transformé en acier au moyen d'une addition de fonte miroitante (Spiegeleisen). La combinaison des deux espèces de fer se faisait avec une vivacité extraordinaire, sans que les ouvriers aient besoin d'y contribuer par aucun travail, et au bout de quelques secondes, le tout se trouvait converti en une masse homogène d'acier liquide.

L'acier produit était ordinairement coulé en lingots que l'on façonnait en objets divers dans des forges par le martelage et le laminage.

Grâce à ce nouveau procédé de grandes quantités d'acier homogène dénommé "acier fondu" pouvaient être élaborées dans les différentes nuances demandées par l'industrie de la construction.

Le chemin de fer de l'Etat belge acquit à Sheffield dès 1862, les premiers rails à double bourrelet en acier BESSEMER.

C'est à partir de 1871 que l'on a fabriqué en Belgique des rails Vignole de 37 kg/m en acier BESSEMER qui ont été mis en oeuvre sur le réseau belge.

L'usine BESSEMER de Seraing comptait deux convertisseurs, l'un de trois et l'autre de cinq ou six tonnes.

1.2.3.2. Conduite du laminage

A Seraing, les rails en acier BESSEMER se fabriquaient en deux chaudes dont l'une servait pour le martelage des blocs et l'autre pour le laminage des pièces. Il y avait deux équipages de cylindres, l'un pour dégrossir et l'autre pour finir. La paire de dégrossisseurs portait 7 cannelures et la paire de finisseurs 6; total des cannelures 13, comme au train à rails en fer de la même usine. Sauf la première cannelure, dans laquelle on faisait quelquefois passer deux fois la pièce, toutes les autres ne servaient qu'une fois pour chaque rail. On employait pour les rails en acier 8 cannelures sur champ, dont 4 se trouvaient dans les dégrossisseurs et 4 dans les finisseurs. A Seraing, aucun rail ne tombait au rebut. Le dressage, l'ajustage, le perçage, en un mot tout le finissage à froid, se faisaient comme pour le fer, mais avec des outils plus forts et par six ouvriers. On finissait un rail à froid en 5 minutes de temps, mais l'em-

ploi de deux fraises, au lieu d'une, permettrait de diminuer beaucoup ce temps.

Lors de l'édification des nouvelles aciéries BESSEMER de la Société COCKERILL, on se décida en faveur de l'application du laminoir réversible.

Le train réversible fut mis en marche en 1875 et put produire 365 tonnes de rails par jour avec un personnel réduit.

Il en était résulté une baisse considérable du prix de revient du rail en acier qui revenait dès 1880 moins cher que le rail en fer (149,39 F/t) et le supplanta définitivement.

1.2.4. Le rail en acier THOMAS

L'invention en 1878 de l'anglais Gilchrist THOMAS, permit d'éliminer le phosphore de la fonte, valorisant ainsi les minettes phosphoreuses de Lorraine.

Ce nouveau procédé présentait les avantages du procédé BESSEMER en ce qui concerne la rapidité du mode d'affinage de la fonte et permettait l'utilisation des minerais lorrains qui ne trouvaient pas de débouchés antérieurement (d'où le nom de petites mines = minettes).

C'est au départ de cette invention que la région lorraine allait connaître dès la fin du siècle dernier l'essor que l'on connaît par le développement de sa sidérurgie ainsi que de la nôtre.

Les usines d'Angleur et de Thy-le-Château équipées de convertisseurs Thomas dès 1879, fournirent en 1898, à l'Etat belge les premiers rails en acier Thomas.

Les fournitures exécutées suivant ce procédé s'échelonnèrent jusqu'après la deuxième guerre mondiale.

1.2.5. Le rail en acier soufflé à l'air enrichi et à l'oxygène pur

Les améliorations du procédé Thomas par le soufflage d'air enrichi jusqu'à un taux d'oxygène d'environ 30% (au lieu de 21% qui est la proportion normale dans l'atmosphère) y mirent un terme et dès 1945, nos aciéries adoptèrent ce nouveau moyen d'élaboration pour l'acier à rail.

Le désir d'utiliser l'oxygène pur comme fluide de soufflage au lieu d'air enrichi a fait naître, dès 1950, les procédés modernes d'affinage de la fonte phosphoreuse ou hématite.

On peut distinguer :

Les procédés d'affinage en cuve, parmi lesquels nous citons :

- Les procédés à lance verticale tels que le LD (Linz Donawitz) travaillant les fontes hématites, et le LDAC (Linz Donawitz Arbed CNRM) mis au point pour permettre l'affinage des fontes phosphoreuses (provenant des minettes lorraines).
- Les procédés à lance inclinée, tels que le Kaldo et le four tandem.
- Le procédé par soufflage d'oxygène pur par le fond, OBM (Oxygène, Bodem, Maximilianshütte) qui a remplacé les derniers convertisseurs Thomas.

1.2.6. Les rails en aciers élaborés par des procédés d'affinage sur sole

- Le procédé Martin, qui est le plus ancien (1865) et dont le lit de fusion était primitivement constitué de ferrailles et de fonte solide était principalement utilisé pour l'élaboration d'acier à rails en Angleterre, aux Etats-Unis et au Canada.
- Le four électrique à l'arc traitant des ferrailles, permet l'obtention d'aciers de qualité et est toujours utilisé de nos jours pour l'élaboration d'aciers à rails de qualités spéciales.
(Le premier acier électrique a été élaboré en 1879 par Wilhelm SIEMENS)

1.2.7. L'acier à rail élaboré actuellement pour les fabrications destinées à la S.N.C.B

Les aciers à rails de qualité ordinaire sont élaborés dans des convertisseurs OBM ou LDAC tandis que les nuances de qualités spéciales le sont au four électrique.

Nous décrirons plus loin et plus en détail ces deux procédés.

L'ART DE FABRIQUER LE FER AU GRAND DUCHE DE LUXEMBOURG.

Des découvertes archéologiques ont révélé que l'art de fabriquer du fer a déjà existé sur l'actuel territoire du Grand-Duché de Luxembourg aux époques celtique et gallo-romaine. On a par ailleurs retrouvé d'antiques galeries creusées dans les couches les plus riches des gisements de minerai de fer oolithiques du sud du pays. Peu à peu, l'exploitation de ces gisements, prolongeant ceux de Lorraine, tomba cependant complètement dans l'oubli.

Par contre, les minerais d'alluvions, dont les gisements sont disséminés à travers une partie du pays et qui étaient plus faciles à traiter, furent mis à profit par les habitants de la région. Des forges s'établirent aux endroits les plus favorablement situés et principalement au centre du pays.

Elles furent remplacées par des usines plus modernes qui vinrent s'établir à proximité des gisements de minette. En 1870, la Société en commandite des Forges d'Eich et la Société des Mines du Luxembourg et Forges de Sarrebruck construisirent à Esch-sur-Alzette les premiers hauts fourneaux du bassin minier. Depuis, les constructions de nouveaux complexes se sont succédé.

Mais le véritable début de la métallurgie luxembourgeoise ne se place que vers le milieu du siècle dernier, lorsque la Société Auguste Metz et Cie prit conscience de l'intérêt que pouvaient présenter les importants gisements de minerai de fer du sud du pays. Cette société fut la première à ouvrir des exploitations de minette et à en entreprendre le traitement au haut fourneau.

Cette expérience ne fut toutefois pas concluante, vu l'absence de chemin de fer et le coût trop élevé du transport par route. Et c'est en grande partie pour cette raison que les anciennes forges du centre du pays perdirent peu à peu de leur importance.

Cependant, la jeune industrie eut à surmonter bien des difficultés. D'abord, la crise générale de 1873-1874 lui imposa une rude épreuve, mais le péril le plus grave et qui pouvait être mortel était d'ordre technique. En effet, la sidérurgie luxembourgeoise ne produisait que de la fonte phosphoreuse provenant des minettes du pays. C'est alors, en 1878, que l'Anglais Sidney Gilchrist Thomas fit connaître son procédé de déphosphoration. Le 21 avril 1879, la Société des Forges d'Eich acquit la première licence d'exploitation de ce procédé pour le continent.

En 1882, cette société et la Société Anonyme des Mines du Luxembourg et Forges de Sarrebruck s'unirent pour constituer, en vue de l'exploitation du procédé Thomas, la Société des Hauts Fourneaux et Forges de Dudelange. Et c'est à Dudelange que fut soufflée, le 15 avril 1886, la première charge d'acier Thomas, date mémorable qui devait marquer la magnifique évolution de la sidérurgie luxembourgeoise.

Alors que le nombre des hauts fourneaux s'accroissait, l'aciérie Thomas de Dudelange restait la seule du pays jusqu'au début de ce siècle.

Métallurgique des Terres Rouges (qui regroupe tous les établissements luxembourgeois (e.a. Belval) et lorrains ayant appartenu jusque-là à la société allemande "Rhein-Elbe Geisenkirchener Bergwerks A.G.").

- 1920**
Création du comptoir de vente COLUMETA.
Prise de participation dans Felten & Guillaume (Allemagne), TAMET (Argentine), Paul Wurth (Luxembourg) et les charbonnages de HelchterenZolder (Belgique).
- 1921**
Conclusion du contrat d'association avec Cia Siderúrgica Mineira et création de la Cia Siderúrgica Belgo-Mineira.
- 1937**
Absorption de la Métallurgique des Terres Rouges (Esch-Belval).
- 1953**
Absorption de la Clouterie et Tréfilerie des Flandres à Gentbrugge (Belgique).
- 1954**
Participation majoritaire dans la Mine de Terres Rouges.
- 1959**
Début de la production d'acier LD-AC à l'usine d'ARBED-Dudelange.
- 1962**
Participation de l'ARBED à la création de l'usine maritime de SIDMAR (Belgique).
- 1967**
Absorption de HADIR (aujourd'hui: ARBED, Divisions de Differdange et de St-Ingbert).
- 1968**
Regroupement des tréfileries de l'ARBED par la création de "ARBED-Felten & Guillaume Tréfileries Réunies", qui prit en 1974 la dénomination de TrefilARBED.
- 1970**
Absorption des sociétés minières Terres Rouges, Ferdinand et Errouville.
- 1971**
Prise de participation de 50 % dans le complexe sarrois "Stahlwerke Röchling-Burbach GmbH" (SRB) dans lequel a été apportée l'usine de Burbach.
- 1973**
Prise de participation dans la société des Ateliers KIHN S.à.r.l., Rumelange.
- 1974**
Création de "TrefilARBED" qui assure la gestion et la mise en valeur des divisions et filiales de l'ARBED dans le domaine de la tréfilerie.
Par l'intermédiaire de la société minière SAMITRI, constitution de SAMARCO ayant pour objet la mise en valeur d'exploitations minières au Brésil.
- 1975**
Participation au Brésil à la création de Belgo-Mineira-Bekaert-Artefatos de Arame (fils spéciaux pour pneumatiques).
- 1976**
Changement de la dénomination de COLUMETA en TradeARBED et harmonisation des dénominations de ses filiales étrangères.
- 1978**
Prise d'une participation de 25 % dans la Métallurgique et Mine de Rodange-Athus (MMR-A), au Luxembourg. Prise de participation directe de 98 % dans Röchling-Burbach, indirecte de 97 % dans Neunkirchen et de 32 % dans Dilling.
Adoption de l'ancienne dénomination abrégée "ARBED S.A." comme raison sociale officielle.

L'histoire de l'ARBED.

I. Les Forges d'Eich.

- 1838**
Fondation de la société en commandite "Auguste Metz & Cie".
- 1846 - 48**
Construction des deux premiers hauts fourneaux à Eich.
- 1865**
Transformation de la société "Auguste Metz & Cie" en société en commandite par actions sous la dénomination de Société des Forges d'Eich:
— construction des hauts fourneaux à coke de Dommeldange;
— constitution d'un domaine minier important en France et au Luxembourg.

1871
Construction en commun de quatre hauts fourneaux à Esch/Alzette par les Forges d'Eich et la Société Anonyme des Mines du Luxembourg et Forges de Sarrebruck.

1879
Acquisition par les Forges d'Eich des licences d'exploitation du procédé Thomas.

1882
Construction, en commun, à Dudelange, d'une première aciérie Thomas par la Société des Forges d'Eich et la Société des Mines du Luxembourg et Forges de Sarrebruck.

1904
Nouvelle dénomination de la société; Forges d'Eich "Le Gallais, Metz & Cie".

II. Les Mines de Luxembourg et Forges de Sarrebruck.

- 1856**
Acquisition des terrains de Burbach (Sarre) et constitution de la société en Participation des Forges de Sarrebruck.
- 1857 - 60**
Construction de l'usine de Burbach.

1862
Constitution de la Société Anonyme belge des Mines du Luxembourg et Forges de Sarrebruck.

1862 - 70
Constitution par la société d'un vaste domaine minier et développement des installations de Burbach.

1871
Construction, sous l'impulsion de M. Victor Tesch, de quatre hauts fourneaux à Esch/Alzette par la Société des Mines du Luxembourg et Forges de Sarrebruck en communauté avec la Société des Forges d'Eich.

III. Les Hauts Fourneaux et Forges de Dudelange.

- 1882**
Création, en vue de l'exploitation du procédé Thomas, de la Société des Hauts Fourneaux et Forges de Dudelange par la S.A. des Mines du Luxembourg et Forges de Sarrebruck en communauté avec les Forges d'Eich, et construction d'une première aciérie Thomas à Dudelange.

1886
La première charge Thomas est soufflée à Dudelange.

1897
Directeur: Emile Mayrisch.

IV. L'usine de Differdange.

1896
Constitution de la S.A. des Hauts Fourneaux de Differdange.

1898
Acquisition par cette même société de la licence pour la fabrication de poutrelles Grey.

1899
Fusion de la société avec le charbonnage westphalien Dannenbaum sous la raison sociale S.A. des Hauts Fourneaux et Charbonnages de Differdange-Dannenbaum.

1901
Reprise de cette dernière société par la Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- und Hütten A.G., Bochum, qui en fait sa division de Differdange.

1911
Entrée en communauté d'intérêts de cette société avec la S.A. des Hauts Fourneaux et Aciéries de Rumelange-St-Ingbert.

1920
Reprise par un consortium de sociétés françaises, belges et luxembourgeoises, la S.A. des Hauts Fourneaux et Aciéries de Differdange-St-Ingbert-Rumelange (HADIR), de la totalité des propriétés luxembourgeoises et sarroises de la Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- und Hütten A.G.

1922
Arrêt de la production de Rumelange.

1967
Absorption de HADIR par l'ARBED.

1911
Sous la dénomination "Aciéries Réunies de Burbach-Eich-Dudelange," en abrégé ARBED, la société est créée le 30 octobre 1911.
Cette fusion fut l'œuvre de deux hommes ayant une personnalité exceptionnelle: Emile Mayrisch et Gaston Barbanson.

Au moment de cette fusion, Emile Mayrisch était Directeur de la Société Anonyme des Hauts Fourneaux et Forges de Dudelange.
Lors de sa constitution en 1911, l'ARBED possédait 21 hauts fourneaux, 3 fours électriques, 2 aciéries et plusieurs laminoirs.
En 1912, la production d'acier brut de ses usines atteignit 824.500 tonnes.

1913
Démarrage des nouvelles installations des usines d'Esch-Schiffange et d'Esch-Belval. Communauté d'intérêts entre l'ARBED et les charbonnages d'Eschweiler (EBV).

1919
Fondation en commun par l'ARBED et la société française Schneider & Cie de la Société Métallurgique des Terres Rouges (qui regroupe tous les établissements luxembourgeois (e.a. Belval) et lorrains ayant appartenu jusque-là à la société allemande "Rhein-Elbe Geisenkirchener Bergwerks A.G. ").

1920
Création du comptoir de vente COLUMETA.
Prise de participation dans Felten & Guilleaume (Allemagne), TAMET (Argentine), Paul

L'ETUDE DES DIMENSIONS DU PROFIL

ANNEXE

Rapport présenté le 12 novembre 1839
par Monsieur le Ministre des Travaux Publics
aux Chambres Législatives concernant l'établissement
des premières lignes de Chemins de fer en Belgique

TRAVAUX PUBLICS

EN BELGIQUE.

CHEMINS DE FER ET ROUTES ORDINAIRES.

1830 — 1839.

RAPPORT PRÉSENTÉ AUX CHAMBRES LÉGISLATIVES,

LE 12 NOVEMBRE 1839,

PAR M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.



BRUXELLES,

V^o H. REMY, IMPRIMEUR DU ROI,

RUE NOTRE-DAME AUX NEIGES.

CHEMINS DE FER

ET ROUTES ORDINAIRES.

1830 - 1839.

SOMMAIRE DU RAPPORT.

SECTION I^{re}. — LIGNES DE CHEMINS DE FER DÉCRÉTÉES ; TRAVAUX DE ROUTES ORDINAIRES AUTORISÉS.

SECTION II. — MESURES FINANCIÈRES.

SECTION III. — COMPTE-RENDU.

A. Chemins de fer. — Construction.

- § 1^{er}. Aperçu de ce qui est fait et de ce qui reste à faire.
- § 2. Marchés : mode d'entreprise des terrassements et travaux d'art.
- § 3. Rails et accessoires.
- § 4. Matériel d'exploitation : locomotives, voitures.
- § 5. Stations.
- § 6. Personnel.
- § 7. Acomptes payés durant l'hiver de 1838-1839, sur plusieurs marchés.
- § 8. Emploi des fonds votés par la législature.

B. Chemins de fer. — Exploitation.

- § 9. Administration.
- § 10. Dépenses d'exploitation.
- § 11. Recettes.

C. Routes ordinaires.

- § 12. Emploi des crédits des 6 et 2 millions et de l'excédant du produit des barrières depuis 1831.

SECTION IV. — RÉCAPITULATION.

SECTION I^{re},

LIGNES DE CHEMINS DE FER DÉCRÉTÉES ; TRAVAUX DE ROUTES ORDINAIRES AUTORISÉS.

CHEMINS DE FER.

La proposition faite aux Chambres par le gouvernement, le 19 juin 1833, et qui a conduit à l'adoption de la loi du 1^{er} mai 1834, avait pour objet l'établissement d'un chemin de fer, partant de Malines et se dirigeant sur Verviers, par Louvain, Tirlemont et Liège, avec embranchements sur Bruxelles, Anvers et Ostende.

Le gouvernement se bornait à la demande de fonds pour la première partie de la route, comprenant la ligne de Malines à Verviers, ainsi que les embranchements sur Bruxelles et Anvers; l'exécution de la ligne d'Ostende, bien qu'arrêtée en principe, restant provisoirement ajournée.

Au projet du gouvernement, la section centrale de la Chambre des Représentants substitua un contre-projet, comprenant, comme extension et complément du système qui lui était proposé, une branche de Bruxelles aux frontières de France et le prolongement de la voie principale, de Verviers à la frontière de Prusse; il devait y avoir simultanéité d'exécution.

La loi du 1^{er} mai 1834, basée sur le contre-projet de la section centrale, porte qu'il sera établi dans le royaume, un système de chemins de fer, ayant pour point central Malines, et se dirigeant :

A l'est, vers la frontière de Prusse, par Louvain, Liège et Verviers;

Au nord, sur Anvers;

A l'ouest, sur Ostende par Termonde, Gand et Bruges, et

Au midi, sur Bruxelles et vers les frontières de France, par le Hainaut.

Les lignes ainsi décrétées en principe par la loi du 1^{er} mai 1834, et dont la législature a laissé au gouvernement le soin de déterminer le détail des tracés, présentent le développement suivant :

		LONGUEURS EN MÈTRES.	
		PAR SECTION.	PAR LIGNE.
LIGNE DE L'EST.	Section de Malines à Louvain	23,750	136,365.
	Embranchement de la station de Louvain aux bassins du canal	943	
	Section de Louvain à Tirlemont	17,750	
	Id. de Tirlemont à Waremme	27,200	
	Id. de Waremme à Ans, près de Liège	18,900	
	Id. d'Ans à la Meuse (plans inclinés)	6,627	
	Branche à établir le long des quais de la Meuse à Liège (environ)	2,000	
	Pont sur la Meuse, au Val-Benoît.	150	
	Section de la Meuse à Pepinster	20,043	
	Id. de Pepinster à Verviers	4,000	
Id. de Verviers à la frontière de Prusse (environ).	15,000		
LIGNE DU NORD.	Section de Malines à Anvers.	23,500	25,500
	Prolongement de la voie vers l'Escaut (environ)	2,000	
LIGNE DE L'OUEST.	Section de Malines à Termonde	26,700	127,111
	Id. de Termonde à Gand	30,500	
	Id. de Gand à Bruges	44,500	
	Id. de Bruges à Ostende	23,500	
	Station intérieure d'Ostende et prolongement de la voie jusqu'aux bassins	1,911	
LIGNE DU MIDI.	Section de Malines à Bruxelles	20,300	108,132
	Branche de raccordement de la nouvelle division de la station du Nord, à Bruxelles	2,010	
	Branche de raccordement entre les stations du nord et du midi, à Bruxelles	3,500	
	Section de Bruxelles à Tubize	20,265	
	Id. de Tubize à Soignies	17,106	
	Id. de Soignies à Mons	25,420	
Id. de Mons à Quiévrain	19,531		
Total			397,106

Ce qui correspond à $79 \frac{1}{2}$ lieues de 5,000 mètres.

En mai 1837, le gouvernement, pour faire droit à une réserve mise à la loi sur les concessions, proposa aux Chambres l'adjonction au système des chemins de fer, arrêtés par la loi du 1^{er} mai 1834, de la ligne de Gand à la frontière de France, par Courtray, avec embranchement sur Tournay.

Cette proposition conduisit à l'adoption de la loi du 26 mai 1837, qui décrète :

D'abord, le chemin de fer de Gand à la frontière de France et à Tournay, par Courtray, conformément à la proposition du gouvernement, et,

En second lieu, par extension de la proposition du gouvernement, les branches :

De Namur,

Du Limbourg

Et du Luxembourg,

avec cette réserve que, pour le Luxembourg, le tracé sera fixé par une loi ultérieure.

Les lignes décrétées par la loi du 26 mai 1837, présentent le développement suivant :

	LONGUEURS EN MÈTRES.	
	PAR SECTION.	PAR LIGNE.
<i>Ligne de Gand à la frontière de France et à Tournay par Courtray.</i>		
Section de Gand à Deynze-Petegem	15,274	} 75,100
Id. de Deynze-Petegem à Courtray.	26,615	
Id. de Courtray par Mouscron à la frontière de France	15,299	
Id. de Tournay à la frontière	17,912	
<i>Ligne de Namur.</i>		
Jonction de la station de Namur avec la Meuse	1,574	} 66,074
Section de Namur à Mornimont	14,500	
Id. de Mornimont à Braine-le-Comte	50,000	
<i>Ligne du Limbourg.</i>		
Section de Landen à St-Trond.	10,802	10,802
Total.		151,976

Ce qui correspond à $30 \frac{1}{2}$ lieues de 5,000 mètres, non compris l'embranchement du Luxembourg.

Récapitulation des lignes décrétées.

Loi du 1 ^{er} mai 1834	397,106 mètres.
Loi du 26 mai 1837	<u>151,976</u> »
Total	549,082 »

Ou, en nombre rond, 110 lieues de 5,000 mètres.

ROUTES.

Pour les chemins de fer, ainsi qu'on l'a vu, les lignes sont spécialement décrétées par la législature; le chiffre de la dépense restant toutefois indéterminé.

Pour les routes, on a déterminé un chiffre de dépense, sans indiquer de lignes.

Deux crédits ont été ouverts pour les routes :

1 ^o Loi du 2 mai 1836	fr. 6,000,000
2 ^o Loi du 1 ^{er} juin 1838	<u>2,000,000</u>
Total	8,000,000

Ces crédits sont mis à la disposition du gouvernement, indépendamment de l'excédant annuel du produit des barrières.

	10,374
	26,019
74,100	12,330
	17,012
	1,374
80,374	14,500
	50,000
	10,303
151,976	

SECTION III.

COMPTE-RENDU.

A. Chemins de fer. — Construction.

§ 1^{er}.

Aperçu de ce qui est fait et de ce qui reste à faire.

Afin de faire connaître, d'une manière sommaire et facilement appréciable, le degré d'avancement des travaux du chemin de fer, il a paru convenable de dresser le tableau suivant, indiquant, section par section :

- 1° La longueur des lignes décrétées ;
- 2° La longueur des lignes livrées à la circulation ;
- 3° La longueur des lignes en cours d'exécution ;
- 4° La longueur des lignes restant à exécuter, c'est-à-dire, sur lesquelles les travaux ne sont pas encore commencés.

SITUATION DES TRAVAUX DU CHEMIN DE FER.

		DÉCRÉTÉ.		
		LONGUEUR EN MÈTRES.		
		PAR SECTION.	PAR LIGNE.	
Loi du 1^{er} mai 1834.				
<i>Ligne de l'Est</i>	}	Section de Malines à Louvain	23,750	} 136,363
		Embranchement de la station de Louvain aux bassins du canal	943	
		Section de Louvain à Tirlemont	17,750	
		Id. de Tirlemont à Waremme	27,200	
		Id. de Waremme à Ans, près de Liège	18,900	
		Id. d'Ans à la Meuse (plans inclinés)	6,627	
		Branche à établir le long des quais de la Meuse à Liège (environ).	2,000	
		Pont sur la Meuse au Val-Benoît	150	
<i>Ligne du Nord</i>	}	Section de la Meuse à Pepinster	20,043	} 25,500
		Id. de Pepinster à Verviers	4,000	
		Id. de Verviers à la frontière de Prusse (environ)	15,000	
		Section de Malines à Anvers	23,500	
<i>Ligne de l'Ouest</i>	}	Prolongement de la voie vers l'Escaut (environ).	2,000	} 127,111
		Section de Malines à Termonde	26,700	
		Id. de Termonde à Gand	30,500	
		Id. de Gand à Bruges	44,500	
		Id. de Bruges à Ostende	23,500	
<i>Ligne du Midi</i>	}	Station intérieure d'Ostende et prolongement de la voie jusqu'aux bassins	1,911	} 108,132
		Section de Malines à Bruxelles	20,300	
		Branche de raccordement de la nouvelle division de la station du Nord à Bruxelles	2,010	
		Branche de raccordement entre la station du Nord et du Midi à Bruxelles.	3,500	
		Section de Bruxelles à Tubize.	20,265	
		Id. de Tubize à Soignies	17,106	
		Id. de Soignies à Mons.	25,420	
Id. de Mons à Quiévrain	19,531			
TOTAUX				397,106
Loi du 26 mai 1837.				
<i>Ligne de Gand à la frontière de France et à Tournay, par Courtray.</i>	}	Section de Gand à Deynze-Petegem.	(f) 15,274	} 75,100
		Id. de Deynze-Petegem à Courtray.	26,615	
		Id. de Courtray à la frontière de France	15,299	
		Id. de Tournay à la frontière	17,912	
<i>Ligne de Namur</i>	}	Embranchement de la Meuse à la station de Namur	1,574	} 66,074
		Section de Namur à Mornimont	14,500	
		Id. de Mornimont à Braine-le-Comte	50,000	
<i>Ligne du Limbourg.</i>		Section de Landen à St-Trond	10,802	10,802
<i>Embranchement du Luxembourg (pour mémoire)</i>				
TOTAUX				151,976
RÉCAPITULATION.				
Loi du 1 ^{er} mai 1834				397,106
Loi du 26 mai 1837				151,976
TOTAUX GÉNÉRAUX.				549,082

(Tableau n° I.)

LIVRÉ A LA CIRCULATION.		EN COURS D'EXÉCUTION.		RESTANT A EXÉCUTER.		OBSERVATIONS.	
LONGUEUR EN MÈTRES.		LONGUEUR EN MÈTRES.		LONGUEUR EN MÈTRES.			
PAR SECTION.	PAR LIGNE.	PAR SECTION.	PAR LIGNE.	PAR SECTION.	PAR LIGNE.		
23,750	87,600	.	6,672	(a) 943	41,986	(a) L'adjudication aura lieu le 20 novembre 1839. Mais la jonction, qui en fait l'objet, est considérée comme insuffisante par les autorités locales.	
17,750		.		.			.
27,200		.		.			.
18,900		.		.			.
.		.		150			.
.		.		.			(b) 20,043
.		.		.			4,000
.		.		.			15,000
23,500		.		.			.
.		.		.			2,000
26,700	125,200	.	1,911	.	2,000	(b) L'adjudication aura lieu le 20 novembre 1839.	
30,500		.		.			.
44,500		.		.			.
23,500		.		.			.
20,300	.	.	.	.	2,010	(c) Les travaux de cette section sont presque achevés.	
.	.	.	.				
.	20,300	(c) 20,265	20,265	3,500			67,567
.	.	.	.	(d) 17,106			(d) Les travaux viennent d'être adjugés, de Tubize à Hennuyères, sur une longueur de 5,783 mètr.
.	.	.	.	(e) 25,420			
.	.	.	.	19,531	(e) L'adjudication aura lieu le 18 décembre 1839, pour la partie de Soignies à Jurbize, sur une longueur de 13,269 mètr.		
.....	256,600	.....	28,953	.....		111,553	
15,274	41,889	.	.	.	33,211	(f) La longueur de la section est de 17,175 mètr., en y comprenant une partie de 1,901 mètr. commune aux sections de Gand à Deynze et de Gand à Bruges.	
26,615		.		.			15,299
.		.		.			17,912
.	.	.	14,500	14,500	1,574	51,574	
.	.	.	.	50,000			
10,802	10,802	.	.	.	.
.....	52,691	.....	14,500	.....	84,785		
.....	256,600	.....	28,953	.....	111,553		
.....	52,691	.....	14,500	.....	84,785		
.....	309,291	.....	43,453	.....	196,338		

Il résulte de ce tableau que, sur les 549 kilomètres (110 lieues) de lignes décrétées en mai 1834 et en mai 1837, 309 kilomètres, ou 62 lieues, sont déjà en pleine exploitation.

Il est en outre à remarquer :

1° Que les travaux en cours d'exécution, pour le moment, sur une longueur de $43\frac{1}{2}$ kilomètres, comprennent la construction de la station intérieure d'Ostende, l'établissement des plans inclinés de Liège, le grand pont sur la Meuse et l'achèvement de la section de Bruxelles à Tubize;

2° Que presque toutes les études définitives sont faites, pour le restant des lignes décrétées; que la plupart des grandes questions, causes de retards, sont décidées; que de nouvelles adjudications sont annoncées ou vont l'être; l'une des plus importantes, celle de la ligne de la Meuse à Pepinster est fixée au 20 novembre et sera immédiatement suivie de celle de la ligne de Pepinster à la frontière de Prusse.

§ 2.

Marchés ; mode d'entreprise des terrassements et ouvrages d'art.

La première question qui s'est présentée, en 1834, lorsqu'il s'est agi de l'exécution, est celle de savoir si l'on adjudgerait les sections du chemin de fer, comme cela a lieu ordinairement pour les sections de route, en une seule entreprise, comprenant la fourniture de tous les matériaux et leur mise en œuvre.

Cette question a été résolue négativement ; l'on a, en conséquence, subdivisé chaque section (main-d'œuvre et matériaux), en plusieurs entreprises distinctes et l'on a passé des marchés séparés :

- Pour les terrassements et ouvrages d'art ;
- Pour la fourniture des billes de support ;
- Pour les fers du rail-way (rails, coussinets, chevilles et clavettes) ;
- Pour la pose et la fondation du rail-way.

Quelquefois même les entreprises de ce dernier genre ont été subdivisées, le gouvernement fournissant le sable ou le gravier.

Les terrassements et ouvrages d'art ont été adjudgés d'abord sur bordereau de prix et ensuite par marchés en bloc et à forfait.

Les billes de fondation ont été adjudgées par marchés en bloc, comprenant 1,000, 2,000 et quelquefois 3,000 pièces.

Les fers ont été donnés en entreprise, dans le principe, par quantités assez considérables (1,000 ou 2,000 tonneaux par exemple), et, ensuite, par quantités moindres.

Dans chaque marché de fers, on a compris, dans le principe, les coussinets, les chevilles et clavettes. (*Voir le § 3.*)

Les prix ont été déterminés par tonneau de 1,000 kilog. pour le fer étiré (rails), le fer de fonte (coussinets) et le fer forgé (chevilles et clavettes).

La division en entreprises séparées, d'après les distinctions qui viennent d'être indiquées, a été généralement conservée jusqu'à présent.

Mais les conditions des entreprises de terrassements et ouvrages d'art se sont modifiées.

Dans le principe, les adjudications de travaux de cette espèce ont dû se faire sur de simples avant-projets et au bordereau de prix ; on mettait en adjudication, non les ouvrages à faire, mais la série de prix qui devait servir à en établir le décompte ; la moindre soumission résultait de l'application des prix de chaque concurrent aux quantités présumées des avant-projets, quantités tenues secrètes pour les premières adjudications, et rendues publiques pour les suivantes.

Cette marche fut modifiée d'abord :

1° En ce que les projets furent complètement étudiés et arrêtés préalablement à l'adjudication, ce qui permettait de préciser davantage les travaux à faire ;

(Tableau n° II.)

CAHIER DES CHARGES.		INDICATION DE L'ENTREPRISE.	MONTANT DE L'ESTIMATION.	MONTANT DE L'ENTREPRISE.	ADJUDICATAIRES.
N°	APPROUVÉ LE				
.	2 février 1838.	Terrassements, de Forest à Tubize, section de Bruxelles à Tubize . . .	123,295 48	112,198 88	N. Deltenre.
.	23 mai 1838.	Terrassements et ouvrages d'art de la section de Landen à St-Trond . . .	366,120 87	344,345 00	P. Schaken.
.	12 novembre 1838.	Terrassements et travaux d'art de la section d'Ans à la Meuse	1,335,282 43	1,184,063 85	H. Borguet.
3	5 janvier 1839.	Terrassements et ouvrages d'art, de Lembecq à Tubize, section de Bruxelles à Tubize	177,700 69	177,700 69	Deltenre, Dupont et Guilmot.
4	10 janvier 1839.	Construction d'un pont sur la Meuse au Val-Benoit	1,155,000 00	1,019,000 00	M. Franck.
11	13 janvier 1839.	Terrassements et ouvrages d'art, depuis le pavé du Nieuwe Molen jusqu'à Forest, section de Bruxelles à Tubize.	56,561 17	58,700 00	Van Overbeke.
21	9 mars 1839.	Terrassements et travaux d'art de la section de Namur à Mornimont . .	576,925 20	528,679 00	P. Schaken.
22	9 mars 1839.	Travaux de pose du railway (voie principale), sur la section de Deynze-Petegem à Courtray	444,900 00	414,000 00	B. Parent.
31	4 avril 1839.	Travaux de pose de la voie d'évitement, de Malines à Cappelle et de Malines à Haegt.	236,000 00	189,050 00	Jacobs-Danhieux et Blomme.
33	6 avril 1839.	Travaux de clôture de la station des Bogards; construction de murs de soutènement.	52,053 04	54,900 00	Belot.
38	20 avril 1839.	Travaux de pose du rail-way (voie principale) sur la section de Gand à Deynze-Petegem	172,300 00	168,854 00	B. Parent.
39	20 avril 1839.	Fourniture de 12,000 mètr. cubes de sable, pour les travaux de pose du rail-way, sur la section de Gand à Courtray	163,200 00	117,500 00	R. De Boom.
48	2 mai 1839.	Terrassements et ouvrages d'art de la branche destinée à pénétrer dans la ville d'Ostende	181,348 18	196,000 00	J.-F. Bogaert.
54	16 mai 1839.	Terrassements des lacunes, ouvrages d'art, dérivations de la Sambre, etc., à exécuter sur la section de Namur à Mornimont.	449,036 89	510,000 00	P. Schaken.
66	7 juin 1839.	Achèvement du remblai de la station des Bogards	116,148 18	107,980 00	Machiels.
70	10 juin 1839.	Terrassements et ouvrages d'art pour le parachèvement des sections de Tirlemont à Ans	746,073 61	647,000 00	Beaulieu.
87	15 juillet 1839.	Construction d'un mur d'enceinte à l'est de la station des Bogards . .	31,445 54	26,945 00	Belot.
97	20 juillet 1839.	Travaux de pose de la voie d'évitement, de Termonde à Buggenhout, de Termonde à Audeghem et de Gand à Melle.	171,482 60	156,139 00	R. De Boom.
119	9 octobre 1839.	Terrassements et ouvrages d'art de la section de Tubize à Hennuyères . .	374,751 79	299,000 00	E. Riche.
			6,929,625 67	6,312,055 42	

2° En ce que l'administration établissait elle-même une série de prix, sur laquelle les rabais de l'adjudication devaient porter uniformément, par quotités de 1, 2, 3, etc., pour cent. C'est ce rabais sur l'ensemble des prix de l'administration, qui indiquait le moindre soumissionnaire.

Les travaux des deux sections, de Gand à Courtray, ont été adjugés d'après ce dernier principe.

L'expérience acquise, tant par l'administration que par les entrepreneurs, permettait d'aller plus loin encore, en substituant au marché à bordereau de prix le marché en bloc.

Toutefois, en revenant à ce système, depuis longtemps en usage pour les travaux ordinaires des ponts et chaussées, j'y ai introduit une modification importante, qui consiste à conserver le bordereau de prix comme mode exceptionnel de règlement de compte, applicable aux quantités en plus ou en moins, à résulter éventuellement de modifications dont l'opportunité serait reconnue durant l'exécution, et *qu'il appartient au ministre seul d'ordonner*.

Ce système exige la formation préalable de tous les plans d'exécution et la description complète des ouvrages.

Il nécessite, de la part de l'entrepreneur, l'obligation d'exécuter les travaux décrits, pour un prix en bloc, déterminé à l'avance d'une manière invariable, l'entrepreneur étant censé s'être assuré de l'exactitude des indications du cahier des charges, au moyen de vérifications locales, de calculs et de l'étude des plans.

Toutes quantités en plus ou en moins, à résulter de l'exécution des travaux décrits, ne donnent lieu à aucun règlement de compte, ni au profit de l'État, ni au profit de l'entrepreneur.

Indépendamment de deux cautions personnelles, qui s'engagent solidairement comme entrepreneurs principaux, les cahiers des charges exigent un cautionnement réel, en numéraire, en bons du trésor ou en obligations des emprunts nationaux.

Il a paru enfin nécessaire de réserver à l'administration une grande latitude en ce qui concerne l'approbation de l'adjudication. Il est généralement stipulé que le ministre n'est pas tenu de motiver le choix qu'il fait entre les concurrents à l'adjudication, qu'il lui est loisible d'écarter les soumissions les plus basses et d'adopter de préférence une soumission dont les prix seraient plus élevés; latitude toutefois dont il faut user sobrement.

Le tableau suivant, n° II, fait connaître les entreprises qui ont été adjugées d'après ces principes et donne l'indication comparative des estimations et des prix auxquels les travaux ont été entrepris.

L'on a obtenu, en moyenne, un rabais d'environ 9 p. % sur les estimations des projets définitifs.

On voit que ces résultats sont très satisfaisants; nous devons ajouter que ces travaux s'exécutent avec la plus parfaite régularité, grâce à l'espèce de précision qui caractérise les cahiers des charges rédigés à la suite des plus minutieuses études.

§ 3.

Rails et accessoires.

Les rails mis en œuvre au chemin de fer sont de deux modèles :

- 1° Rails subondulés ;
- 2° Rails parallèles.

Rails subondulés.

Les barres de 4^m,57 de longueur, sont divisées en cinq portées, chacune de 0^m,914 (un *yard*).

Dans leur avant-projet (*Mémoire* de 1833), MM. Simons et De Ridder annonçaient l'intention de faire usage de barres de 35 livres (17 kilog. par mètr. courant), le prix des rails étant à cette époque présumé devoir être de 400 fr. par tonneau.

Ce prix n'ayant pas été atteint, le poids a pu être proportionnellement augmenté.

Pour la première adjudication, la fourniture, divisée en deux lots, comprenait des barres de 80 et de 90 kilog. (17.50 et 19.70 par mètre courant d'ornière); aux adjudications suivantes, le modèle de 80 kilog. fut abandonné; depuis la fin de 1836, le poids est porté à 98 kilog. par barre, c'est-à-dire à 21.70 kilog. par mètre courant d'ornière.

Le poids des coussinets a suivi la même progression.

Dans le cahier des charges, pour la première adjudication en 1834, il était réglé ainsi qu'il suit :

	Coussinets d'about.	Coussinets intermédiaires.
Pour les barres de 80 kilog.	6.33	5.66
Id. de 90 id.	7.25	6.33

En 1835, pour une adjudication comprenant exclusivement des barres de 90 kilog., le poids des coussinets fut porté à 7.40, pour les grands, et à 6.80. pour les petits.

Il fut enfin porté à 9.25, pour les grands, et à 7.50, pour les petits.

Rails parallèles.

Sur la proposition des ingénieurs chargés de l'établissement des lignes de Gand vers Lille et Tournay, et de Bruxelles vers Mons et Namur, le département des travaux publics adopta, pour ces lignes, l'emploi de rails parallèles. En Angleterre, d'ailleurs, il n'est pas rare de trouver, sur la même ligne, les deux sortes de rails.

On emploie les rails parallèles, de même que les rails subondulés, par longueurs de cinq portées, et, de même, on tolère de 2 à 3 pour cent de rails de quatre portées et autant de rails de 6 portées.

La portée du rail ondulé est, ainsi qu'on la vu, de 0^m,914; celle du rail parallèle, a été réduite à 0^m,90.

Le poids du rail parallèle varie de 25 à 26 kilog. par mètre courant.

Les coussinets pour rails parallèles, ont les poids suivants :

Coussinets d'about 10.25 à 11.00 kil.

Id. intermédiaires 8.75 à 9.50

A l'exception d'une quantité de 200 tonneaux, acquise en Angleterre en 1834, pour servir de modèles et de moyen de comparaison, tous les rails ont été fournis par les industriels du pays.

Jusqu'en 1838, la totalité des rails a été commandée par marchés directs.

L'on avait cependant tenté l'essai des adjudications publiques en 1834, tentative renouvelée en 1835, sans succès.

Une adjudication publique a eu lieu le 18 juillet 1834, sur un cahier de charges approuvé le 25 juin précédent : les résultats n'ayant pas été trouvés assez satisfaisants, MM. Cockerill et Dupont, qui étaient les moindres soumissionnaires, consentirent à faire, par marché direct, un rabais sur les prix d'adjudication. C'est ainsi que les premiers marchés furent passés.

En 1835, il y eut adjudication et réadjudication, les 22 avril et 15 juillet, sur un cahier de charges approuvé le 28 mars. Les prix demandés furent tels qu'on crut ne pouvoir approuver, ni à la première, ni à la seconde épreuve. Il fut, dès-lors, évident que les adjudications étaient illusoires, parce qu'il n'existait pas de concurrence, et qu'elles avaient le résultat fâcheux de pousser à la hausse les prix du commerce.

La quantité qui devait faire l'objet de cette adjudication, fut, plus tard, entreprise par M. Cockerill, par marché direct.

Ce résultat des adjudications publiques ne doit pas surprendre, si l'on considère que la fabrication des rails était une industrie nouvelle, pour laquelle il fallait monter des ateliers et des appareils; et que, d'autre part, la hausse du prix des fers, qui s'est manifestée surtout en 1836, devait déterminer beaucoup de maîtres de forges, à se renfermer dans la production plus facile et alors très lucrative du fer en barres.

En 1838, en présence d'une concurrence réelle, alors que plusieurs maîtres de forges s'étaient outillés pour cette fabrication, l'on fit de nouveau l'essai, et cette fois avec succès, d'une adjudication publique, pour les rails et accessoires. Une quantité de 850 tonneaux fut ainsi adjugée, le 12 septembre, aux établissements de Couillet et d'Acoz; cette adjudication servit de base pour les marchés directs, contractés depuis.

Le nombre des établissements qui concourent à la fourniture des rails s'est successivement accru; ces établissements sont représentés aujourd'hui par M. Cockerill, la Société de Couillet, la Société d'Ougrée, M. De Dornodot, d'Acoz, la Société de Monceaux, la Société de la fabrique de fer du Houyoux, et M. Dupont, du Fayt.

Jusqu'en 1833, la fourniture des rails comprenait celle des accessoires (coussinets, chevilles et clavettes). Pendant le cours de cette année, des marchés distincts ont été passés pour le fer et pour la fonte.

Les fournisseurs avec lesquels on a traité pour les accessoires séparément, sont MM. Marcellis à Liège, Lens-Detienne à Coron-Meuse (Liège), Destombes à Mons, la Société de Châtelineau, la Société de la fabrique de fer du Houyoux.

Sous le rapport des prix, les deux marchés passés, en juillet 1834, avec MM. Cockerill et Dupont, nous présentent une moyenne.

La soumission de M. Cockerill, du 24 juin 1835, qui a suivi, quoique d'un prix plus élevé, s'est bientôt trouvée de beaucoup en dessous des prix du commerce.

Le marché de M. Cockerill, du 4 juillet 1836, nous montre le prix des fers à son taux le plus élevé.

Ce ne fut qu'au mois de juillet 1837, que la Société de Couillet donna le signal du retour à des prix plus modérés.

Le tonneau de rails qui, en 1834, coûtait fr. 360, rendu à Malines, s'est élevé successivement à 375 et 445 fr., pour redescendre ensuite à fr. 420, fr. 400, et arriver à fr. 340, prix actuel, inférieur même à ceux de 1834.

Les marchés les plus considérables, si on en excepte celui de M. Cockerill, du 4 juillet 1836 (marché exceptionnel, commandé par les circonstances, et résiliable d'ailleurs au gré de l'administration), sont antérieurs à la hausse des fers. Depuis la hausse, les marchés les plus forts ont été de 1,000 tonneaux; en général, ils ont été de 500 et 200 tonneaux.

Dans le principe, il fallait des marchés d'une certaine importance pour déterminer les maîtres de forges à faire les frais d'essais et de premier établissement, que nécessitait la fabrication des rails. Depuis la hausse, et depuis que le mouvement de baisse a commencé à se faire sentir, il était prudent de ne procéder que par petites parties.

C'était, en outre, le moyen de faire une juste répartition entre les différents établissements, qui s'étaient outillés.

La crise industrielle et commerciale des derniers mois de 1838, a déterminé le gouvernement à passer des marchés de rails, pour des quantités qui excédaient les besoins du moment; ces marchés ont atténué les conséquences de la stagnation de l'industrie métallurgique; on peut ajouter que les fournitures anticipatives auxquelles ils ont donné lieu, dans certains cas, n'ont pas été onéreuses au gouvernement, la modération des prix compensant amplement la perte de l'intérêt.

Le tableau ci-annexé n° III, renferme les indications les plus détaillées sur les marchés de rails et accessoires.

(Tableau n° IV.)

QUANTITÉ LIVRÉE A PIED D'OEUVRE.			MONTANT.			QUANTITÉS RAILS restant à fournir sur marchés approuvés.	QUANTITÉS RAILS restant à adjudger.
RAILS.	COUSSINETS.	CHEVILLES ET CLAVETTES.	VALEUR TOTALE DES FOURNITURES EMPLOYÉES ET A PIED D'OEUVRE.	PAYÉ JUSQU'À LA DATE DU 30 SEPT. 1839.	RESTE A PAYER.	Tonneaux.	Tonneaux.
Tonneaux.	Tonneaux.	Tonneaux.	Francs.	Francs.	Francs.	Tonneaux.	Tonneaux.
1,940	810	98	1,090,000	1,090,000			
2,310	965	117	1,300,000	1,300,000			
1,820	760	93	1,020,000	886,189 13	133,810 87	100	
1,980	820	98	1,110,000	1,066,656	43,344	100	
2,170	875	96	1,210,433 42	1,210,433 42		100	
1,250	541	61	700,000	700,000		100	
1,650	695	85	930,000	908,619 65	21,380 35	527	
990	425	52	550,000	550,000		200	
1,548	645	71	870,000	798,740 11	71,259 89	200	
1,075	445	49	600,000	600,000		100	
16,733 754	6,981 060	820 937	9,380,433 42	9,110,638 31	269,795 11	1,427	
937 1/4	394 3/4	38 1/2	435,230	380,915	54,315	650	
1,664 1/2	711	70 1/4	790,852 20	691,906 92	98,945 28		
2,601 705	1,105 686	108 885	1,226,082 20	1,072,821 92	153,260 28		
546 432	217 817	25 266	305,963 20	243,831 70	62,131 60		
19,881 891	8,304 563	955 088	10,912,478 92	10,427,291 93	485,186 99	2,077	
678	276	25	348,492	299,000	49,492	741	
1,366	540	45	702,124	605,772	96,352		
70	24	1/2	36,700 55	29,543 68	7,156 87		
2,113 829	840 146	70 550	1,087,316 55	934,315 68	153,000 87		
91 500	86 500	.....	52,735	46,143 12	6,591 8	917	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	750	395
264 107	112 744	12 325	125,377	109,705 22	15,672 17	61	
1,201 450	500 336	55 759	567,032 47	496,153 42	70,879 05	1,507	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1,100
.....
168 490	56 915	1 128	72,192 15	63,168 13	9,024 02	1,031	3,000
.....	.....	.....	.....	.....	.....	482	170
3,839 376	1,596 641	139 762	1,904,633 56	1,649,485 57	255,167 99	5,489	
23,721 267	9,901 204	1,094 850	12,817,132 48	12,076,777 50	740,354 98	7,566	4,665

Il résulte de ce tableau que les sections livrées à l'exploitation, d'un développement effectif de 312 kilomètres, exigent une quantité de fer correspondant à une longueur de simple voie de $455\frac{1}{4}$ kilomètres, savoir :

1 ^{re} voie	312 kilom.
2 ^e voie	82 »
Stations et évitements	$30\frac{3}{4}$ »
En dépôt ou provisoirement employés aux travaux de terrassements	$16\frac{1}{2}$ »
Réserve pour entretien	14 »
	<u>$455\frac{1}{4}$</u>

Que, sur les quantités de fer nécessaires pour cette longueur de $455\frac{1}{2}$ kilomètres, il a été employé ou livré à pied d'œuvre :

	Tonneaux.
Rails	19,881
Coussinets	8,304
Chevilles et clavettes	955

Qu'il reste à fournir pour les mêmes sections, sur marchés approuvés 2,077

Que, pour les sections en cours d'exécution, il a été employé ou livré à pied d'œuvre :

Rails.	3,839
Coussinets	1,596
Chevilles et clavettes	139

Qu'il reste à fournir, sur marchés approuvés, pour les mêmes sections 5,489

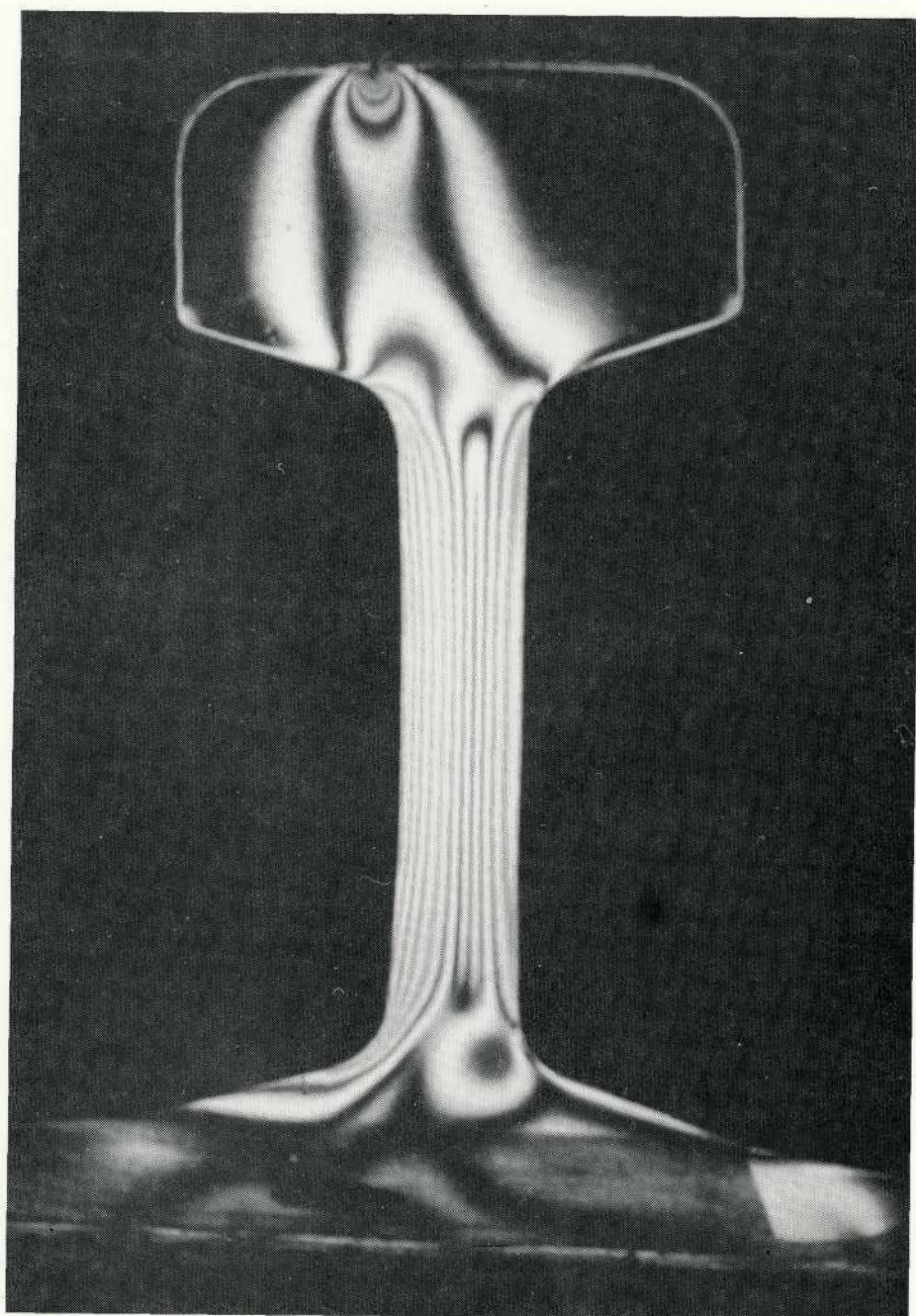
Quant aux quantités de fer restant encore à adjudger ou à commander, pour compléter les lignes décrétées, le même tableau fait connaître qu'elles sont les suivantes :

Section de Mouscron à Tournay.	395 tonneaux
» de Mons à la frontière	1,100 »
Ligne de Namur	3,170 »
Total	<u>4,665 tonneaux</u> ,

ou environ le septième des quantités adjudgées jusqu'ici.

C'est tout ce que le gouvernement a encore à offrir à l'industrie métallurgique du pays, dans le système d'exécution des lois du 1^{er} mai 1834 et du 26 mai 1837, c'est-à-dire, dans le système de la voie unique avec gares d'évitement.

2. L'ETUDE DES DIMENSIONS DU PROFIL



2. L'étude des dimensions du profil

2.1. Les efforts exercés sur le rail

Dans la composition de la voie ferrée, le rail a constitué de tout temps le véritable chemin de roulement du matériel : il supporte la charge et guide la roue.

Ces deux fonctions font du rail un des éléments les plus importants de la sécurité et, également du confort des circulations.

Les rails reçoivent directement les efforts exercés sur la voie par les roues. En vue du dimensionnement théorique d'un profil de rail, les techniciens du chemin de fer ont l'habitude de répartir ces efforts en : verticaux, horizontaux transversaux, horizontaux longitudinaux et locaux, c'est-à-dire résultant du contact direct rail-roue.

2.1.1. Efforts verticaux :

Les efforts verticaux résultent de la charge des roues des véhicules. A l'état statique, la S.N.C.B. admet normalement des charges de 20 t par essieu (l'UIC vise 22 t) et exceptionnellement 25 t.

A cet effort statique viennent s'ajouter les effets dynamiques qui augmentent sensiblement les effets de la charge statique. Ces efforts dynamiques résultent de la vibration des masses non suspendues, des dénivellations de la voie, du "cabrage" des bogies de locomotives électriques, des effets du freinage, de l'effet de l'inertie des masses en mouvement liées aux roues, ou encore, pour un véhicule circulant en courbe, de la répartition inégale de la charge d'un même essieu entre les deux roues.

Pour tenir compte de ces efforts dynamiques, on a introduit la notion du coefficient dynamique des charges des roues. La valeur de ce coefficient, fonction de la vitesse, a été établie à la suite de mesures de contraintes effectuées dans les rails en voie. L'accroissement des vitesses au-delà de 140 km/h a toutefois nécessité des révisions successives de la formule initiale.

Sous l'action des charges verticales statiques et dynamiques, le rail est sollicité à la flexion comme une poutre continue à travées multiples sur appuis élastiques.

2.1.2. Efforts horizontaux transversaux :

Les efforts transversaux sont exercés sur le rail par la roue s'appuyant sur le champignon, mais essentiellement au contact de la face de guidage du rail et du mentonnet du bandage : la transmission de l'effort par la surface de roulement disparaît, en effet, dès que l'effort transversal dépasse l'effort de frottement de

la roue sur le rail.

Les efforts transversaux sont provoqués par la circulation en courbe d'une part et par les mouvements de lacet du matériel roulant d'autre part. Le mouvement d'orientation progressive de l'essieu en courbe sollicite le rail extérieur de la voie; à cette sollicitation, vient s'ajouter l'effet d'une partie de la force centrifuge lorsque le dévers est trop faible pour la vitesse momentanée de circulation du véhicule.

Les mouvements de lacet trouvent leur origine dans plusieurs causes apparaissant systématiquement (jeu des essieux dans la voie, conicité des bandages) ou inopinément (inégalités de la voie, réaction des véhicules attelés).

Les efforts transversaux sollicitent la voie à la flexion gauche et à la torsion.

2.1.3. Efforts horizontaux longitudinaux :

Le déplacement des engins de traction est obtenu par leur adhérence sur les rails; cette adhérence est équilibrée par une réaction des rails tendant à déplacer ceux-ci dans le sens opposé au mouvement.

Les efforts de freinage par contre provoquent une réaction dans le rail tendant à déplacer celui-ci dans le sens du mouvement.

Etant donné que la constitution de la voie (fixation du rail sur les traverses et ballastage des traverses) ne permet pas au rail de se déplacer librement, des contraintes naissent dans le rail.

D'autre part, les variations de température créent également des contraintes dans les rails, soit lorsque les joints sont bloqués avant que la température maximale ne soit atteinte, soit lorsque la voie est composée de longs rails soudés.

En général, ces sollicitations soumettent le rail à une compression ou à une traction longitudinale simple.

2.1.4. Efforts au contact rail-roue:

La pression exercée par la roue sur le rail, dans la zone réduite de la surface de contact, constitue une sollicitation existant à tout moment sous la roue. La déformation élastoplastique dans cette zone de contact engendre des contraintes dont la valeur est directement proportionnelle au rayon des surfaces en contact (théorie de Hertz).

Quoique cette sollicitation soit très importante, elle n'intéresse qu'une partie du champignon du rail. Longtemps les techniciens du chemin de fer se sont désintéressés du problème des contrain-

tes dans cette zone, vraisemblablement parce que le grand diamètre des roues motrices des locomotives à vapeur ne leur posait pas de problèmes. Toutefois, la réduction systématique du diamètre des roues et l'augmentation des charges des essieux du matériel à marchandises ont fait apparaître l'importance réelle de cette sollicitation. Aussi, l'Office de Recherches et d'Essais (O.R.E.), de l'Union Internationale des Chemins de fer (U.I.C.) procéda à une étude approfondie du phénomène mécanique du contact rail-roue.

2.2. Le dimensionnement des rails

Des considérations qui précèdent, on serait tenté de déduire que le dimensionnement d'un profil de rail répondant à toutes les conditions imposées ne présente guère de difficulté.

Il n'en est rien, car si les charges des essieux peuvent être déterminées avec grande précision à l'état statique, il n'en est pas de même à l'état dynamique, le coefficient de majoration ne constituant qu'une approximation assez grossière des charges dynamiques réelles.

En ce qui concerne les efforts de guidage, ceux-ci ont été déterminés avec une approximation suffisante soit par des mesurages, soit par des calculs. Néanmoins, des recherches ont été effectuées pour définir une méthode précise de mesure de ces efforts.

Les efforts longitudinaux dus aux variations de température peuvent être déterminés avec précision par le calcul, tandis que ceux résultant des efforts de démarrage ou de freinage sont négligeables et ne doivent pas être pris en considération dans l'étude d'un profil de rail.

Il y a donc, du point de vue des efforts de sollicitation du rail, une imprécision, d'autant plus grande que certains éléments de sollicitation, tel celui dû à la vibration propre du rail sous le passage des roues, n'ont pas encore été analysés.

En ce qui concerne le mode d'appui du rail, cette imprécision est encore plus grande. En effet, les points d'appui du rail sont constitués par des traverses posées dans le ballast, lequel repose à son tour sur l'assiette de la voie. Cet ensemble élastique constitue une caractéristique essentielle pour les calculs qui, toutefois, n'a pu être déterminée avec une précision suffisante.

Aussi, les méthodes de calcul des contraintes dans les rails, appliquées jusqu'à présent ne peuvent servir, en ce qui concerne le profil des rails, que pour effectuer des comparaisons. Leur application dans le but de déterminer les contraintes exactes résultant des sollicitations réelles de la voie est entachée d'un pourcentage d'erreur appréciable.

D'autre part, si pour le corps d'un rail, il semble possible de faire des comparaisons entre différents profils, cette comparaison devient quasi irréalisable lorsqu'on considère le joint, élément indispensable dans la constitution des voies ferrées. En effet, malgré la généralisation de la pose de longs rails soudés, des joints éclissés devront toujours être réalisés, notamment dans les courbes à très grande courbure où la pose de longues barres est interdite.

Malgré les procédés de régénération ou de protection des joints, il n'en reste pas moins vrai que le joint par son existence même, constitue une source de dépenses importantes, car il nécessite un entretien régulier, dont la non exécution ne pardonne pas.

Il est donc normal que lors de l'étude d'un profil de rail, le joint fasse partie intégrante de cette étude.

La sollicitation du rail dans l'éclissage est différente de celle de la voie courante. Celui-ci doit en effet assurer la continuité de la barre en tant que poutre portante, ce qui nécessite un éclissage résistant qui sollicite, par sa forme en coin plus ou moins prononcée, l'âme du rail à la traction dans un plan perpendiculaire à la surface de roulement. D'autre part, par suite de la lacune ou de l'imperfection de l'assemblage, le passage des roues provoque des chocs plus ou moins importants, particulièrement sur le rail aval. Ces chocs, dont la violence dépend non seulement des caractéristiques géométriques de l'assemblage et du diamètre des roues, mais aussi de la qualité de l'entretien, créent une sollicitation particulière du rail qui, vraisemblablement combinée aux contraintes internes résiduelles provenant du laminage, conduit, dans bien des cas, à la destruction prématurée du rail à l'about.

C'est en vue d'éliminer l'effet néfaste des joints que les réseaux sont passés à la pose généralisée de longs rails soudés.

Il faut toutefois tenir compte dans ce cas des tensions thermiques qui peuvent atteindre 122,6 N/mm² (1) pour un rail de 50 kg/m et qui viennent s'ajouter aux sollicitations dynamiques engendrées par le passage des convois.

La recherche du profil de rail le mieux adapté au but poursuivi a de tout temps été basée partiellement sur des calculs de résistance, partiellement sur des considérations relevant du domaine du laminage et partiellement sur l'expérience acquise avec des profils identiques ou semblables posés antérieurement dans les voies.

L'étude d'un nouveau profil se base en outre sur son comportement à la fatigue, que l'on tente de définir en recourant outre à la recherche scientifique, à l'analyse statistique et à des essais dans lesquels on fait varier divers paramètres.

(1) Voir page 2, § 2 - Efforts d'origine thermique de la brochure du service de la Voie concernant les longs rails soudés.

Le comportement du métal du rail et des roues est étudié sous des sollicitations répétées de roulement.

Par photoélasticité, on détermine les contraintes induites en supposant qu'on reste dans le domaine élastique.

Ensuite, il faut aller plus loin, c'est-à-dire :

- réaliser l'équilibrage thermique des sections du champignon et du patin de façon que le rail sorte quasiment rectiligne du laminoir;
- tenir compte des contraintes résiduelles qui existent dans les rails sortant d'usine;
- étudier les modifications des contraintes produites par le roulement dans la zone voisine du contact, où les contraintes induites dépassent la limite élastique du métal et provoquent l'écrouissage de celui-ci;
- si les contraintes induites ne sont pas excessives, il se produit un phénomène d'accommodation;
- une fois l'accommodation supposée faite et stabilisée, la limite élastique de la zone écrouie étant fortement augmentée, on peut alors reprendre les calculs dans le domaine élastique en tenant compte des contraintes résiduelles, stabilisées elles aussi.

Comme on peut s'en rendre compte, il s'agit de calculs compliqués, qui peuvent s'effectuer sur ordinateur. Les critères de fatigue à appliquer sont toutefois encore assez mal connus.

Pour l'étude des nouveaux profils UIC 60 et UIC 71, le comité ORE D 120 a utilisé un programme de calcul mis au point par le centre expérimental de métallurgie de Rome (C.S.M.).

3. LA SPECIFICATION TECHNIQUE REGISSANT LES FOURNITURES DE RAILS

UNION INTERNATIONALE



DES CHEMINS DE FER

CODE U I C
Fiche à classer aux Tomes :
VII - INSTALLATIONS FIXES
VIII - SPECIFICATIONS TECHNIQUES

860

O

7e édition, 1-1-1979

CDU : 625.143

SPECIFICATION TECHNIQUE

POUR LA FOURNITURE DE RAILS

3. SPECIFICATIONS TECHNIQUES REGISSANT LES FOURNITURES DE RAILS

3.1. Les premières fournitures

2 222 barres subondulées de cinq portées, soit 203 tonnes, furent achetées par marché direct, approuvé le 13 mai 1834, aux entreprises GORDONS de Cardiff. Ce premier marché ainsi que les suivants aux entreprises DUPONT du Fayt et COCKERILL (adjudication du 18.07.1834) ne firent pas l'objet de spécifications très élaborées.

3.2. Le cahier des charges et conditions pour la fourniture de fers de diverses sortes, nécessaires à l'établissement du railway du 16.08.1836 (1)

- Les rails seront en fer étiré, les coussinets en fonte et les clefs et chevilles en fer battu; ils seront, tant pour les formes et dimensions que pour la nature et qualités intérieures, exactement conformes en tout aux dessins cotés et approuvés, ainsi qu'aux échantillons qui resteront déposés au ministère, revêtus des cachets de l'administration et de l'entrepreneur.

Tous ces objets doivent être fabriqués en Belgique, en fer indigène.

- La longueur de chaque barre rail sera de 4,57 m, divisée en cinq ondulations, qui seront rigoureusement chacune de 0,914 entre les centres d'appui.

Ces barres de cinq portées devront peser chacune 98 kilogrammes.

On admettra cependant, jusqu'à concurrence de 5%, des barres de 4 et de 6 portées, dont le poids variera en raison de la longueur.

L'extrémité des rails sera proprement coupée d'équerre, dans le sens vertical, et en biseau dans le sens transversal, conformément aux indications qui seront données.

Une tolérance de 2 1/2%, soit en dessus, soit en dessous du poids déterminé pour chaque barre, sera accordée, pourvu que la totalité de la fourniture ne s'écarte pas du poids voulu de plus de 1 1/2% sur les quantités de rails à fournir.

Ces rails seront en fer fort de 1^{ère} qualité, fabriqué avec les meilleures fontes indigènes, bien affiné, parfaitement soudé, absolument de la même nature que l'échantillon rail mentionné ci-dessus, et devront pouvoir subir à froid, comme ledit échantillon, sans cassure ni déchirure, un ploiement semblable à effectuer au moyen de la chute d'un mouton de 200 kilogrammes tombant de 4 mètres de hauteur.

(1) Rapport du Ministre des Travaux Publics aux Chambres législatives du 1^{er} mars 1837 - Tome 3 n° 124, pages 113 à 117.

Ils doivent être dressés avec le plus grand soin, parfaitement droits et d'équerre, sans aucun gauchissement, ni dans la surface destinée au roulage, ni dans les renforts; ils ne pourront présenter aucune bavure, ni gerçure nuisible, aucune exfoliation ni démaigrissement.

- Les coussinets seront de deux sortes, savoir : 1/5 grands et 4/5 petits.

Les grands destinés au support des abouts et qui doivent recevoir deux clefs, seront du poids de kilog. 9,25.

Les petits, servant de supports intermédiaires et ne recevant qu'une clef, pèseront kilog. 7,50.

Ils seront tous exactement exécutés suivant les formes prescrites.

Ils devront être de première qualité de fonte grise, absolument de la même nature que l'échantillon coussinet mentionné ci-avant, moulés avec soin, bien droits et d'équerre dans tous les sens, et ne présentant aucun retrait, ni soufflure; les trous et rainures sans bavures et n'inclinant d'aucun côté.

Les coussinets trop pesants ne seront reçus que pour le poids fixé et pour autant que leur forme soit régulière et convenable. Ceux au contraire qui seraient trop légers pourront également être reçus, mais seulement pour leur poids effectif, pourvu, toutefois, que la différence sur chaque coussinet ne dépasse pas un quart de kilogramme.

Les broches ou chevilles, ainsi que les clefs ou clavettes, seront exécutées suivant les modèles et les indications qui seront données; elles seront parfaitement façonnées en première qualité de fer fort, pliant et se redressant à froid sans cassure, et également de la même nature que les échantillons de l'espèce ci-dessus mentionnée.

3.3. Le cahier des charges de la Compagnie du Chemin de fer du Nord pour la fourniture de rails Vignoles 37 kg/m destinés à son réseau belge datant de 1875 : (1)

- Gabarit des rails

Les rails présenteront la forme exacte du gabarit poinçonné qui sera remis au fabricant. Le profil en sera rigoureusement conservé sur toute la longueur des barres et particulièrement aux extrémités, qu'on évitera avec soin de comprimer ou d'altérer, lors du découpage.

La fabrication courante ne devant être entreprise que lorsque les cylindres auront été reconnus parfaitement convenables, le fournisseur devra suivre avec la plus minutieuse attention la confection de ces cylindres, afin de ne présenter à la vérification que des rails ayant exac-

(1) Traité théorique et pratique de la fabrication du fer et de l'acier.
B. VALERIUS - 1875 - p.434 à 437.

tement la forme du gabarit. Le fabricant sera, d'ailleurs, responsable de tout retard de fabrication provenant de ce que les spécimens de rails qu'il aurait fournis ne seraient pas acceptables.

Les rails fabriqués pour essayer les cylindres et tous autres fabriqués après que les cylindres auront été acceptés, mais qui ne reproduiraient pas exactement les formes du gabarit seront rebutés.

La compagnie aura toujours le droit de changer le gabarit des rails, en tenant compte au fournisseur des dépenses spéciales que ce changement lui imposerait, dépenses qui seraient évaluées d'un commun accord ou à dire d'experts.

- Poids des rails

Le poids des rails résultera du gabarit donné aux fabricants; il sera constaté sur des rails de la première fabrication de section rigoureusement exacte. Dans les réceptions partielles, il sera accordé sur ce poids une tolérance de 2 pour 100 en plus ou en moins, pourvu que la totalité de la fourniture ne s'écarte pas du poids normal de plus de 1 pour 100.

Dans cette limite de tolérance et au-dessous, les rails seront payés d'après leur poids réel; au-dessus, l'excédent de poids ne sera pas payé au fournisseur.

Les rails, en dehors des limites ci-dessus, pour défaut ou excès de poids, pourront être rebutés.

- Longueur des barres

La longueur normale des barres sera de 6 mètres. Pour une partie de la fourniture qui ne pourra pas dépasser 1/10 et qui sera fixée par l'ingénieur, les barres devront être coupées à la longueur de 5,96 mètres.

Pour faciliter la fabrication, une barre sur 20 sera admise avec une longueur moindre que la longueur normale. Ces barres plus courtes auront, soit 5 m, soit 4 m de longueur. Il est du reste entendu qu'elles devront provenir uniquement des barres fabriquées pour les longueurs normales 6 m et 5,96 m et qui auront dû être rognées par suite de défauts à leurs extrémités.

La compagnie pourra commander au fournisseur un certain nombre qui ne dépassera pas 1 pour 100 de rails de longueurs exceptionnelles; mais la plus grande longueur ne pourra pas dépasser 10 mètres. Tout rail fabriqué sur commande à une longueur excédant 6 mètres sera payé 4 p.100 plus cher.

La tolérance sur les longueurs fixées n'excèdera jamais 1 1/2 mm en plus ou en moins.

- Marque de fabrique

Les rails porteront des marques en relief bien apparentes, désignant à la fois l'usine, l'année et le mois de fabrication, comme l'indique le plan remis au fournisseur. Ces marques résulteront d'une gravure faite dans la cannelure finisseuse des cylindres.

- Qualité des fers

Les rails seront en fer dur et compact, bien soudé, non cassant à froid, à grain fin particulièrement dans les champignons, enfin de qualité convenable pour résister à l'action des roues, sans se rompre, s'exfolier, se dessouder; etc...

- Conditions de fabrication : 1°. classification des rails; 2°. composition des paquets; 3°. laminage

La fabrication du fer devra être conduite en vue de n'avoir, autant que possible, que du fer à grain fin.

Les fers puddlés, destinés à la fabrication des rails, seront d'ailleurs exactement classés par nature et en trois catégories distinctes, savoir : 1°. les fers à grain, 2°. les fers métis ou à grain mêlé de nerf, 3°. les fers à nerf.

Dans les paquets pour corroyés, il n'entrera exclusivement que des fers de la 1^{re} catégorie, c'est-à-dire à grain.

Les paquets pour rails devront, autant que possible, être composés de fer à grain fin. Dans tous les cas, le nerf ne sera admis que dans le dernier tiers du paquet; entre lui et les deux premières mises en fer à grain sous le corroyé, on admettra le fer métis.

Les barres formant les différentes mises seront de section rectangulaire. Chaque mise de fer puddlé se composera en largeur de 2 ou 3 pièces au plus. La mise en fer corroyé formant la partie supérieure du paquet sera d'une seule pièce; elle représentera en poids 1/5 environ de la masse totale de manière à avoir, sur la section du rail fini, dans les surfaces de roulement, une épaisseur d'au moins 0,01 m.

Les bouts écus des barres formant le paquet, seront affranchis. Ces barres seront toutes d'une seule pièce, bien dressée, sur toute la longueur du paquet. Cependant, pour le fer puddlé, on tolèrera quelques barres en 2 pièces au plus dont la plus petite n'aura pas moins de 0,30 m de longueur; mais alors elles seront assemblées avec soin, bout à bout, de manière à ne laisser dans l'intérieur du paquet que le moins de vide possible. Les joints des mises devront être contrariés; à cet effet, les barres de fer puddlé ne devront pas être de même largeur.

Les dimensions et la composition des paquets, ainsi que les dessins des cannelures successives par lesquelles ces paquets devront passer dans la fabrication, seront d'ailleurs soumis à l'approbation de l'ingénieur, sans que cette formalité diminue en rien la responsabilité du fournisseur.

Le laminage des rails devra être aussi parfait que possible. Tous ceux qui seraient mal soudés, pailleux, criqués ou rompus dans leurs fibres seront rebutés.

- Dressage des rails et coupe des bouts

Les rails seront dressés sur les quatre faces avec le plus grand soin; le dressage sera fait, autant que possible, à chaud, à la sortie des cylindres; s'il y a lieu d'opérer à froid pour le rendre parfait, le travail sera exécuté sans percussion, au moyen de vis de serrage, par pression graduée.

Toutes les surfaces devront être nettes et unies.

Tous les rails seront coupés aux deux bouts par un moyen mécanique agréé par l'ingénieur. Les bavures seront enlevées avec soin à la lime ou au ciseau; les plans des sections seront parfaitement d'équerre sur l'axe des rails; on ne devra, dans aucun cas, les parer au marteau.

Il est expressément interdit de réchauffer aucune partie des rails après la laminage, soit pour abattre les bouts, soit pour tout autre motif, hors le cas de dérangement momentané de la machine à couper les bouts, et pendant le temps strictement nécessaire pour la remettre en service.

Toutes réparations de criques, pailles, etc..., soit à froid, soit à chaud, sont complètement interdites.

- Perçage des trous et entailles dans la patte

Chaque extrémité des rails sera percée dans l'axe de deux trous dont les dimensions et les positions seront déterminées par un tracé remis au fournisseur. Il sera en outre pratiqué dans la patte du rail et à chaque extrémité deux petites entailles de forme rectangulaire dont la position sera également indiquée par un tracé qui sera remis au fournisseur.

Ces trous ou entailles pourront être obtenus par tel procédé, au choix du fournisseur, mais qui, toutefois, devra être agréé par l'ingénieur. Les entailles et trous seront parfaitement ébarbés; ces derniers devront être cylindriques.

Si la distribution et les dimensions des trous et entailles ne sont pas conformes au tracé remis au fournisseur, les rails seront refusés.

- Vérifications, épreuves

Les rails seront classés avec soin, dans l'usine, en séries provenant de la fabrication d'un ou de plusieurs jours. Les agents préposés à la réception choisiront, dans chaque série, un certain nombre de barres (une pour 100, au plus) pour les soumettre aux épreuves suivantes :

1ère épreuve. Chacun de ces rails placé de champ sur 2 points d'appui espacés de 1,10 m, devra supporter pendant 5', au milieu de l'intervalle des points d'appui, une pression de 12 000 kg, sans conserver de flèche sensible après l'épreuve.

2ème épreuve. La même barre dans la même position supportera pendant 5 minutes, sans se rompre, une charge de 30 000 kg; on pourra ensuite augmenter la pression jusqu'à la rupture.

3ème épreuve. Chacune des deux moitiés de barre cassée, placée de champ sur deux supports espacés de 1,10 m devra supporter sans se rompre, le choc d'un mouton de 300 kg, tombant de 2 m de hauteur sur la barre, au milieu de l'intervalle des points d'appui. Dans ce dernier cas, les deux supports seront en fonte et reposeront par l'intermédiaire d'un châssis en bois de chêne, sur un massif de maçonnerie d'un mètre d'épaisseur au moins, établi sur un terrain solide.

Si l'une des barres essayée ne résiste pas aux épreuves, on les continuera sur un plus grand nombre de barres, et si plus de 1/10 des barres essayées ne résiste pas, la série entière dont proviennent ces rails sera rebutée.

- Réception provisoire

La réception provisoire sera faite à l'usine par un ou plusieurs agents de la Société. Elle aura lieu au fur et à mesure de la fabrication, et elle aura pour objet de trier, peser et poinçonner toutes les barres satisfaisant aux conditions stipulées.

Jusqu'au moment de la réception, les rails devront être conservés en lieu sec et préservés, autant que possible, de l'oxydation.

Les barres reçues seront poinçonnées à leurs deux extrémités; elles porteront, en outre, la marque de l'usine, ainsi qu'il est dit ci-avant.

Dans le cas où la marque ne serait pas bien venue au laminage, elle devra être refaite à froid d'une manière bien visible.

Les barres rebutées devront être cassées ou marquées d'un signe très visible, afin qu'elles ne puissent plus être représentées à la réception.

L'usine devra faire établir à ses frais, sur les indications qui lui seront données par l'ingénieur, s'il y a lieu, les appareils nécessaires pour faire la réception des rails et pour opérer les épreuves prescrites.

Les mains-d'oeuvre relatives à la réception et aux épreuves seront à la charge du fabricant.

Les procès-verbaux de réception seront dressés, autant que possible, chaque jour au fur et à mesure de la fabrication et régularisés à la fin de chaque mois.

- Propriété des rails après la réception provisoire

Les rails poinçonnés et compris dans les procès-verbaux de réception à l'usine, seront, par le fait de la réception à l'usine, propriété incontestable de la Compagnie.

- Délai de garantie

La Compagnie du Nord n'entend recevoir que des rails pouvant faire un service de deux ans sans aucune détérioration sur son réseau Belge.

Elle s'assurera par une expérience partielle que cette condition est remplie.

Le fournisseur s'engage, en conséquence, à subir sur le prix stipulé au marché et pour l'ensemble de la fourniture, une réduction proportionnée au nombre de rails qui ne résisteraient pas à l'épreuve faite dans les conditions suivantes :

Un pour cent au moins de la fourniture, pris à divers moments de la fabrication, au choix de la Compagnie, seront placés par elle, sur la partie du réseau indiquée ci-dessus; il sera immédiatement donné avis au fournisseur de l'emplacement et de la date de cette pose. A l'expiration des deux années de service, on établira contradictoirement la proportion des rails avariés, c'est-à-dire ayant un commencement de détérioration, comme écrasement, défaut de soudure, exfoliation, rupture, etc... Cette proportion sera appliquée à l'ensemble de la fourniture et servira à déterminer la quantité de tonnes passibles de l'indemnité, que tout ou partie seulement de la fourniture ait été mise en service.

Le taux de l'indemnité sera fixé de manière à représenter la différence de valeur entre une tonne de rails neufs et une tonne de rails hors de service, y compris les frais de transport et autres résultant du remplacement des rails avariés, les rails auxquels l'indemnité se rapporte restant d'ailleurs la propriété de la Compagnie.

La Compagnie sera libre de commencer son essai quand bon lui semblera; toutefois, le règlement de l'indemnité devra avoir lieu au plus tard, 2 ans après l'achèvement des livraisons faites à l'usine, que la voie d'essai ait ou non ses deux ans de service.

- Réception définitive

La responsabilité du fournisseur ne cessera que par la réception définitive qui sera précédé de la reconnaissance contradictoire indiquée à l'article précédent. Cette reconnaissance devra être provoquée par le fournisseur et les résultats en seront valables à la condition d'avoir été constatés moins d'un mois après la requête du fournisseur, lors même que la voie dressée aurait plus de 2 ans de service.

3.4. Le Cahier des Charges des chemins de fer de l'Etat belge de 1885

Rappelons que c'est à partir de 1871 que la fabrication de rails en acier débuta en Belgique.

Les cahiers des charges ont été soigneusement révisés depuis que l'emploi de l'acier s'est généralisé.

Ils pénètrent moins qu'autrefois dans les détails de la fabrication. Ils sont d'autant plus sévères relativement aux épreuves de réception, qui comprennent principalement des épreuves à la flexion, des épreuves au choc (mouton de 300 à 1 000 kg tombant d'une hauteur de 1,50 à 10 m) et des essais à la traction de barreaux découpés dans diverses parties du rail.

3.5. La spécification technique A-8-30 pour la fourniture de rails

Ce texte datant de 1930 est le plus ancien retrouvé dans les archives. (1)

Epinglons les impositions ci-après :

Tolérances de fabrication :

- profil :

hauteur, largeur du bourrelet et épaisseur de l'âme : $\pm 0,5$ mm.

largeur du patin : ± 1 mm

inclinaisons des portées d'éclissage : 0

ouvertures de l'éclissage : $+ 0,25$ mm
- $0,75$ mm

- longueur des rails :

jusqu'à 6 m : ± 1 mm

de 6 m à 18 m : ± 2 mm

plus de 18 m : ± 3 mm

équerrage des abouts : $0,5$ mm

- forages :

diamètre des trous : $\pm 0,5$ mm

centrage : $\pm 0,5$ mm

distance des trous intermédiaires de l'extrémité : ± 3 mm

(1) Ce texte dactylographié approuvé le 06.10.1930 a été imprimé en 1931 sous le n° A-8-31.

Epreuves de réception

- Choc sur toutes les chutes de tête de tous les lingots :

- . mouton de choc de 1 000 kg pour les rails de 50 kg;
- . hauteur de chute 4 m pour 94% des coupons d'essais;
- . hauteur de chute 6 m pour 6% des coupons restants.

- Essais de traction sur 2% des rails présentés en réception :

La résistance à la rupture sera comprise entre 68 kg et 78 kg, l'allongement devra atteindre 12% au minimum, l'indice de qualité ($R_r + 2A$) sera supérieur à 94.

- Examen des cassures sur des bouts de rails ayant subi les essais de choc.

- Essais macrographiques : sur 5% du nombre total des chutes de tête et de culasse.

Une série de macrographies-types a été publiée pour servir de guide dans l'appréciation des empreintes obtenues.

- Essais de dureté Brinell sur un tiers des tranches choisies pour l'attaque macrographique.

- Essais de résilience sur les chutes de culasse désignées pour subir l'essai de traction.

- Essais micrographiques : au choix de la Commission de Réception si jugé utile.

Poids

Les rails seront payés sur une base uniforme de poids par mètre courant qui sera indiquée à l'avis annonçant l'adjudication.

*
* *

Comme on peut se rendre compte par l'énumération des essais imposés, les conditions de réception, il y a un demi-siècle, étaient en un certain sens plus sévères que celles appliquées présentement.

*
* *

Examinons les grandes lignes de l'évolution des conditions techniques au cours des cinquantes dernières années.

3.6. La spécification A-8-38

Cette spécification technique reprend en gros les conditions précédentes en précisant minutieusement le mode d'exécution des essais ainsi que les résultats à obtenir. On y fait pour la première fois mention du contrôle de la composition chimique des rails fournis. En ce qui concerne les tolérances de fabrication, elles sont inchangées, sauf l'ouverture de la chambre d'éclissage qui est portée à + 0

- 0,5 mm

Epreuves de réception

- Choc sur toutes les chutes de tête d'un mouton de 1 000 kg dont la hauteur de chute est de 6 m.

- Essais de traction sur 3% des rails

La résistance à la rupture étant comprise entre 68 kg et 78 kg/mm² avec 12% d'allongement.

- Résilience

3 éprouvettes par 3 coulées devant donner une résilience supérieure à 2 kgm/cm² sous peine de rebut des rails du lingot correspondant.

- Macrographie

Sur 12% du nombre total des lingots.

- Essais de dureté Brinell sur 12% du nombre total des lingots.

Les empreintes doivent avoir un diamètre compris entre 3,9 et 4,4 mm sous peine de rebut de la coulée.

- Essais micrographiques

Par coup de sonde dans un des congés supérieurs du bourrelet à environ un centimètre de la surface extérieure.

Aucun échantillon ne peut déceler une structure de surchauffe caractérisée ni de microcavités ou d'inclusions importantes, sous peine de rebut.

- Essais de texture

Par coup de sonde en nombre inférieur aux essais de choc.

Les cassures doivent présenter une texture homogène à grains fins et serrés.

- Contrôle de la composition chimique

Par coup de sonde au laboratoire de la S.N.C.B. sur des tranches de rails désignées lors du prélèvement des essais.

Ces analyses ont pour but de contrôler la teneur de silicium imposée et de vérifier les teneurs exactes des divers éléments.

3.7. La spécification technique A-8-48

Cette spécification reprend dans sa première partie les textes de la spécification précédente y compris une série de macrographies types publiée le 30.09.1948.

Dans la deuxième partie de cette spécification, on trouve les épreuves de réception se rapportant au procédé de trempe des abouts mis au point par feu J. SERVAIS (en ce temps Inspecteur Technique principal au Service de la Voie) en collaboration avec l'ARBED.

En vue d'éviter l'écrasement des joints à l'about et une diminution des étoilures, l'on procéda en 1933 (1) aux premiers essais en voie avec des rails dont les extrémités étaient refroidies par de l'air comprimé immédiatement à la sortie du laminoir.

Par ce traitement, on augmentait la limite élastique et la résistance à la rupture d'une dizaine de kg (augmentation minimum imposée de 45 unités Brinell sur le bourrelet à l'about) sans baisse notable de l'allongement.

A noter que ce traitement n'a plus été appliqué dès la mise en oeuvre généralisée des longs rails soudés.

Dans une troisième partie, on y trouve les conditions techniques pour la fourniture de rails à haute résistance (80 kg/mm² minimum) en acier élaboré au four électrique.

3.8. La spécification technique A-8-54

Cette spécification reprend le texte rédigé en commun par les délégués de tous les réseaux européens réunis au sein de la Commission des questions techniques, section "Matériel Roulant - Voie " de l'U.I.C.

Ce texte répertorié actuellement comme fiche UIC 860/0 ainsi que l'album de macrographies - limites y annexé ont été établis en 1952.

(1) Bulletin du Congrès des Chemins de fer - avril 1936, pages 409/1 à 416/8.

3.9. La fiche UIC 860-0

Depuis sa rédaction en 1952 jusqu'à nos jours, diverses modifications sont intervenues.

Tout d'abord à la demande de la 7ème Commission de l'U.I.C., le Comité d'Experts O.R.E. (1) D 45 a été chargé de reviser l'album d'images macrographiques-limites dans un sens plus sévère et en outre de revoir certaines tolérances de fabrication.

Ce nouvel album de macrographies-limites est sorti de presse en juin 1966.

En 1970, est intervenue l'obligation pour le fournisseur de contrôler toutes ses fabrications par un procédé ultra-sons continu.

3.10. L'actualisation de la fiche UIC 860-0

Dernièrement, il a été décidé d'actualiser la fiche étant donné les progrès techniques, notamment en matière de coulée continue.

Le rapport final du Comité d'Experts O.R.E. (1) D 144 a été publié en octobre 1977 et contient la proposition du nouveau texte édité en janvier 1979. Signalons qu'il a fait l'objet de discussions au sein de "l'Organisation Internationale de Normalisation" en vue de son harmonisation avec la spécification ISO/TC 17 Je 15 (Projet de norme internationale ISO/MIS 5003 "Rails de chemin de fer et leur matériel d'attache")

Les points sur lesquels des modifications ont été apportées sont énumérés ci-après :

1. Fabrication

- On ne mentionne plus les procédés de fabrication, mais le client est informé s'il le souhaite;
- La coulée continue est évoquée;
- Des précautions sont prises pour éviter les flocons d'hydrogène;
- Les marques et symboles d'identification sont modifiés en accord entre les réseaux et les producteurs de rail notamment pour distinguer les rails issus de coulée continue.

(1) O.R.E. : Office des Recherches et Essais à Utrecht.

1.6.1 - Profil et abouts

	Dimensions en mm	Tolérances	Observations
1 - Hauteur H du rail (1)	H ≤ 165	+ 0,5 - 0,5	Un décalage de - 0,5 mm des fourchettes de tolérances est admis pour les valeurs en pleine barre
	165 <math>\leq H ≤ 180	+ 0,6 - 0,6	
	180 <math>\leq H ≤ 190	+ 0,7 - 0,7	
2 - Largeur L du patin (1)	L ≤ 150	+ 1,0 - 1,0	- d ^o - (avec + 0,5 mm)
	150 <math>\leq L ≤ 160	+ 1,0 - 1,1	
	160 <math>\leq L ≤ 170	+ 1,2 - 1,3	
3 - Largeur nominale du champignon (2)	L ≤ 72	+ 0,5 - 0,5	- d ^o - (avec + 0,1 mm)
	L ≤ 74	+ 0,5 - 0,5	
	L ≤ 74	+ 0,7 - 0,7	
4 - Asymétrie du profil (3)	L ≤ 150	+ 1,2 - 1,2	(4)
	L ≤ 160	+ 1,5 - 1,5	
	L ≤ 170	+ 1,7 - 1,7	
5 - Epaisseur de l'âme (5)		+ 1,0 - 0,5	tous profils
6 - Inclinaison des portées d'éclissage (par rapport à la portée d'éclissage théorique inclinée)		3,6 %	tous profils
		même tolérance que H	tous profils
7 - Hauteur d'éclissage		même tolérance que H	tous profils
	Dans l'axe du rail	+ 0,6 - 0,6	profils UIC 54 et UIC 60
8 - Equerrage des abouts	180 <math>\leq H ≤ 190	+ 0,7 - 0,7	profil UIC 71
	L ≤ 150	+ 0,5 - 0,5	profil UIC 54 profil UIC 60 profil UIC 71
	150 <math>\leq L ≤ 160	+ 0,6 - 0,6	
	160 <math>\leq L ≤ 170	+ 0,7 - 0,7	
9 - Autres dimensions	comme H	même tolérance que H	

(1) - Les tolérances des rails lourds du type UIC 71 sont données à titre provisoire. Elles ne seront définitivement fixées qu'après les premières fabrications de ces rails.
 (2) - Mesurée à 14 mm sous la surface de roulement, c'est-à-dire dans les zones de raccordement des congés de roulement et des faces latérales du champignon.
 (3) - Contrôlées à l'aide du gabarit UIC.
 (4) - Si un client le demande cette tolérance peut être réduite à 1,2 mm pour les rails de nuance normale.
 (5) - Mesurée au niveau de l'épaisseur minimale.

Figure 3.1

2. Tolérances

La revision de ce paragraphe a fait l'objet d'une importante étude statistique. De nouvelles valeurs de tolérances ont été proposées, celles-ci sont valables aussi bien pour les rails de nuance normale que pour ceux de nuance dure (tableau fig.3.1). Dans l'ensemble, les tolérances ont été réduites par rapport à l'ancienne version.

3. Conditions de réception

- Le texte des "conditions de réception" est simplifié;
- Des clauses nouvelles sont introduites pour tenir compte de la coulée continue;
- Le prélèvement et la proportion des essais sont précisés;

La position relative des prélèvements pour les divers essais se présente dans le lingot laminé comme indiqué par le croquis ci-après :



Fig. 1

- La définition de la qualité des différentes nuances d'acier à rail est simplifiée.

860

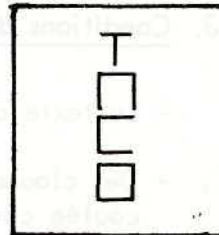
0

ANNEXE 1

MARQUES (article 1.3.1)

1 - SYMBOLE DES PROCEDES D'ELABORATION

- Procédé Thomas
- Procédé Siemens-Martin basique
- Procédé Electrique
- Acier affiné par soufflage à l'oxygène



2 - SYMBOLE DE LA NUANCE DE L'ACIER

Qualité 70	: pas de symbole
Qualité 90 A	: ==
Qualité 90 B :	: ==

3 - EXEMPLE DE MARQUES DE LAMINAGE

- Rail en acier Thomas de qualité 70
FIRME 79 UIC 60 T
- Rail en acier électrique de qualité 90 A
FIRME 79 XI UIC 54 [==
- Rail en acier affiné par soufflage à l'oxygène de qualité 90 B
FIRME 79 113 □ ==

Figure 3.2

La mention des procédés d'élaboration est supprimée (tableau fig.3.2) et on ne distingue plus que trois nuances au total :

Qualité	Composition chimique (1)					Charge de rupture N/mm ²	Allongement après rupture %
	C %	Mn %	Si %	P max %	S max %		
Nuance 70	0,40-0,60	0,80-1,25	0,05-0,35	0,055	0,05	680-830 880 min	14 pour 5d
Nuance 90A	0,60-0,80	0,80-1,30	0,10-0,50	0,05	0,05		10 pour 5d
Nuance 90B	0,55-0,75	1,30-1,70	0,10-0,50	0,05	0,05		

(1) Par accord entre producteur et client, les fourchettes de valeurs fixées pour la composition chimique peuvent être légèrement modifiées afin de permettre d'obtenir les caractéristiques mécaniques minimales prescrites pour le profil commandé et en fonction du procédé de fabrication utilisé.

- Les contre-essais sont précisés pour tenir compte notamment de la coulée continue;
- Le processus des essais de chocs est modifié et simplifié pour tenir compte de l'évolution des procédés d'élaboration. Il est admis que le poids du mouton et la hauteur de chute peuvent varier.
Le nombre des essais et contre essais est détaillé dans un schéma annexé;
- Le gabarit d'asymétrie a été modifié pour tenir compte des nouvelles tolérances;
- L'album des macrographies-limites de 1966 reste valable.

MINIERE SOUS LA FERME "VESQUE"



Niveau 374,07

Niveau 373,27

Hauteur = 2,60 m
 SiO₂ = 15,49 % COUCHE ROUGE
 CaO = 12,72 %
 Fe = 32,75 %



Niveau 370,67

Hauteur = 1,40 m INTERMEDIAIRE

Niveau 369,27

Hauteur = 1,00 m
 SiO₂ = 19,62 % COUCHE JAUNE
 CaO = 11,60 %
 Fe = 31,84 %



Niveau 368,27

INTERMEDIAIRE
 Niveau 367,47

Hauteur = 2,40 m
 SiO₂ = 14,79 % COUCHE GRISE
 CaO = 10,63 %
 Fe = 34,27 %



Niveau 365,07

Hauteur = 1,80 m
 SiO₂ = 40,00 % INTERMEDIAIRE
 CaO = 10,86 %
 Fe = 17,80 %



Niveau 363,27

Hauteur = 1,80 m
 SiO₂ = 16,00 % COUCHE NOIRE
 CaO = 5,14 %
 Fe = 38,04 %



Niveau 361,47

INTERMEDIAIRE
 Niveau 360,87
 COUCHE VERTE



4. L'élaboration de l'acier à rails

4.1. Préambule

Deux nuances d'acier sont actuellement utilisées pour la fabrication des rails destinés à la S.N.C.B. :

- la nuance 680/830 N/mm².

Cet acier est élaboré au départ de minerais lorrains transformés en fonte dans un haut fourneau. Celle-ci est ensuite affinée au convertisseur.

- la nuance A, de qualité naturellement dure ayant une résistance minimum de 880 N/mm². Celle-ci est élaborée en acier électrique obtenu par la fusion de ferrailles ou par le procédé LD-AC.

4.2. La fabrication d'acier de qualité courante 680/830 N/mm² (70/85 kg/mm²).

4.2.1. Les minerais

4.2.1.1. Provenance.

Les usines sidérurgiques luxembourgeoises utilisent encore essentiellement des minettes lorraines dont les gisements sont situés à proximité.

Il s'agit d'hématite brune, c'est-à-dire de l'oxyde de fer hydraté ($2 \text{ Fe}_2 \text{ O}_3 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$) qui se présente comme un agglomérat de grains arrondis, les colites qui ont la grosseur d'une tête d'épingle.

A l'état pur, il contient 60% de fer et 14,5% d'eau de combinaison.

Le minerai exploité titre de 26 à 38% de fer suivant les couches, dont l'épaisseur totale atteint une dizaine de mètres.

L'exploitation se fait à ciel ouvert ou est souterraine.

Les exploitations se trouvent en Belgique, au Luxembourg et en France (fig. 4.1)

- Les mines belges

L'exploitation d'Halanz(1) qui produisait des minerais calcaireux a cessé ses activités fin 1978.

- Les mines luxembourgeoises

Ces exploitations sont groupées en deux bassins distincts :

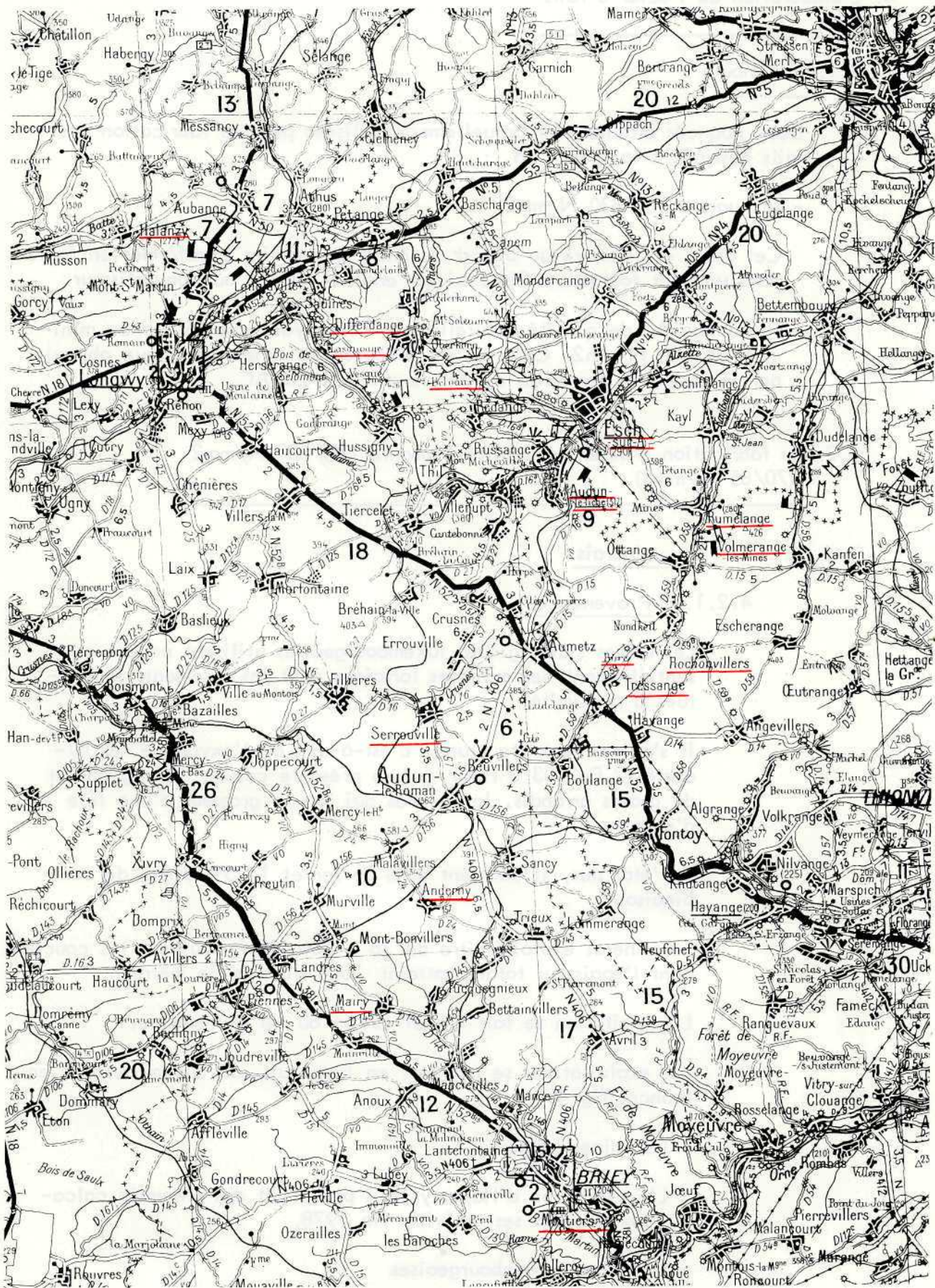


Figure 4.1 — Emplacements des exploitations minières du bassin lorrain.

1. Le bassin silicieux avec l'exploitation souterraine de Thillenbergr à Differdange (2) (*) propriété de l'ARBED qui est encore en activité. Les exploitations de Lasauvage (3) (Rodange) et de Rollesberg-Belvaux (4) (Arbed) ont cessé leurs activités en 1978.

2. Le bassin calcaire.

L'exploitation à ciel ouvert d'Esch-Lallingerberg (5) (Arbed) et de Rumelange (6) (Arbed) ont cessé leurs activités.

- Les mines françaises

Le patrimoine minier de l'ARBED comporte les mines ci-après qui sont actuellement encore en exploitation :

1. La mine silicieuse de Serrouville à Serrouville.(7)

Les travaux d'infrastructure ont démarré en septembre 1971 et ont été terminés en mai 1973. La production du minerai est assurée par des mineurs continus, technique entièrement nouvelle dans les mines de fer et qui a été mise au point au cours d'essais à la mine de Montrouge. Le minerai est acheminé sur un convoyeur à bande jusqu'à un accumulateur au fond où il est stocké. Il est ensuite expédié sur le carreau d'Esch en empruntant le réseau des mines d'Errouville, dont l'exploitation a été arrêtée en 1974 et de Montrouge.

2. Les mines calcaires, notamment :

Montrouge à Audun-le-Tiche (8) à laquelle a été rattachée la mine de Bure. (9)

La mine Ferdinand à Tressange (10) (Moselle).

Ajoutons à celà d'autres minières lorraines, celles d'Anderny (11), de Moutiers (12), Mairy (13), Rochonvillers (14), etc...

(*) Les repères se réfèrent à la fig.4.1.

Fig. 4.2. ANALYSES MOYENNES DES ARRIVAGES DE MINERAIS.

I. CALCAREUX

Provenances	Humidité %	Composition s/hum.				CaO SiO ₂	Composition sur sec										% des 6 mois précédents	
		Fe	CaO	SiO ₂			Fe	CaO	SiO ₂	Mn	Al ₂ O ₃	MgO	P	S	Perte au feu	CO ₂	Fe s/sec	CaO/SiO ₂
		%	%	%	%		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
MINETTES LORRAINES																		
ARBED :																		
Mont Rouge	8,08	26,19	19,36	7,43	2,61	28,49	21,06	8,08	0,20	3,71	0,83	0,61	0,04	22,75	15,37	29,99	2,35	
Ferdinand	7,63	27,19	19,11	5,64	3,39	29,44	20,69	6,11	0,24	3,61	1,13	0,62	0,06	23,43	16,13	30,06	3,10	
Moyenne	7,90	26,59	19,26	6,70	2,87	28,87	20,91	7,28	0,22	3,67	0,95	0,61	0,05	23,03	15,68			
AUTRES :																		
Anderny	9,83	29,10	15,79	6,13	2,58	32,27	17,51	6,80	0,26	3,76	1,22	0,62	0,05	22,08	15,12	32,45	2,51	
Moufiers	7,51	29,18	16,80	7,19	2,34	31,55	18,16	7,77	0,25	4,19	0,94	0,60	0,07	21,06	12,60	34,38	1,97	
Mairy	10,17	29,81	14,99	5,86	2,56	33,19	16,69	6,52	0,29	3,75	1,34	0,65	0,07	21,60	14,11	34,31	2,40	
Rochonvillers	10,57	25,96	17,33	6,75	2,57	29,03	19,38	7,55	0,22	4,06	1,32	0,59		23,26	17,22			
Moyenne	9,74	27,83	16,55	6,58	2,52	30,83	18,34	7,29	0,25	3,98	1,23	0,61	0,13	22,31	15,36			
Total et moyennes des minettes calcaireuses lorraines	8,11	26,73	18,95	6,69	2,83	29,09	20,62	7,28	0,22	3,71	0,98	0,61	0,06	22,95	15,64			
MINETTES LUXEMBOURGEOISES																		

II. SILICEUX

MINETTES LORRAINES																		
ARBED :																		
Mont Rouge	9,87	30,81	8,21	14,55	0,56	34,18	9,11	16,14	0,22	5,82	1,72	0,77	0,10	15,41	7,56	35,58	0,50	
Serrouville	11,08	29,70	7,32	14,23	0,51	33,40	8,23	16,00	0,24	6,05	1,71	0,73	0,10	15,31	6,72	34,48	0,48	
Total et moyenne des minettes siliceuses lorraines	10,44	30,29	7,79	14,39	0,54	33,82	8,70	16,07	0,23	5,93	1,72	0,75	0,10	15,36	7,17			
MINETTES LUXEMBOURGEOISES																		
Thillenber	13,90	29,58	7,32	14,06	0,52	34,35	8,50	16,33	0,30	5,20	1,90	0,70	0,12	15,82	8,15	33,80	0,48	
Total et moyenne des minettes siliceuses	11,15	30,15	7,69	14,32	0,54	33,93	8,66	16,12	0,24	5,78	1,76	0,74	0,10	15,45	7,37			

III. MINERAIS RICHES FINS MIS AU BEDDING.

Provenance	Humidité	Analyse sur sec													CaO SiO ₂
		Fe	CaO	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	S	CO ₂	P ₂ O ₅	C	Perte au feu	
Kiruna DF (Anvers)	1,99	60,90	4,15	4,78	25,61	58,63	0,98	0,85	0,09	0,05	0,40	2,30		0,91	
Pellets "SAMARCO"	1,10	65,59	2,24	2,17			0,31	1,10	0,04		0,08	0,05	0,06	0,02	
Minettes fines mises au bedding															
Calcaireuses	8,11	29,09	20,62	7,28											
Siliceuses	11,15	33,93	8,66	16,12											
														2,83 0,54	

Figure 4.2 Analyse moyenne des arrivées de minerais.

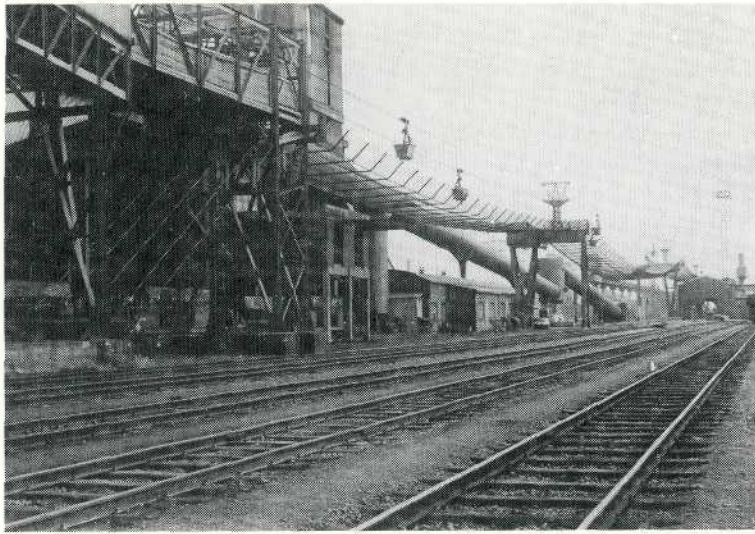


Figure 4.3 Traînage aérien de Rodange transportant le minerai de la mine à l'usine (mis hors service fin 1978).

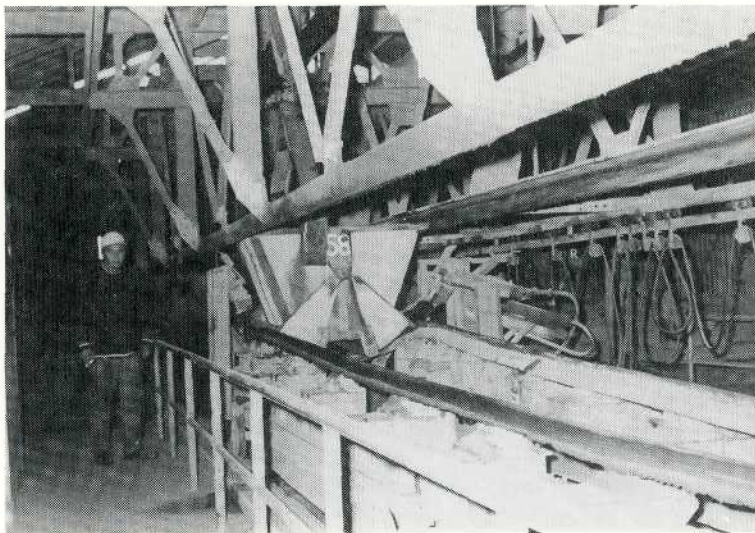


Figure 4.4 Wagonnet du traînage aérien déversant du minerai dans le silo à minerai.

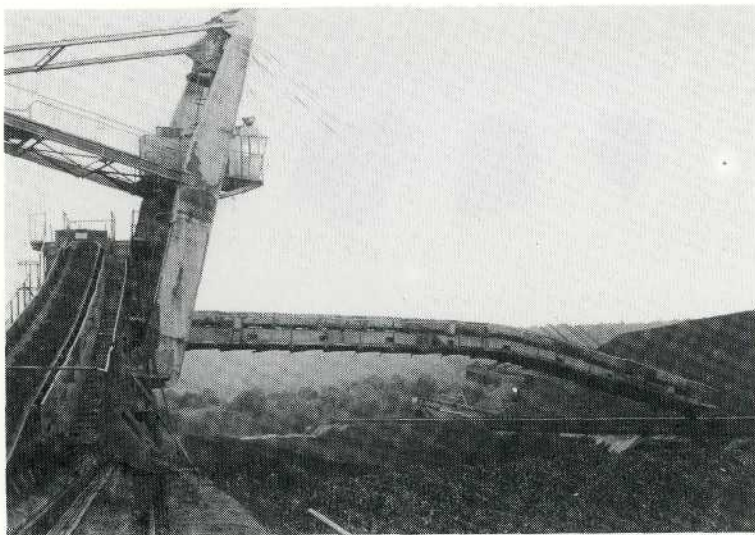


Figure 4.5 Parc d'homogénéisation de minerai ou bedding avec sa machine de mise et de reprise (hors service).

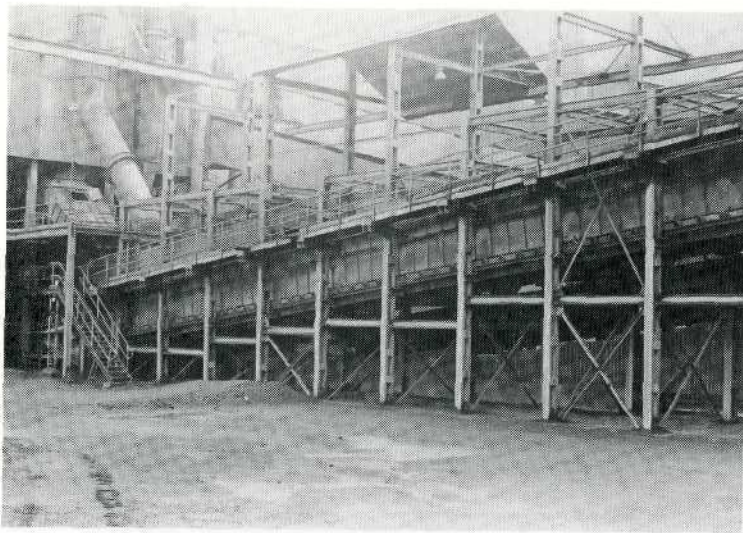


Figure 4.6 Grille de sortie de l'installation d'agglomération Dwight-Lloyd de Rodange (hors service).

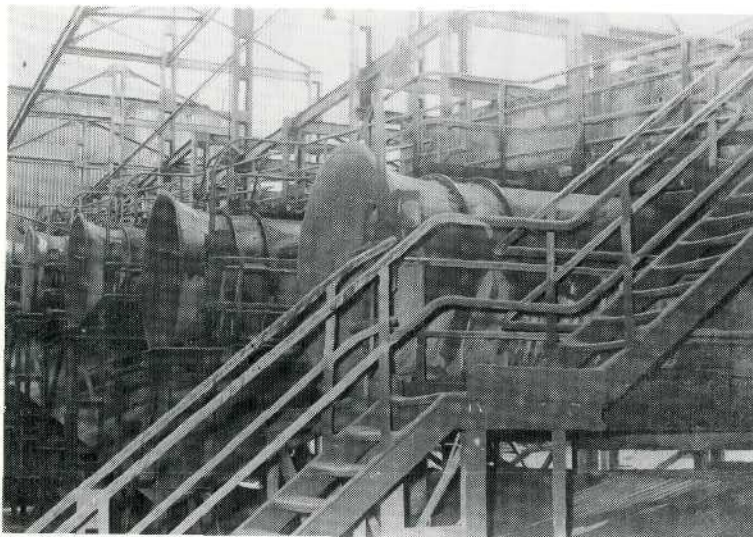


Figure 4.7 Ventilateurs d'aspiration de l'installation d'agglomération Dwight-Lloyd de Rodange.

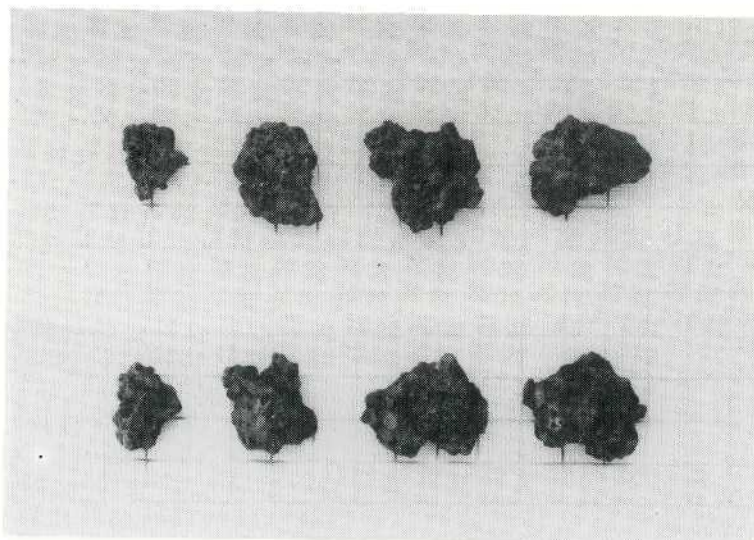


Figure 4.8 Granulés de minerais agglomérés.

Le tableau de la fig.4.2 indique la composition moyenne des divers minerais utilisés.

On notera la teneur prépondérante en Si O₂ dans les minerais acides et celle de CaO dans les minerais basiques. On effectue des mélanges des deux minerais de façon à obtenir un enfournement basique ayant un rapport $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$ d'environ 1,45.

Ce qui fait l'attrait des minettes lorraines, c'est le rapport $\frac{\text{P}}{\text{Fe}}$ qui est très régulier et avec lesquelles on obtient une fonte titrant $\pm 1,75\%$ de P.

C'est grâce au procédé Thomas que les minettes lorraines ont été valorisées et que la sidérurgie implantée près des minières a connu un essor sans précédent dès la fin du siècle dernier.

Pour terminer, signalons que l'on utilise également des minerais exotiques, constitués d'hématite rouge (Fe₂ O₃) riche en fer (65-69% Fe) en provenance du Brésil ou de magnétites (Fe₃ O₄) en provenance de Suède (voir fig.4.2., partie III) (60-65% Fe) que l'on ajoute aux minerais lorrains à raison d'un maximum de 10% pour augmenter la teneur en fer du lit de fusion.

Préparation des minerais

Les minerais locaux soit pauvres en fer, mais ont le bénéfice d'être pratiquement à pied d'oeuvre (fig.4.3, 4.4).

En vue d'accroître leur rentabilité et leur réductibilité ainsi que la qualité de la fonte produite (notamment par l'abaissement de la teneur en S) on procède au traitement intégral par agglomération de l'enfournement du haut fourneau sur bande Dwight-Lloyd.

Les installations d'agglomération comprennent :

- un circuit de broyage-criblage constitué de concasseurs à cylindres dentés, suivi d'un circuit de broyage à broyeurs à marteaux et de lignes à 3 cribles en série;
- un parc d'homogénéisation de grande capacité dénommé bedding (fig.4.5);
- une agglomération sur grille du type Dwight-Lloyd (fig.4.6, 4.7).

L'aggloméré est constitué pour 80% de granulés de 40 à 50 mm (fig.4.8) titrant 42-43% de Fe, dont l'analyse est donnée au tableau (fig.4.9)

Fig. 4.9. MINÉRAIS AGGLOMÉRÉS

	Hu- mi- di- té	Analyse sur sec															I S O	
		Fe	CaO	SiO ₂	Fe mét.	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	S	CO ₂	P ₂ O ₅	C	Per- te au feu	CaO SiO ₂	+ 6,3	- 0,3
Agglomération DL S 400		41,59	18,36	12,43	0,18	8,35	49,93	1,29	5,26	0,34	0,06	0,08	1,80	0,06		1,48	64,27	8,10
Agglomération DL S 320		41,63	18,38	12,44	0,03	8,56	49,97	1,22	5,32	0,34	0,07	0,08	1,84	0,06		1,48	65,07	7,73

Figure 4.9 Analyse des minerais agglomérés.

4.22 Le Haut-fourneau.



Coulée du haut-fourneau.



Poche de coulée de fonte (avant-plan) et coulée du laitier dans une poche à laitier (humpen).

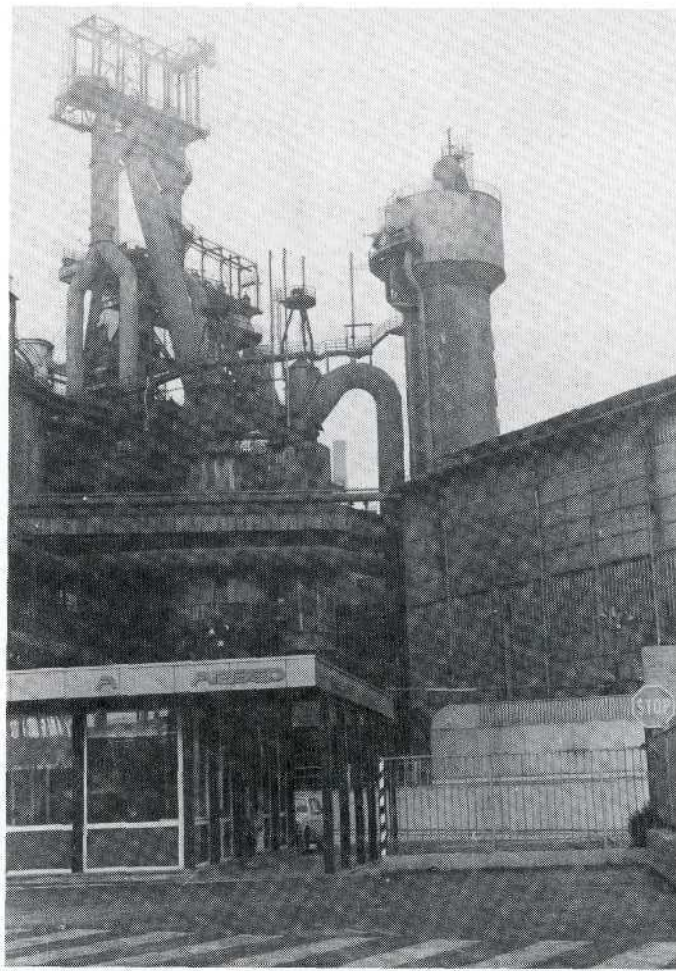


Figure 4.10 Haut-fourneau d'ARBED Differdange.

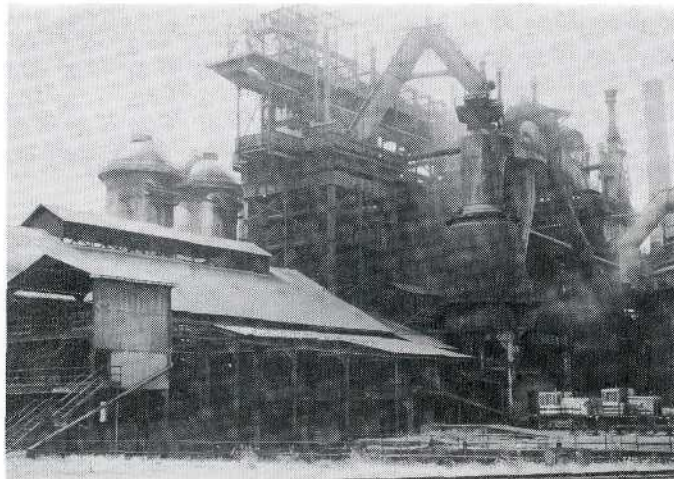


Figure 4.11 Haut-fourneau de Rodange (hors service).

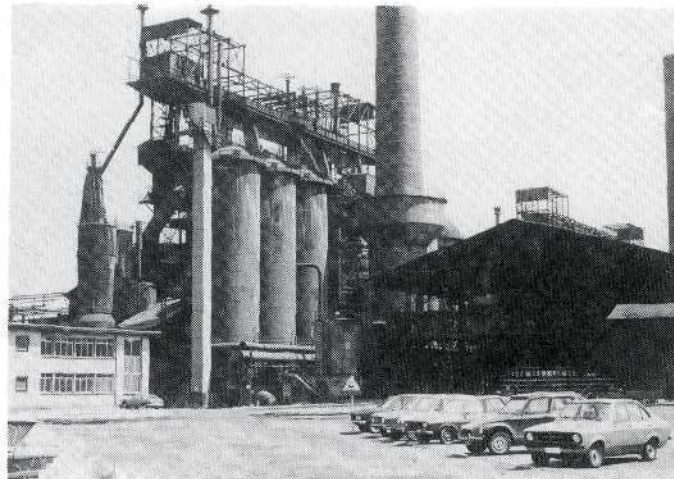


Figure 4.12 Cowpers d'un des hauts-fourneau de Rodange (hors service).

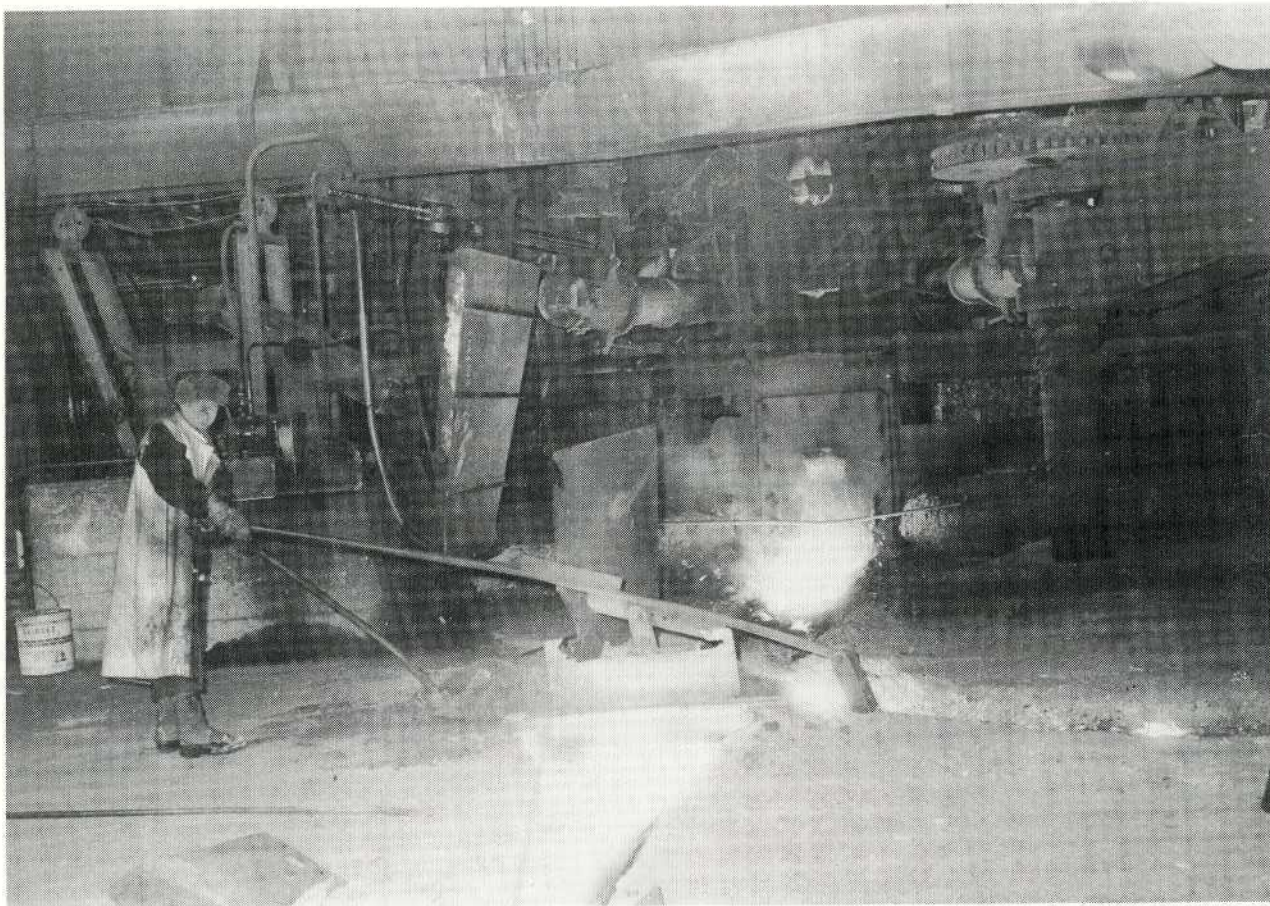


Figure 4.13 Coulée de la fonte du haut-fourneau.

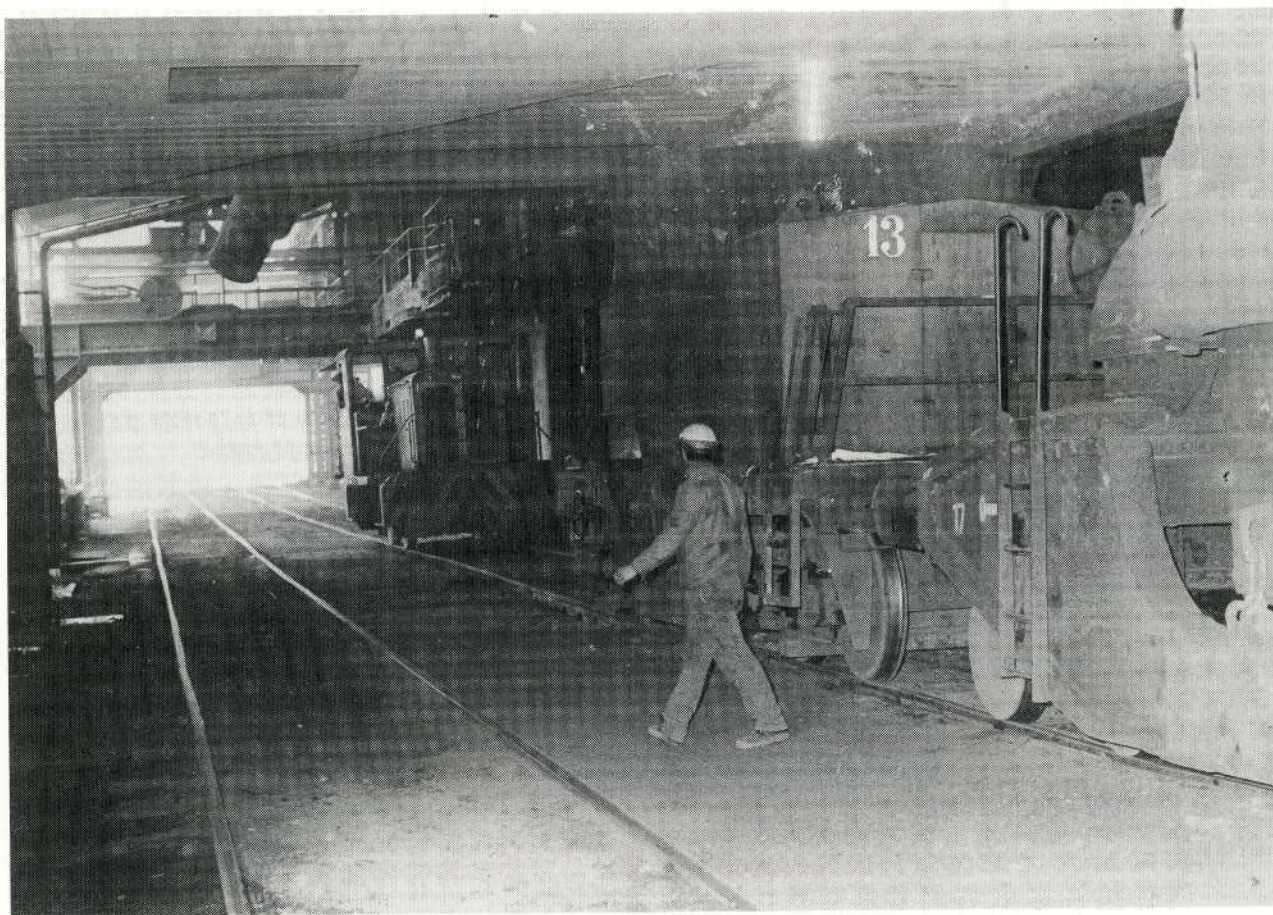


Figure 4.14 Tunnel de coulée de la fonte et du laitier situé sous le plancher du haut-fourneau.

Schema de fonctionnement d'un haut-fourneau

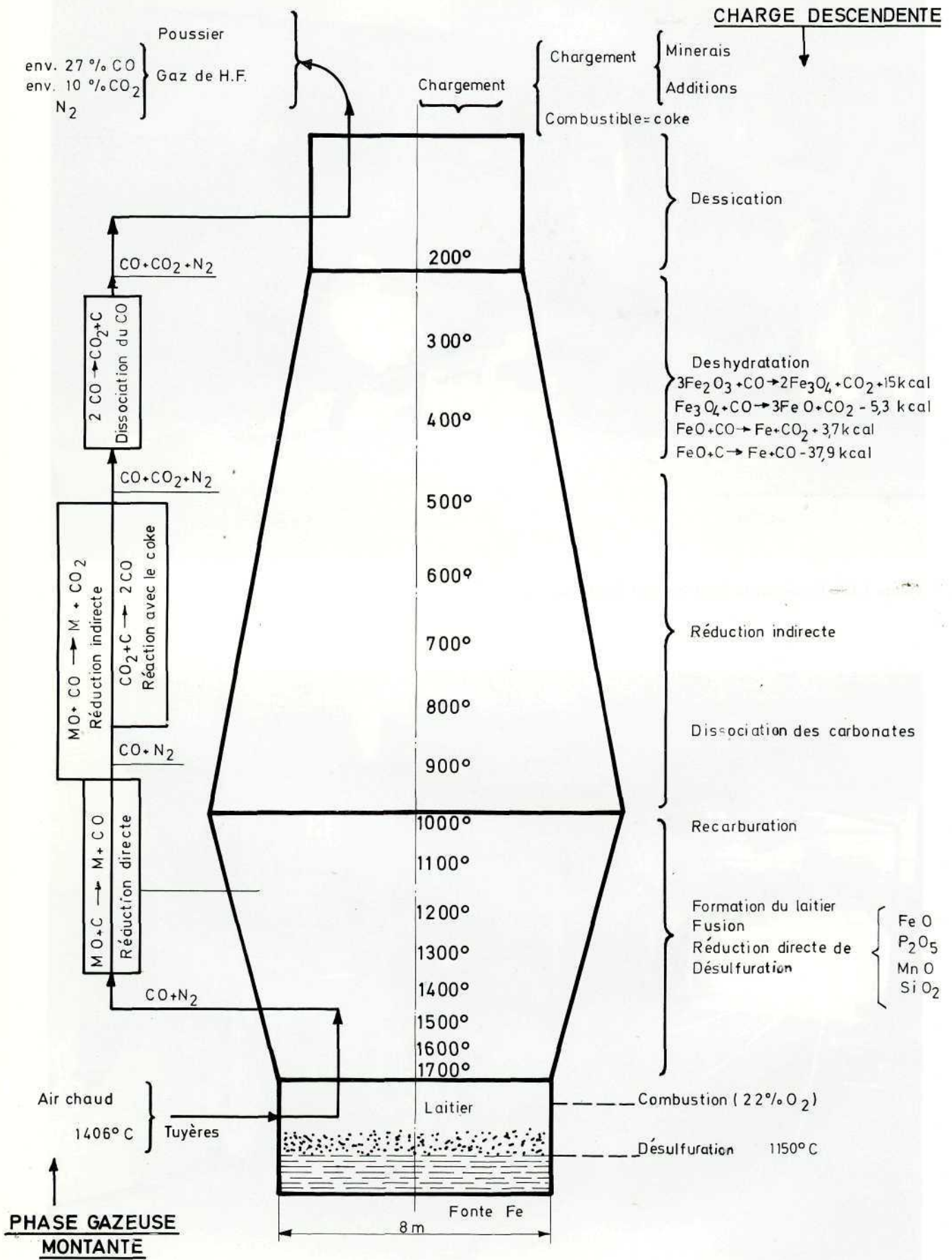


Figure 4.15 Schéma de fonctionnement d'un haut-fourneau.

4.2.2. Le haut-fourneau

Les hauts-fourneaux qui fournissent actuellement la fonte d'affinage pour l'acier à rail ont été construits en 1964. (fig. 4.10).

Les anciennes installations sont progressivement arrêtées, celles de Rodange l'ont été fin 1978 (fig. 4.11 et 4.12).

Les hauts-fourneaux en activité ont un creuset de 8 m, un volume utile de 1 200 m³ et une capacité de production de 1 850 tonnes de fonte par jour. Le chargement en minerais agglomérés, de coke métallurgique et de pellets en provenance du Brésil se fait par bandes et skips.

Le tout est entièrement automatique, programmé à l'avance et commandé par le niveau des sondes disposées dans le haut-fourneau.

Ils sont équipés pour l'injection de fuel-oil extra-lourd (75 kg de fuel par tonne de fonte produite) et d'oxygène (enrichissement de l'air insufflé d'environ 1%).

Le vent est chauffé à 1 150° C.

Le haut-fourneau fonctionne jour et nuit et produit à intervalles réguliers de la fonte (fig. 4.13 et 4.14) et du laitier qui sont coulés en poche.

Les poches de fonte sont acheminées vers le mélangeur tandis que le laitier est revalorisé.

La fig. 4.15 représente le schéma de fonctionnement du haut-fourneau.

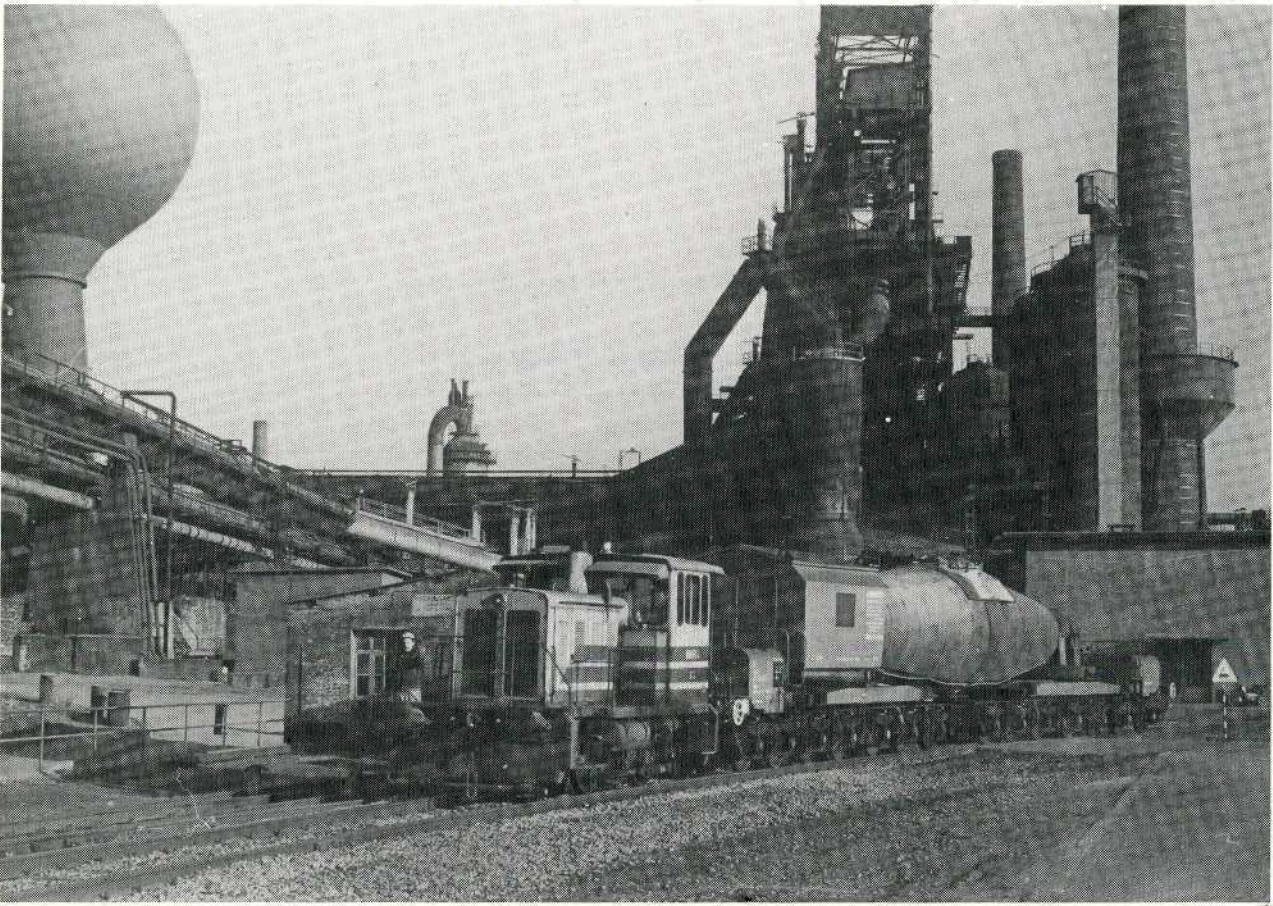


Figure 4.16 Locomotive de manœuvre amenant une poche torpille contenant 120 t de fonte liquide à Rodange.

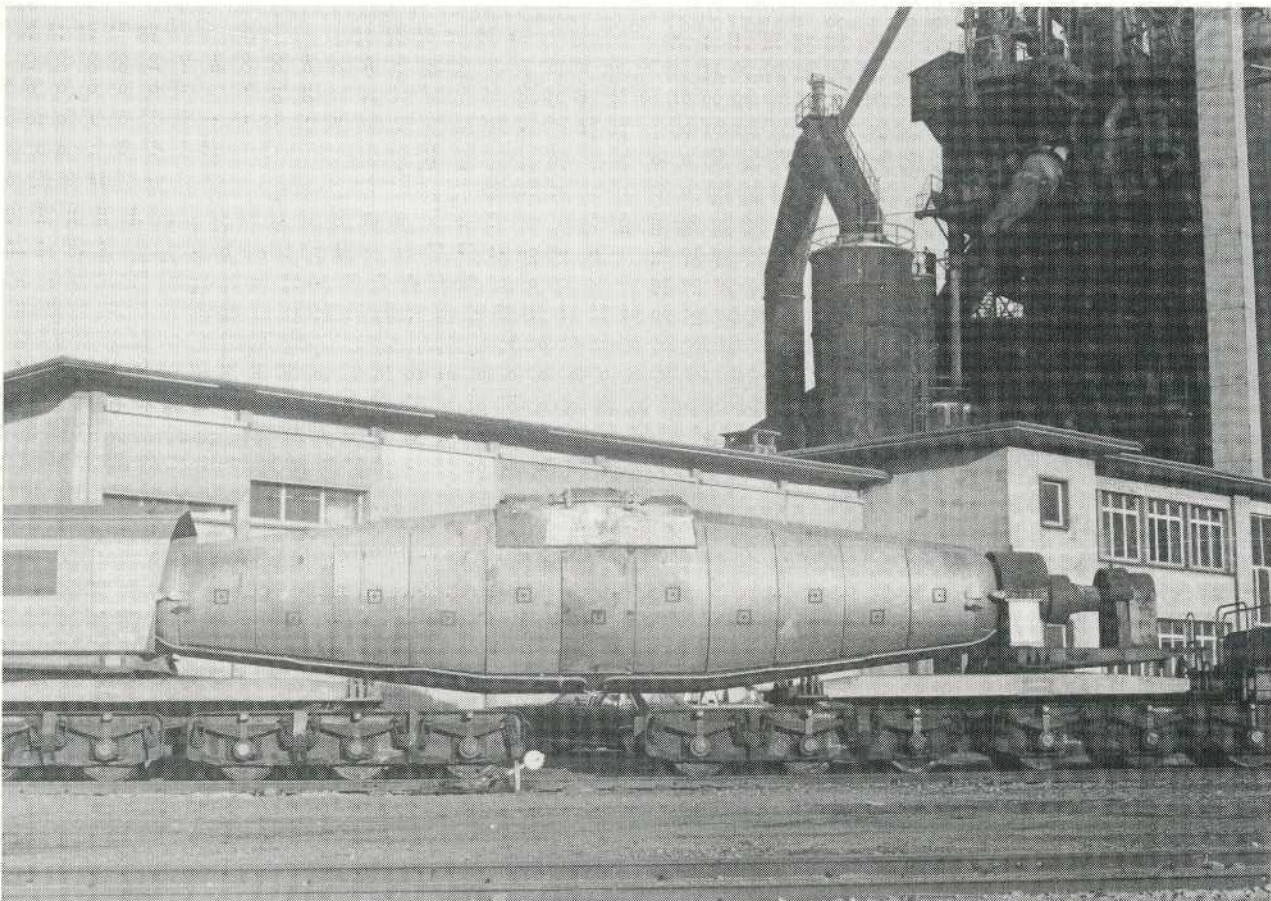
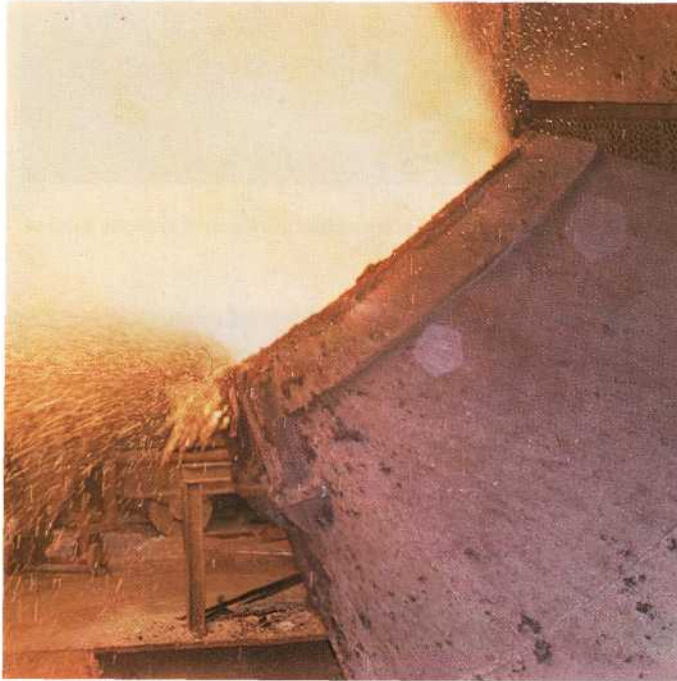


Figure 4.17 Vue d'ensemble de la poche torpille.

4.24 La conversion.



Jet d'étincelles lors du basculement final du convertisseur.



Coulée du métal en chute dans des lingotières masselottées.

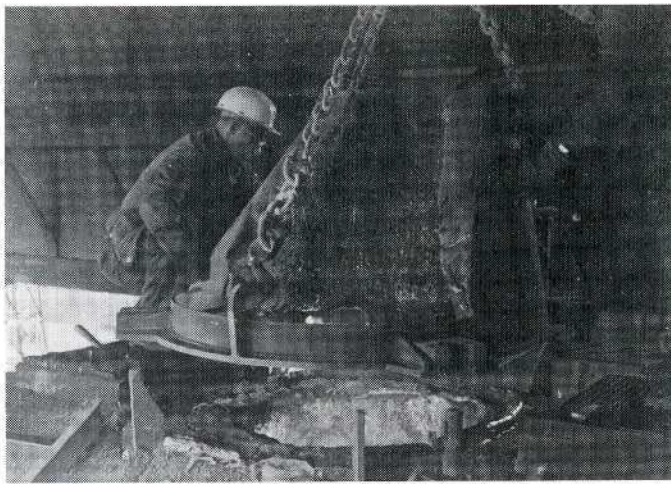


Figure 4.18 Fixation du cône réfractaire sur le trou de coulée de la poche torpille.

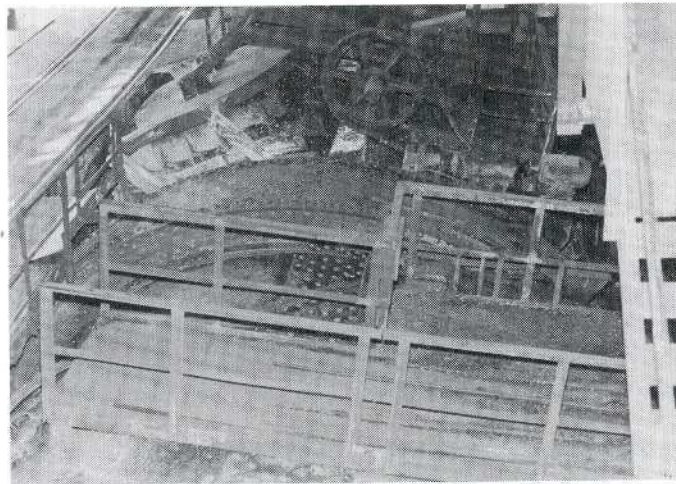


Figure 4.19 Mélangeur de 1000 t de capacité.

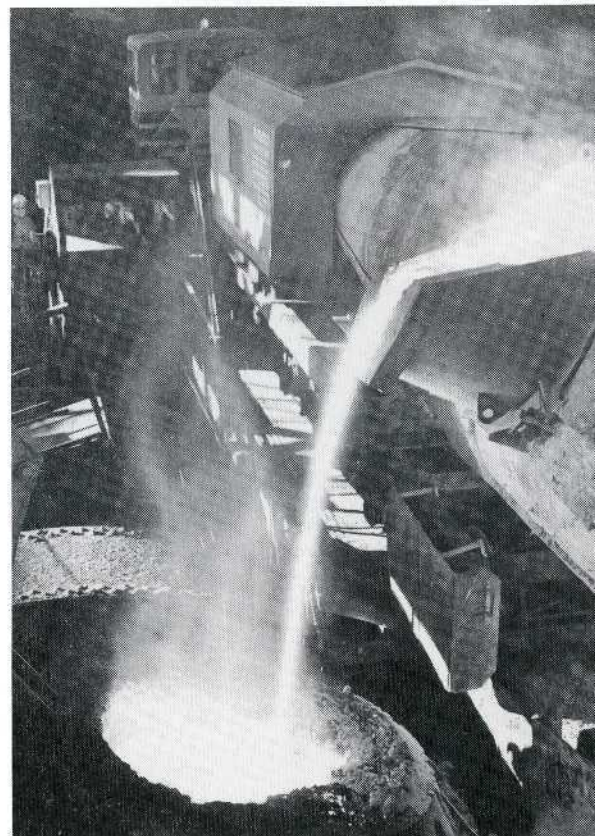


Figure 4.20 Poche torpille déversant la fonte dans le mélangeur.

Depuis l'arrêt des hauts fourneaux de Rodange, la fonte utilisée par l'aciérie est produite dans les hauts fourneaux de Belval ou de Differdange.

Elle est transportée en wagons poches torpilles de 120 t de capacité (fig. 4.16 et 4.17) via le réseau CFL vers le mélangeur de l'usine de Rodange où elle est emmagasinée.

4.2.3. Le mélangeur (fig.4.18, 4.19 et 4.20)

Grand cylindre de 1 000 tonnes de capacité, il sert d'accumulateur de fonte, permettant d'absorber les surplus produits pendant les jours fériés.

C'est ici qu'intervient la désulfuration en poche.

La fonte du mélangeur est versée dans une poche contenant du carbonate de sodium.

Il se forme une scorie sulfureuse (Na_2S) qui est décrassée et envoyée au crassier.

La fonte convenant pour l'élaboration de l'acier à rail a une texture blanche et une analyse moyenne :

<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Si</u>	<u>T°</u>
3,79	0,32	1,71	0,024	0,62	1 280° à 1 300°

4.2.4. La conversion

4.2.4.1. L'enfournement

L'enfournement comprend en plus de la fonte, de la chaux et des riblons.

- La fonte.

Un des facteurs importants est sa teneur en silicium. Une fonte trop silicieuse se souffle mal et est vite chimiquement chaude.

L'addition plus ou moins importante de riblons permet d'en corriger les effets nocifs.

Un autre facteur est la chaleur physique de la fonte. A l'enfournement au convertisseur, sa température oscille entre 1 280° et 1 300 °.

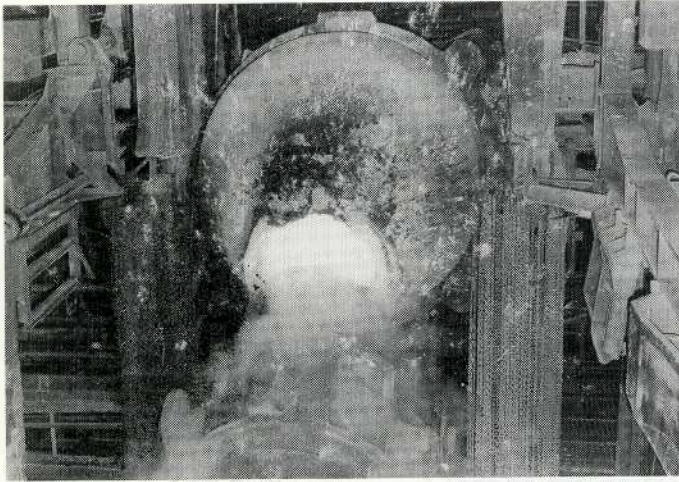


Figure 4.21 Convertisseur OBM en cours de chargement de la mitraille.



Figure 4.22 Convertisseur OBM en cours de décrassage.

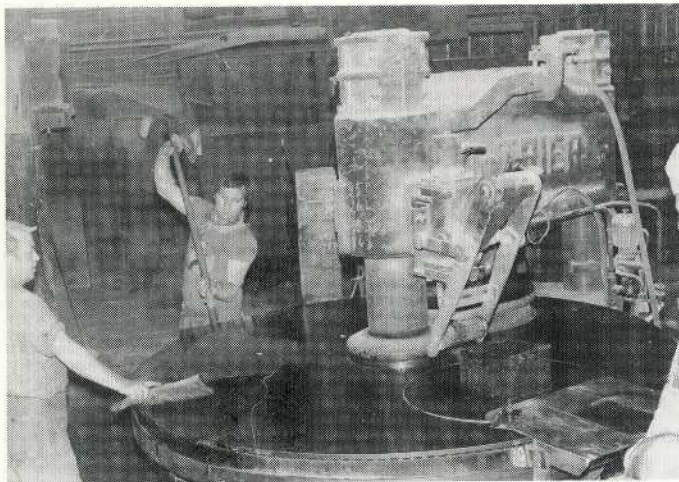


Figure 4.23 Confection des briques réfractaires destinées au revêtement du convertisseur.

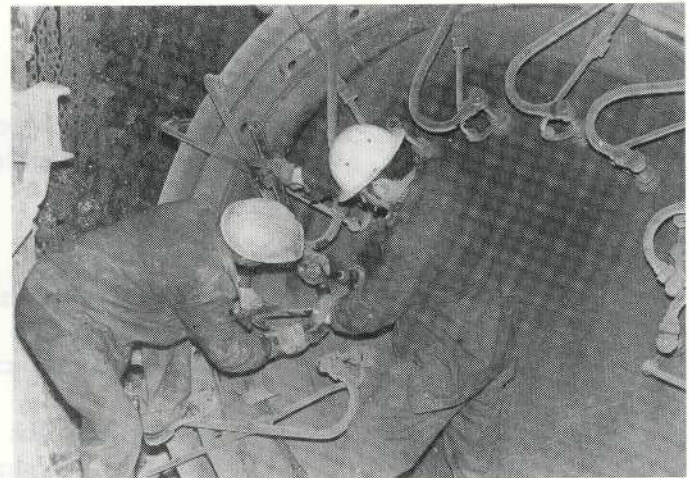


Figure 4.24 Fond d'un convertisseur OBM avec les tuyères de soufflage.

- La chaux.

La chaux d'aciérie doit être la plus pure possible.

Sont gênants, le soufre et la chaux fusée, c'est-à-dire hydratée.

La vapeur d'eau qui se forme est dissociée aux températures élevées qui règnent dans le bain et donne lieu à l'introduction d'hydrogène dans le métal en fusion.

- Les riblons

Le remplacement de l'air (contenant 21% d'oxygène) par de l'oxygène pur a eu pour effet de libérer une quantité non négligeable de chaleur qui était autrefois emportée par le flux d'azote traversant le bain.

Le refroidissement du bain se fait par l'addition de ferrailles non rouillées en vue d'éviter l'introduction de nouvelles quantités d'hydrogène.

4.2.4.2. L'élaboration proprement dite

Nous décrirons successivement :

- le procédé OBM (Oxygen Bodem Maximilianshütte)
- le procédé LD-AC (Linz Donawitz Arbed CNRS)

4.2.4.2.1. Le procédé OBM dans des cornues de 25 t (fig. 4.21, 4.22 et 4.23) (anciennes cornues Thomas transformées).

Il s'agit d'un procédé dans lequel on souffle de l'oxygène pur par le fond de la cornue à travers des tuyères (fig.4.24). Comme la flamme se crée au nez de celles-ci à une température très élevée, il est nécessaire de refroidir ces tuyères pour éviter leur destruction. On utilise pour cela la chaleur de dissociation d'un hydrocarbure qui est dans ce cas du gaz naturel.

Pour la fonte phosphoreuse, les opérations métallurgiques se déroulent comme au Thomas.

Il y a élimination successive :

- du Si sous forme de $2 \text{Ca} \text{O} \text{Si} \text{O}_2$ qui se rassemble dans la scorie;

- du C sous forme de CO et CO₂ qui s'échappent par le bec de la cornue en donnant la flamme caractéristique de l'élimination du carbone;
- du P sous forme de $4 \text{ CaO} \cdot \text{P}_2 \text{O}_5$ qui rejoint la scorie déjà formée.

On termine le soufflage par un brassage à l'azote, ce qui offre comme avantage de diminuer le phosphore du bain par un meilleur équilibre physico-chimique de celui-ci et de la scorie, réduisant ainsi la teneur en hydrogène résiduel.

Caractéristiques de l'acier OBM en partant de fonte phosphoreuse :

- la teneur en P : en travaillant en deux phases et avec un brassage à l'azote, on obtient les teneurs du LD-AC (0,040 max.)
- la teneur en soufre : toutes choses égales, la teneur en S est légèrement inférieure à celle des aciers Thomas. En désulfurant convenablement la fonte et en faisant un double laitier, on atteint les valeurs du LD-AC (0,035 max.)
- la teneur en azote : en utilisant le gaz naturel contenant 15% d'azote, la teneur en azote dans l'acier augmente d'environ 0,0015% mais reste inférieure à 0,008%.
- la teneur en C-Mn-Si :
les teneurs en C-Mn-Si désirées sont obtenues par addition en poche de graphite, de Fe Mn et de Fe Si.
- la teneur en hydrogène :

la teneur en hydrogène de l'acier OBM en cornue est plus élevée que pour les autres procédés de soufflage à l'oxygène et que pour le procédé Thomas, cela vient du fait qu'on utilise un hydrocarbure pour refroidir les tuyères.

La teneur en hydrogène dans le bain d'acier en cornue, après le soufflage normal, est fort variable, elle dépend principalement de la température de fin de soufflage. En moyenne, elle est de 6 cc/100 g avec une dispersion de 2,2 cc/100 g.

Si l'on coule cet acier directement en poche avec les additions requises pour obtenir l'analyse des rails ordinaires, la teneur en hydrogène s'abaisse à $5 \pm 1,2$ cc/100 g.

Cette teneur est plus élevée que celle que l'on obtenait au Thomas qui était de $3,9 \pm 1,1$ cc/100 g et permettait de garantir des rails de qualité ordinaire sans défauts internes.

En vue de diminuer les teneurs en hydrogène le processus suivant a été arrêté :

- soufflage normal de la charge en maintenant les paramètres du bain dans les limites ci-après :

Température : 1 620 - 1 630 ° C
P du bain : 0,060 - 0,090%
Fe de la scorie : 7 à 11%;

- décrassage;
- barbotage à l'azote pendant environ 100 secondes avec un débit de 80 m³ N/min pour arriver à une température de 1 570° - 1 580° et un P de 0,025 - 0,040%;
- coulée en poche avec addition de graphite, Fe Mn, Al, SiZr et FeSi en vue de réaliser un calmage complet de l'acier.

Cette façon de procéder donne un hydrogène sur jet de coulée de $3,3 \pm 1,1$ cc/100 g ce qui est inférieur à la teneur de l'acier Thomas.

Le contrôle ultra-sons en continu a confirmé que les rails obtenus par cette méthode étaient exempts de défauts internes.

4.2.4.2.2. Le procédé LD-AC utilisant une cornue de 170 t (fig. 4.25)

Par tonne d'enfournement, on charge :

- 750 kg de fonte phosphoreuse liquide à 1 200° - 1 300 ° ayant la composition ci-après :

C	Mn	P	Si	S
3,60	0,302	1,7	0,40	0,020

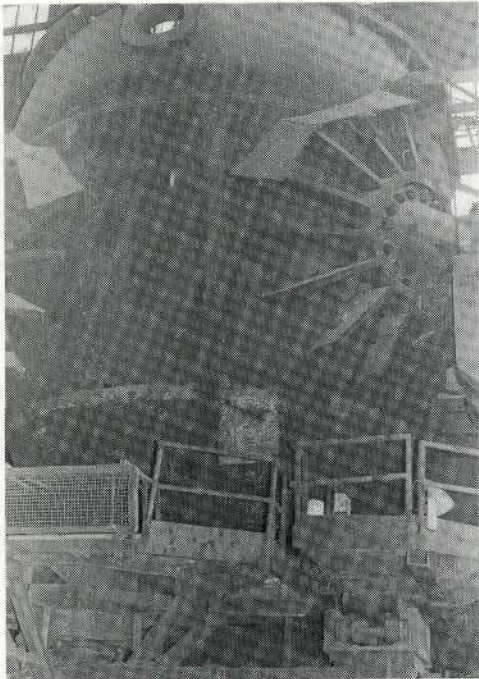


Figure 4.25 Convertisseur LD-AC de 170 t au stand de maçonnage.



Figure 4.26 Poste de commande du convertisseur LD-AC.

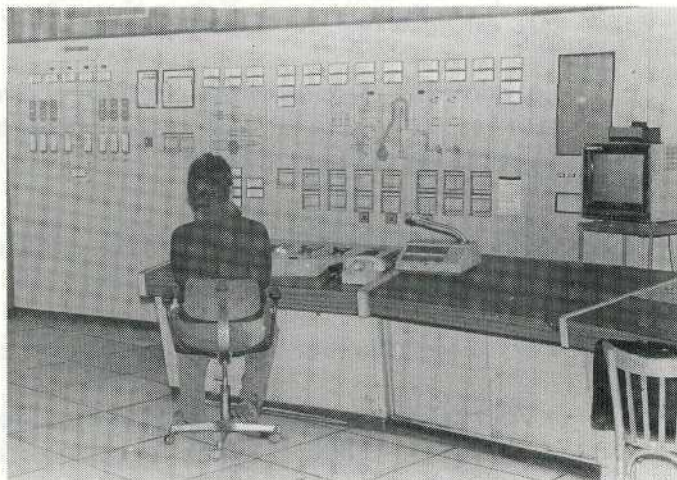


Figure 4.27 Tableau de contrôle situé dans le poste de commande.

- 235 kg de ferrailles
- 12 kg de CaO en poudre
- 3 kg de minerais.

A l'aide d'une lance, on injecte un mélange d'oxygène pur et de chaux pulvérisée.

Au point d'impact chaud et oxydé du jet d'oxygène sur le bain métallique, il y a formation continue et automatique de ferrites de chaux dont on connaît le haut pouvoir déphosphorant.

Dans ce procédé, il est possible d'éliminer le phosphore pendant la décarburation.

Les conditions de soufflage et notamment la hauteur de la lance, la pression, les débits d'oxygène et de chaux, permettent d'obtenir à volonté pendant une grande partie de l'opération, soit des scories solides, soit des scories liquides et de passer indifféremment des unes aux autres.

Les scories liquides présentent une tendance à mousser, ce qui peut donner lieu à des inconvénients si on ne parvient pas à maîtriser le phénomène.

Le degré de moussage est déterminé par la mesure de l'intensité sonore. Après le chargement de la cornue, la lance est mise en place en position haute et un programme de soufflage réglé automatiquement en fonction de l'analyse de la charge, est commandé par l'ordinateur logé dans la salle de commande (fig.4.26 et 4.27). Celui-ci se déroule comme suit :

- 1ère phase d'environ 10' (fig.4.28)

Soufflage à grand débit d'environ 6 000 m³ d'oxygène jusqu'à atteindre 1,25% de C et 0,38% de P.

Ensuite, on exécute un décrassage intermédiaire et les corrections nécessaires par addition de chaux et de castine. Le carbone tombe à 0,94% et le P à 0,201%.

- 2ème phase d'environ 5'

Addition de 45 kg de mitrilles de 7,5 kg de chaux en poudre et de 3 kg de chaux en roche par tonne d'enfournement.

Soufflage d'environ 2 500 m³ d'oxygène avec en fin de soufflage les additions de correction nécessaires

LD-AC Conversion 170 T

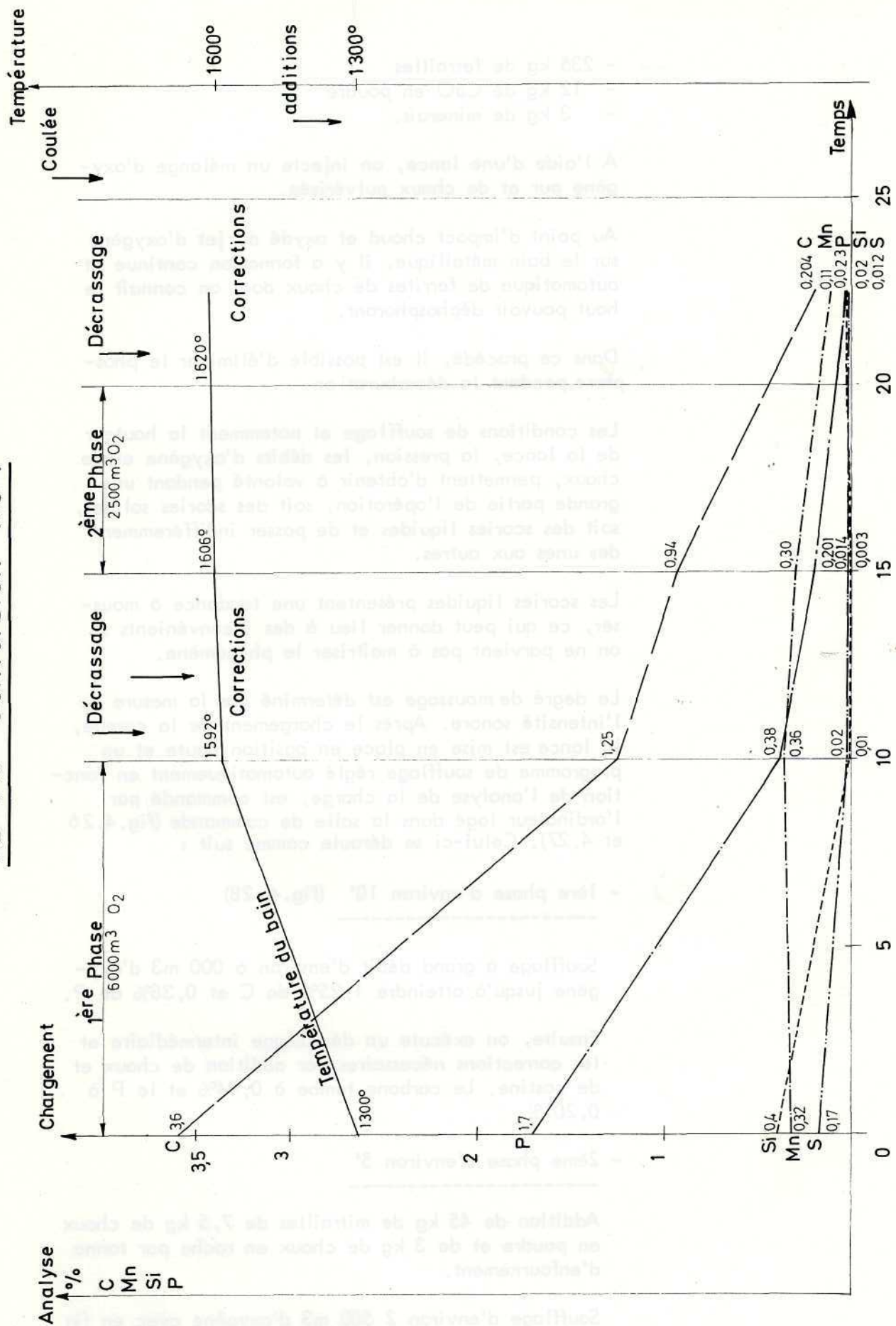


Figure 4.28 Diagramme d'une conversion LD-AC.

pour obtenir l'analyse suivante :

C	Mn	P	S	Si
0,204	0,11	0,023	0,012	0,02

et une température de bain de 1 620°.

- coulée en poche et ajout de 90% des additions nécessaires, notamment du graphite en poudre, du Fe-Mn, de l'Al, du Ca Si Zr

Le solde soit 10% est ajouté dans un poste de barbotage à l'aide d'azote ou d'argon.

On obtient ainsi l'analyse finale de l'acier à rails.

Les teneurs ci-après sont visées :

C	Mn	Si	P	S
0,50	0,95	0,20	0,020	0,010

4.2.5. Le métal après la conversion

4.2.5.1. Le contrôle de la composition du métal

En fin d'affinage et avant le barrage, on prélève une plaquette d'analyse qui est envoyée par un conduit pneumatique vers la spectrographie.

Les résultats de l'analyse du C Mn Cu S, P sont transmis endéans les 3 minutes au télex du plancher de l'aciérie.

Au vu des résultats d'analyses, le responsable de l'aciérie accepte la coulée ou décide de la corriger par un soufflage supplémentaire ou des additions de chaux. Si la coulée est jugée bonne, on procède à l'élimination de la scorie et on coule le métal dans la poche en y incorporant les additions nécessaires (graphite FeS, Al, Zr, etc...).

La poche est dirigée vers le bassin de coulée.

On y prélève un échantillon à la louche dans le cas de la coulée en chute ou un médaillon "spemi" si la coulée se fait en source.

Les résultats des analyses spectrales (C Mn Si, S, P Zr) sont transmis au plancher de l'aciérie et au four pits.



Figure 4.29 Coulée de l'acier en chute directe dans des lingotières masselottées.

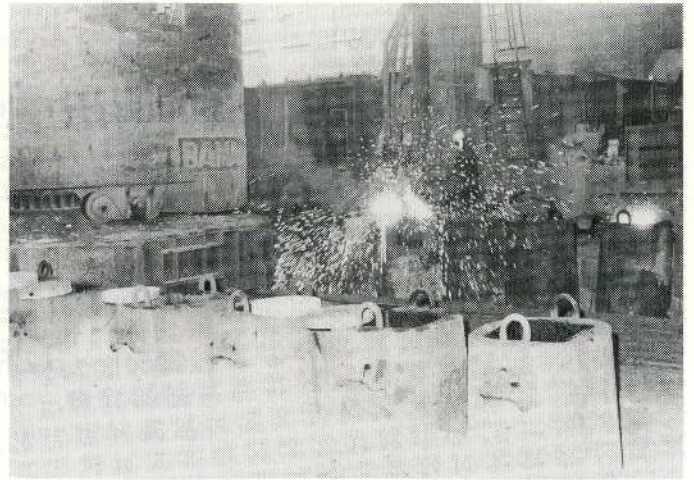


Figure 4.30 Lingotières avec leur coussin amortisseur prêt à être placé au fond.

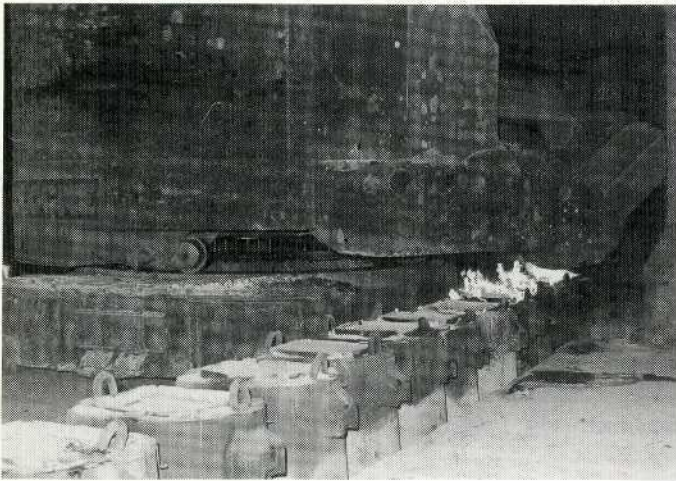


Figure 4.31 Grue de coulée.

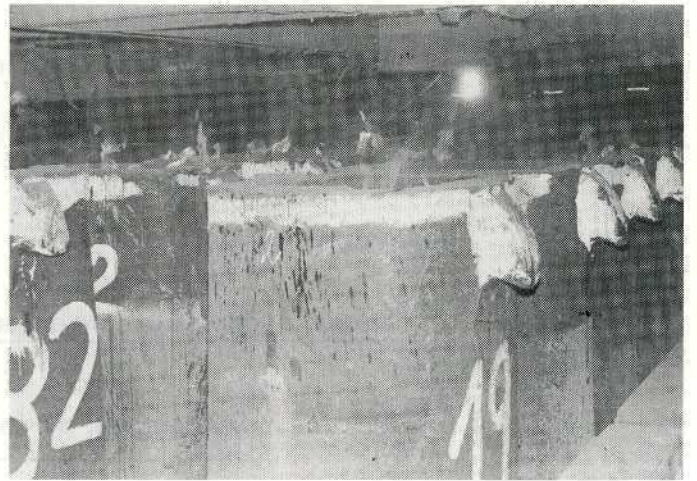


Figure 4.32 Coulée en source de lingots.

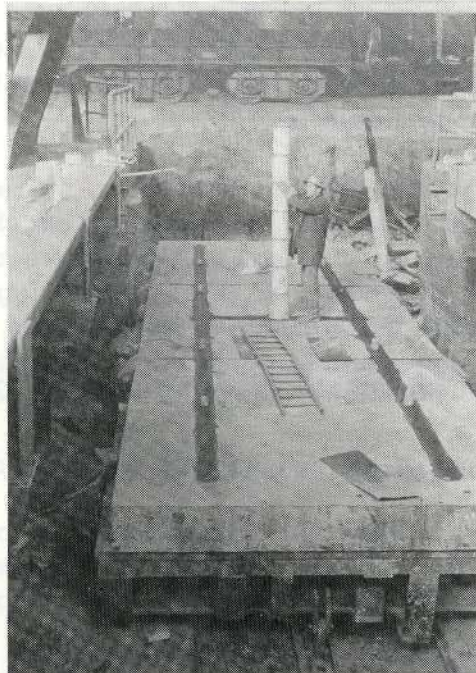


Figure 4.33 Préparation d'une base de coulée en source avec sa mère.

4.2.5.2. La coulée des lingots

Suivant la capacité de la cornue (25 t ou 170 t), on coule de 4 à 5 lingots d'environ 5 t ou 33 lingots de 5 t (ou 15 de 11 t). Le poids du lingot est fixé par le profil et la longueur du rail à laminier.

A l'usine de Rodange, on coule généralement 5 lingots en chute directe (fig. 4.29).

En vue d'éviter les défauts d'aspect, on place une tôle à la partie inférieure de la lingotière ainsi qu'un amortisseur en carton ondulé (fig. 4.30) sur la base. A sa partie supérieure, on fixe des plaques de masselotte en matière réfractaire contre les parois et on dépose un sac de poudre anti-retassante dès que la lingotière est remplie (fig. 4.31).

A Differdange, l'acier est coulé en source (fig. 4.32 et 4.33).

Dans ce cas, le métal s'élève calmement dans les lingotières, sans provoquer d'éclaboussures, qui sont également munies de plaques de masselotte. En fin de coulée, on ajoute aussi de la poudre anti-retassante.

Après un séjour d'environ 2.30 h au bassin de coulée, les lingots sont strippés (fig. 4.34) et mis à chauffer (fig. 4.35) dans les cellules du four pits et portés à une température de 1 250° C pendant 5.30 h. (fig. 4.35 - 4.36).

4.3. La fabrication des rails naturellement durs de 880 N/mm² (90 kg/mm² en acier électrique)

Les aciers naturellement durs de qualité A qui sont fournis à la S.N.C.B., sont élaborés au four électrique suivant la méthode dite d'élaboration à un laitier.

Cette méthode comporte une phase d'affinage de 1/2 à 1 h environ qui permet d'obtenir économiquement des aciers de bonne qualité pour autant que l'on ne vise pas l'obtention de phosphores et de soufres particulièrement bas.

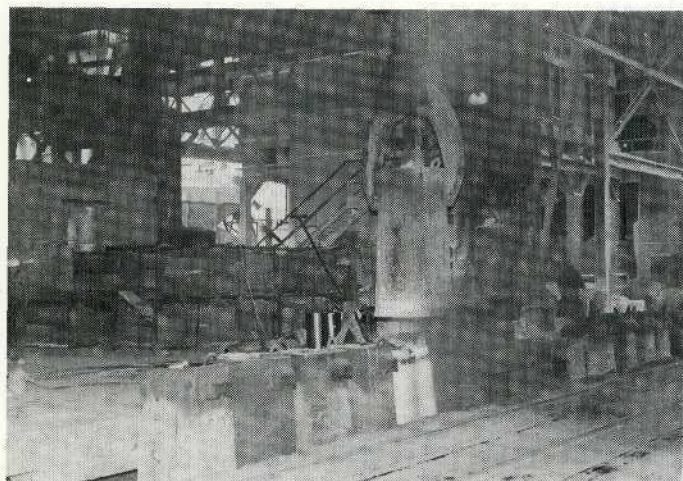


Figure 4.34 Strippage d'un lingot.

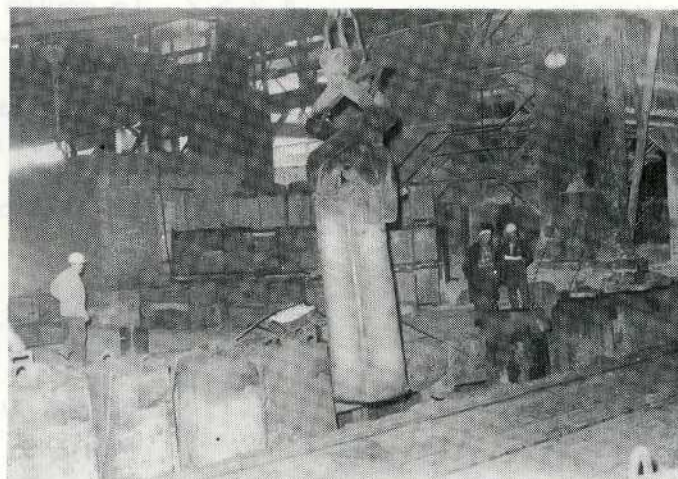


Figure 4.35 Lingot strippe enlevé par le pont en vue du transport aux fours pits.

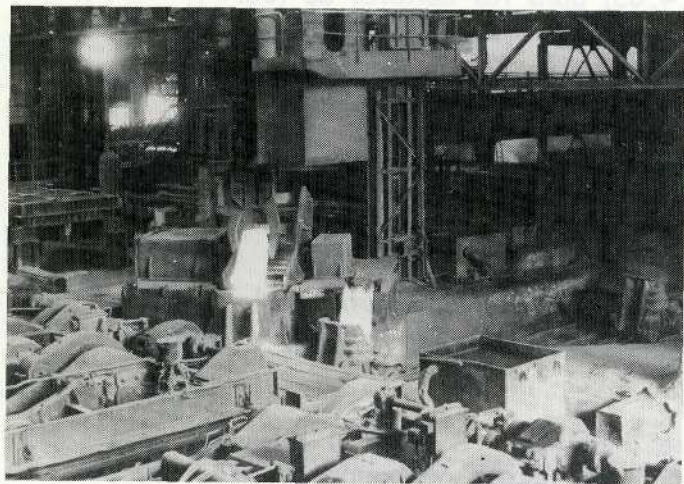


Figure 4.36 Sortie du four pits d'un lingot chaud prêt à être laminé.

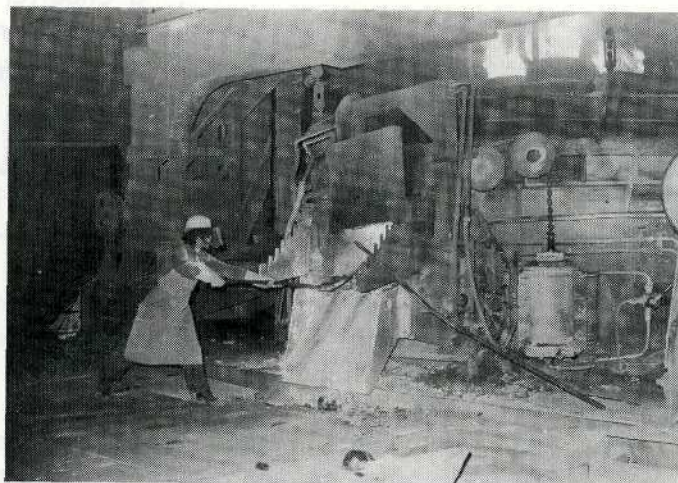


Figure 4.37 Canne d'insufflation d'oxygène dans le bain du four électrique.

Les différentes séquences de l'opération sont les suivantes :

- L'enfournement (0,30 h.)

L'enfournement normal se fait en deux mises : une première mise comportant 27 t de ferrailles et 600 kg d'antracite.

Une seconde mise comportant 14,5 t de ferrailles, de la chaux et éventuellement des pailles de train.

Les pailles de train sont ajoutées pour obtenir une meilleure déphosphoration lorsque la qualité des ferrailles l'impose. Dès l'amorçage de l'arc, on insuffle de l'oxygène pur dans le bain pour accélérer la fusion. Au total, on introduit environ 70 m³ d'oxygène pur au cours de cette phase de l'opération.

- La fusion (1.30 h.)

La fusion est rendue oxydante par l'enfournement de chargements précoces de chaux, de spath et de pailles de train, ce qui permet d'obtenir une bonne déphosphoration.

Dès la fin de la fusion, on décrasse sous courant en vue d'éliminer une bonne partie du laitier.

On prélève un échantillon pour analyse chimique dont la composition est approximativement la suivante :

C	Mn	P	S
0,930	0,390	0,021	0,054

La température atteint à ce moment 1 520° C.

- L'affinage (45').

On enfourne 100 kg de chaux et 150 kg de Fe Mn et insuffle 90 m³ d'oxygène (fig.4.37) en vue de corriger la teneur en carbone.

La décarburation qui s'opère maintenant s'accompagne d'un dégagement intempestif de CO provoquant une bonne déshydrogénation du bain. Une baisse de 0,3% de la teneur en carbone est nécessaire pour obtenir de basses teneurs en hydrogène.

Le carbone d'arrêt visé est généralement supérieur de 0,3% environ au carbone final.

La température est contrôlée et réglée pour qu'en fin d'affinage, il ne soit plus nécessaire de chauffer le bain.

Les températures à la fin de cette phase varient de 1 605° C à 1 640° C.

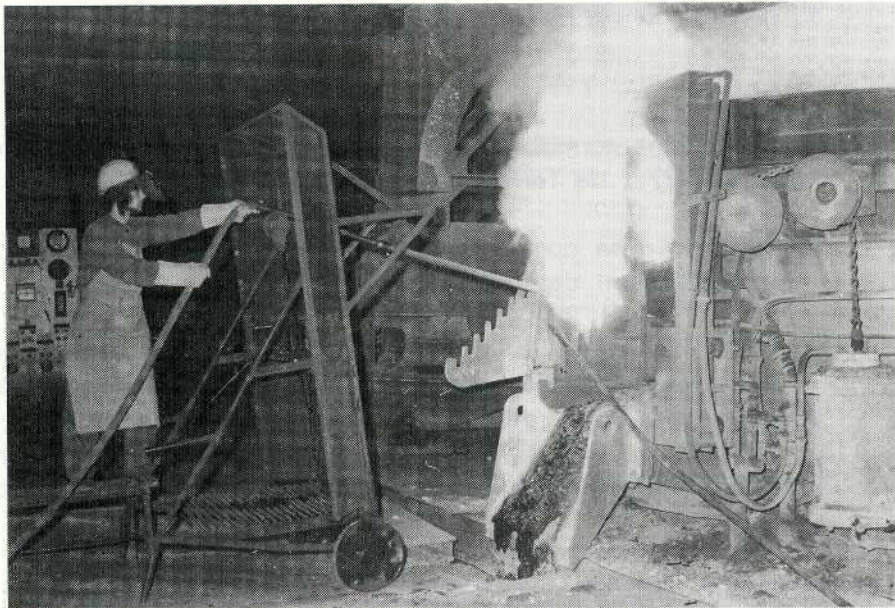


Figure 4.38 Décrassage au rabot du bain du four électrique.

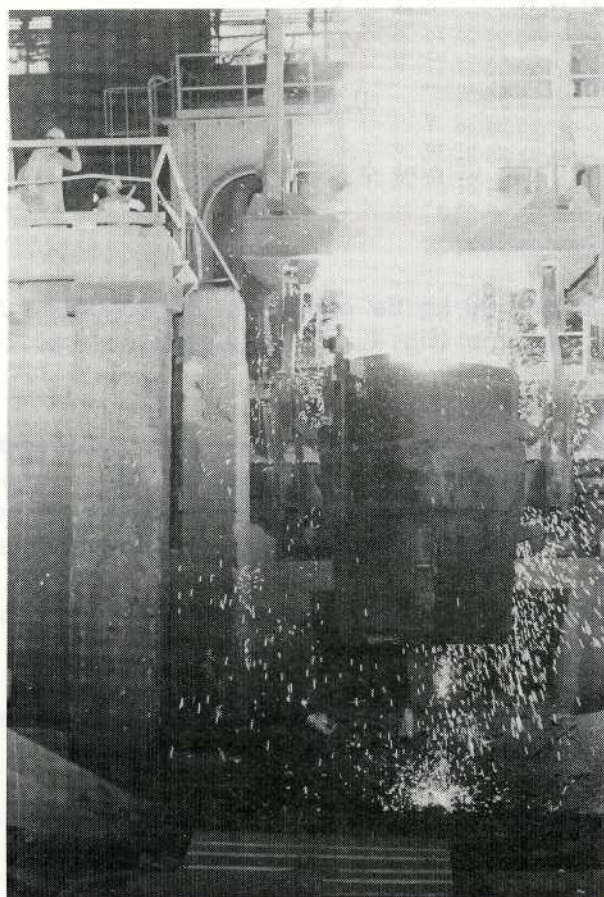


Figure 4.39 Coulée en poche d'une charge élaborée au four électrique.

On prélève un échantillon dont l'analyse chimique est la suivante :

C	Mn	P	S
0,680	0,560	0,032	0,047

- Le décarbone et la mise à nuance (10')

Le courant étant coupé, on décarbone le bain d'abord par écoulement naturel, ensuite à l'aide d'un rabot. (fig. 4.38)

Ce bain est désoxydé par lavage au silicomanganèse (100 kg) et mis à nuance par ajout de ferro-manganèse (190 kg).

Le bain nu étant favorable à la reprise d'hydrogène, on maintient une fine couche de laitier, soit en ne décarbant pas complètement, soit en rechargeant un laitier de couverture.

- La coulée en poche et la désoxydation (3') (fig. 4.39)

Après fusion des additions, la charge est coulée en poche sans laisser passer le laitier, tout au moins au début.

On ajoute alors du ferro-silicium et de l'aluminium en vue de la désoxydation.

Si le laitier formé n'est pas assez important pour couvrir complètement le bain, on constitue un laitier de chaux ou de poussier de coke pour réduire les pertes calorifiques.

La température visée en poche est de 1 582° C.

On laisse décanter les inclusions par une attente d'environ 10 minutes avant la coulée en lingotière.

- La coulée en lingotières (fig. 4.40)

La coulée est effectuée en source dans des lingotières à grande base en bas (fig. 4.41)

Deux mères alimentent 7 ou 8 lingots de respectivement 5,6 t et 4,5 t.

Un échantillon est prélevé lors du remplissage de chaque mère pour analyse complète y compris celle de l'hydrogène.

L'analyse finale est la suivante :

C	0,70	Mn	1,040	P	0,028	S	0,038	S	0,23
Cu	0,070	Mo	0,013	Cr	0,050	Ni	0,030	Al	0,024

H₂ = 2,6 cc/100 g
2,4 cc/100 g

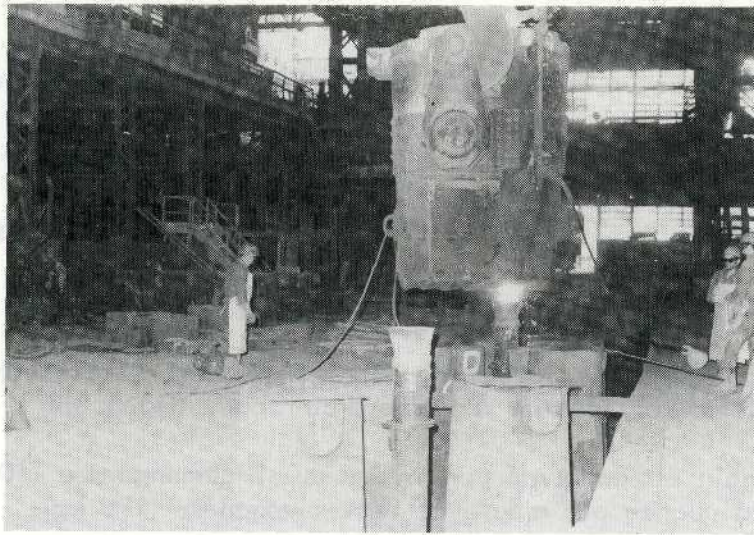


Figure 4.40 Coulée en source à l'aide de deux mères.

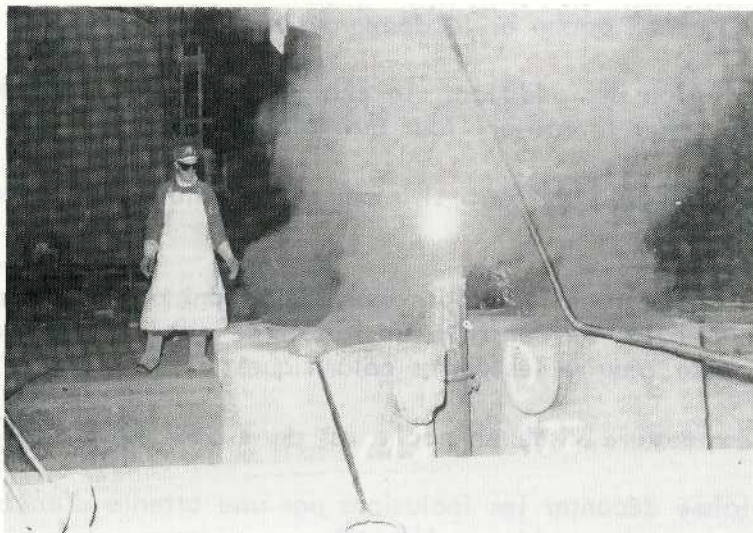


Figure 4.41 Coulée en source des lingotières.

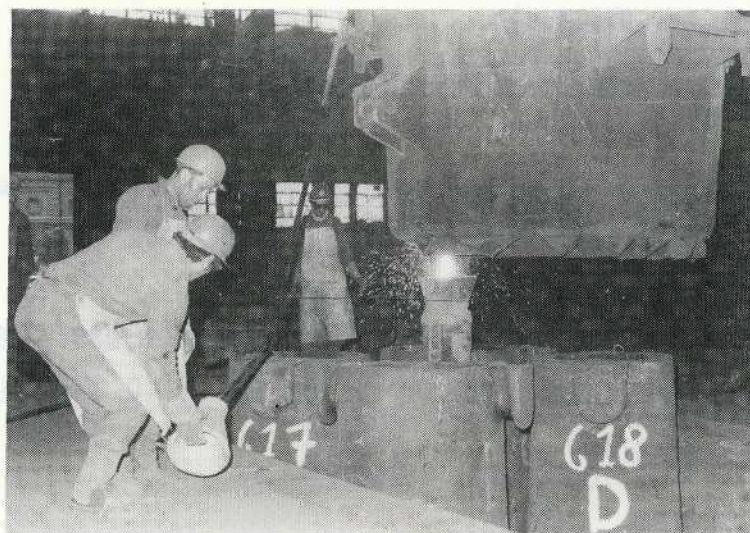


Figure 4.42 Couverture de la tête du lingot avec de la poudre exothermique.

Les lingotières ne sont pas mélassées. Elles sont masselottées et munies d'un coussin épurant.

Après remplissage des lingotières, la tête des lingots est recouverte de poudre exothermique (fig.4.42).

Le temps de séjour en lingotière est de 2,30 h pour les petits lingots et de 3 h pour les gros.

Comme on peut s'en rendre compte, toutes les précautions sont prises pendant l'élaboration pour obtenir une teneur en hydrogène finale aussi basse que possible :

- utilisation de mitrilles de bonne qualité;
- préchauffage de celles-ci à environ 400° C par un brûleur au gaz;
- affinage en une seule phase, la teneur en P ne posant pas de problème, la déphosphoration se faisant pendant la fusion;
- la décarburation par injection d'oxygène dans le bain assure un H₂ bas à la fin de la période d'affinage;
- toutes les additions de ferro-alliages sont à basse teneur en H₂ et parfaitement sèches;
- on n'effectue pas de recarburation en poche.

La désoxydation y est effectuée par l'addition d'Al et de FeSi.

- la coulée se fait dans des poches chaudes et sèches.
-

5 Le laminage.



Sortie d'un lingot chaud hors d'une cellule pits.



Lingot chaud amené par le convoyeur au blooming.



Chutage d'un bloom à la cisaille hydraulique.



Laminage d'un rail.



Refroidissement sur l'étendage avant la dresseuse.

5. Le laminage des rails

5.1. Le laminage au départ de lingots

Les lingots maintenus pendant 5.30 h dans les cellules pits y sont homogénéisés à une température de 1 250° C.

Le laminage des lingots se fait généralement en une seule chaude.

Ils passent d'abord au blooming, dont les cylindres de 1 200 mm de diamètre sont positionnés automatiquement par un ordinateur, en fonction de la section du lingot, du bloom à obtenir et de la qualité de l'acier.

Le bloom pour rail d'une section de 192 x 247 mm est cisailé à chaud. On chute au minimum de 12% en tête et 4% en pied.

Le bloom de $\pm 11,20$ m de long est ensuite dirigé directement sur deux cages duo réversibles de 920 mm de diamètre (fig.5.1) où le laminage se fait en 11 passes.

La fig.5.2 donne le schéma du calibrage du préparateur. La première passe allonge le bloom.

Les passes n°s 2, 3, 4 et 5 ont pour objet de refendre le patin (fig.5.3 et 5.4).

Ce refendage a pour but :

- de modifier l'orientation des dendrites de façon à les placer parallèlement à la surface extérieure,
- de refouler les ségrégations et les impuretés en profondeur.

Ce calibrage mis au point par Bartscherer a permis d'éliminer de façon spectaculaire le nombre de ruptures du patin.

La passe 6 sépare le patin du champignon (fig.5.5).

A partir de la 7ème passe, on refoule le métal (fig.5.7). Les deux dernières cannelures sont doublées de façon à respecter les tolérances imposées pour l'éclissage (fig.5.7, 5.8 et 5.9).

En effet, le métal laminé devenant plus froid, les dernières cannelures s'usent deux fois plus rapidement que les précédentes.

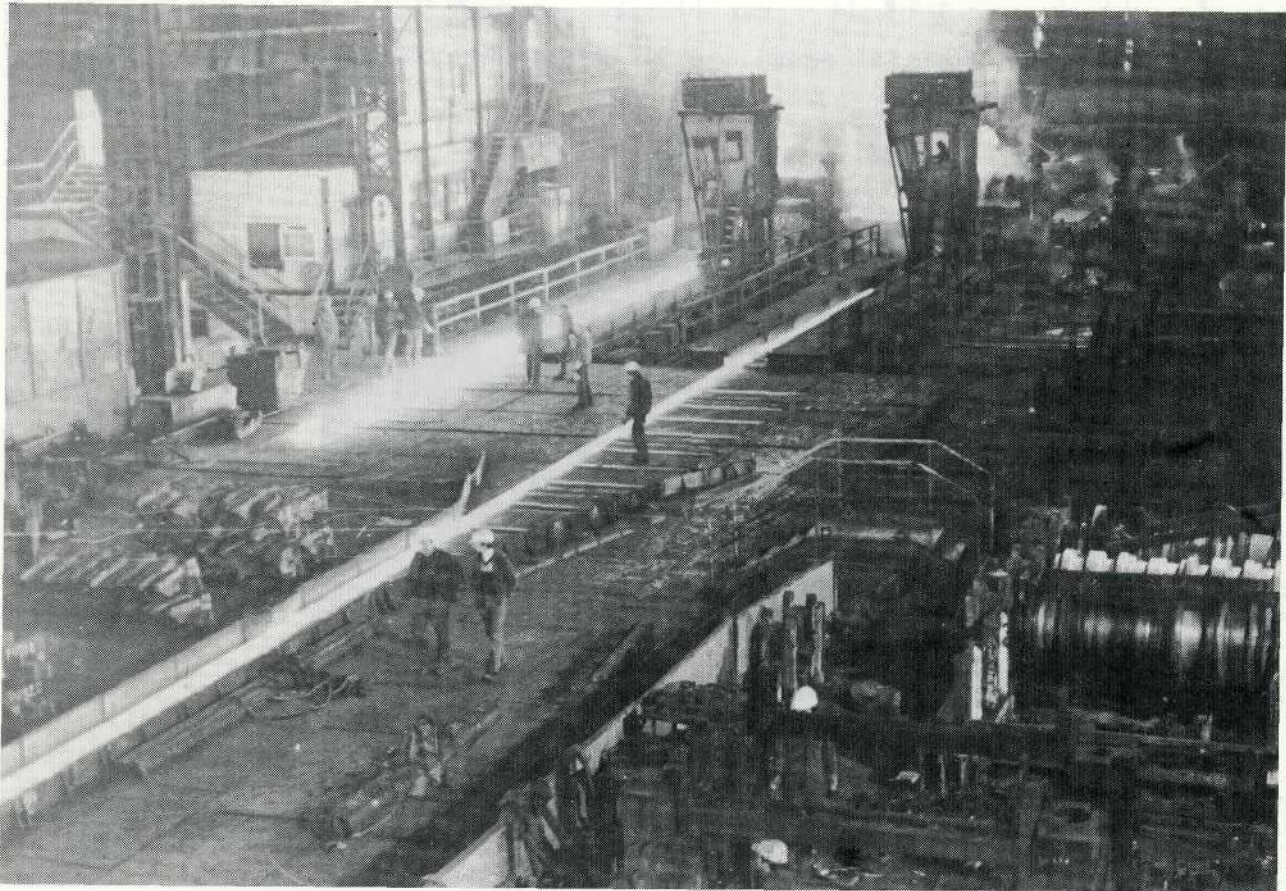


Figure 5.1 Vue d'ensemble du laminoir à rails au cours du laminage simultané de deux barres.

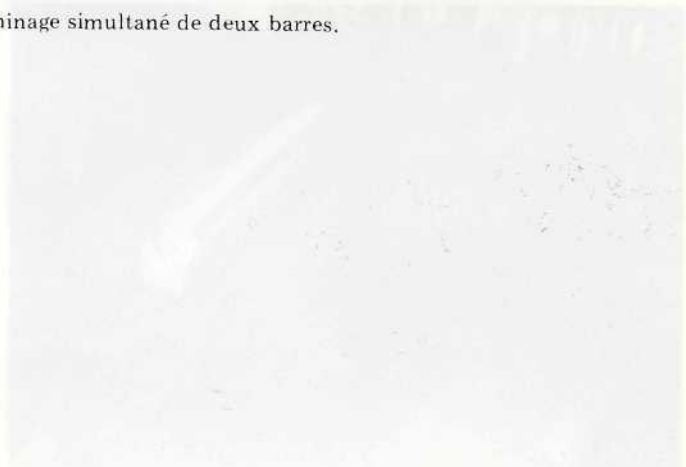
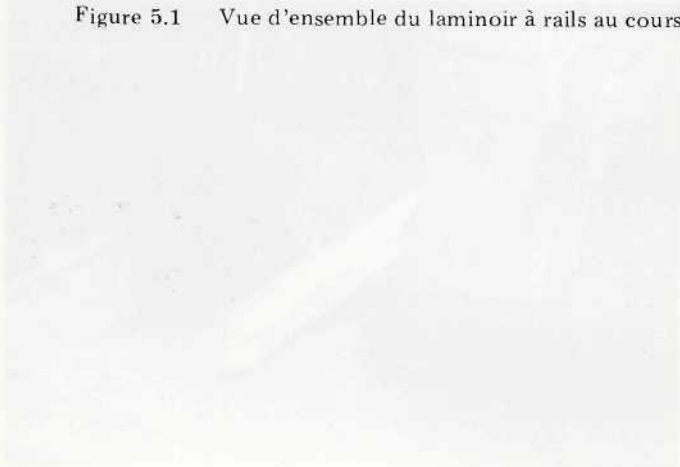


Figure 5.1 Vue d'ensemble du laminoir à rails au cours du laminage simultané de deux barres.

Figure 5.1 Vue d'ensemble du laminoir à rails au cours du laminage simultané de deux barres.

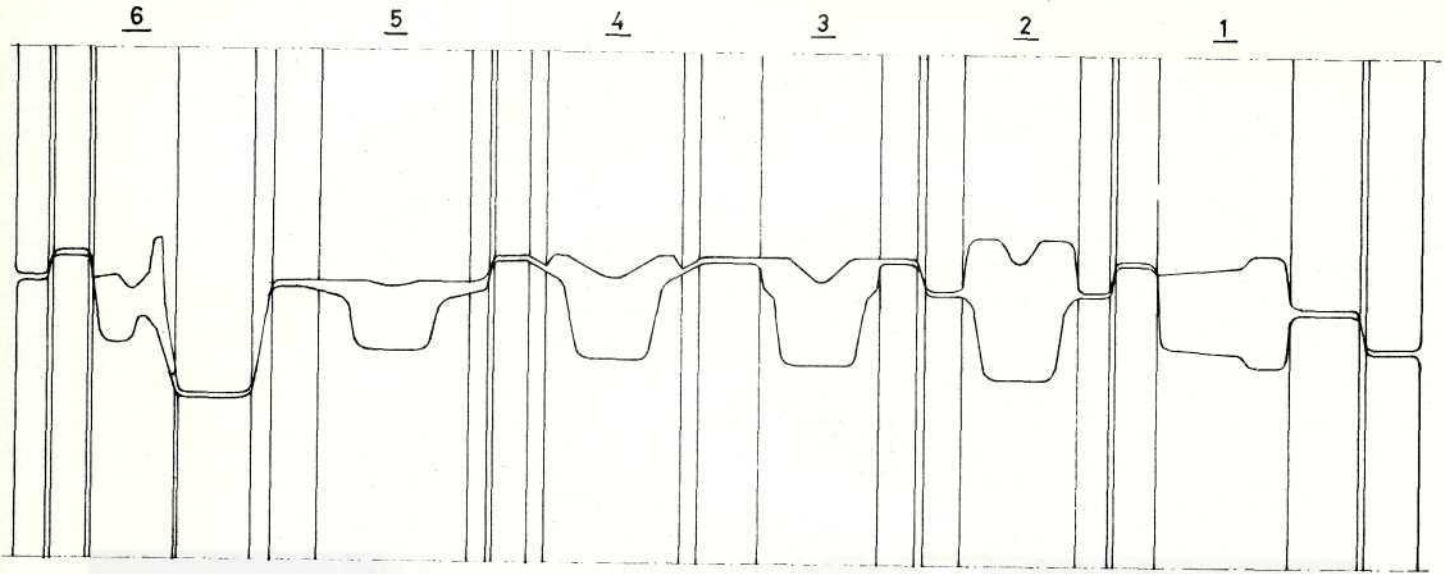


Figure 5.2 Schéma du préparateur pour rails de 41 à 55 kg/m.

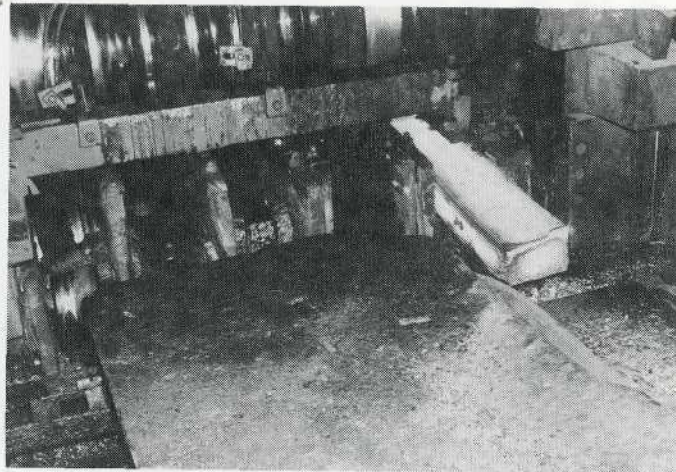


Figure 5.3 1^{er} passe du préparateur laminage à plat.

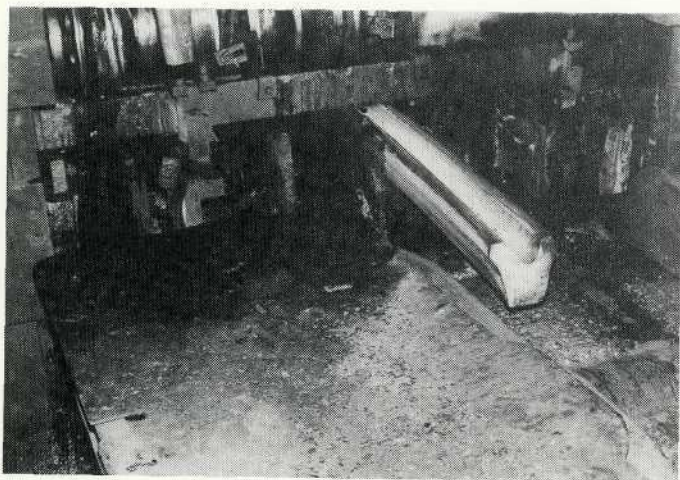


Figure 5.4 3^{er} passe du préparateur refendage.

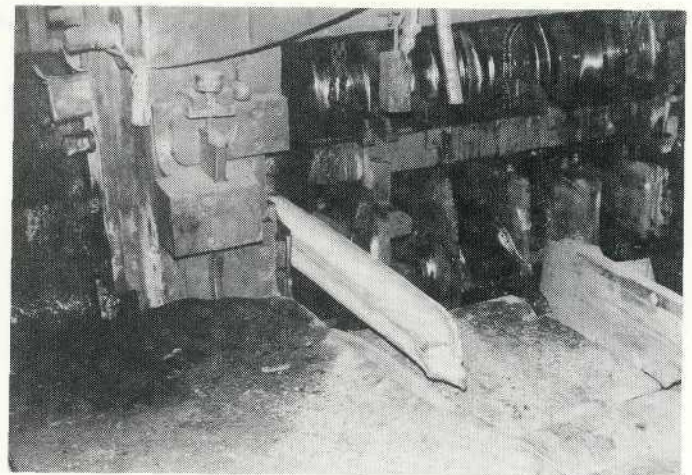


Figure 5.5 Vue de la 6^{er} passe du préparateur rentrant dans la 6^{er} passe.

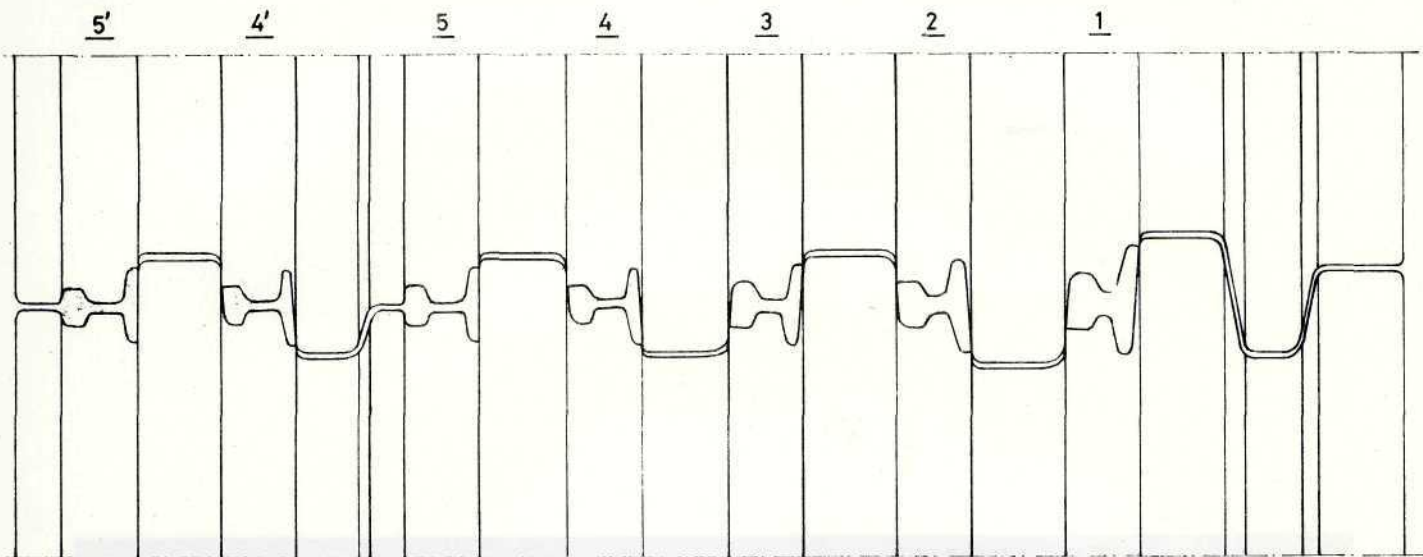


Figure 5.6 Schéma du finisseur pour rails de 41 à 55 kg/m.

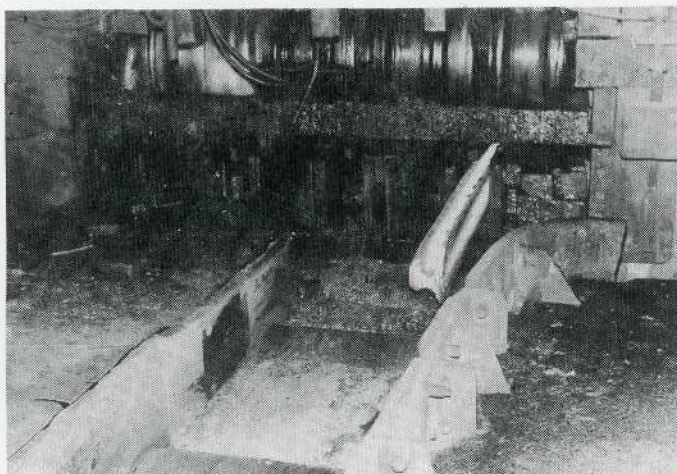


Figure 5.7 7^e passe (1^e passe de la cage finisseuse).

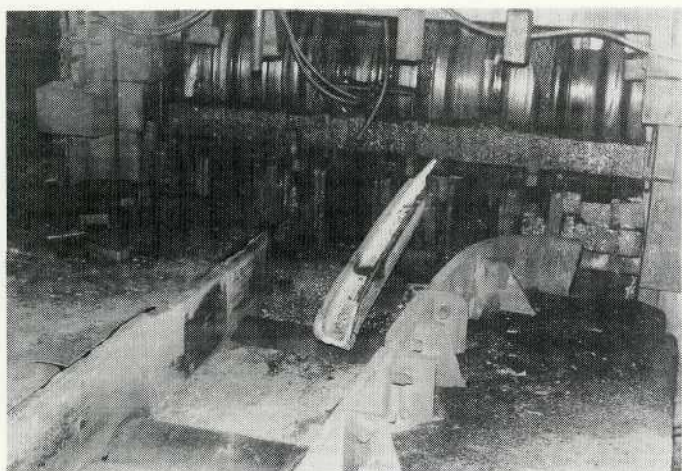


Figure 5.8 9^e passe.

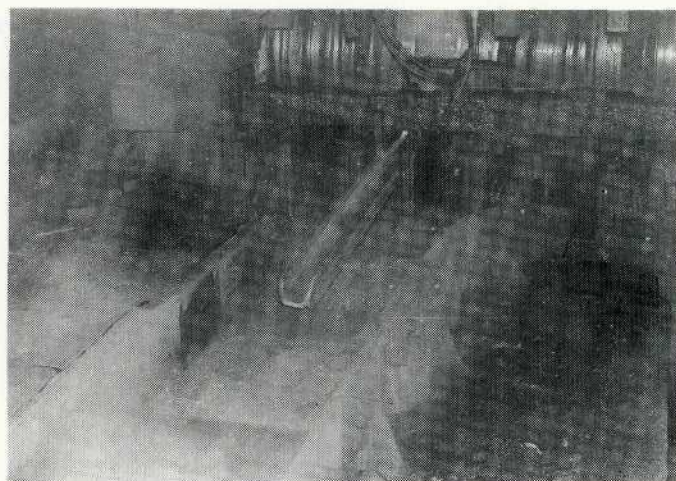


Figure 5.9 11^e passe (passe finisseuse).

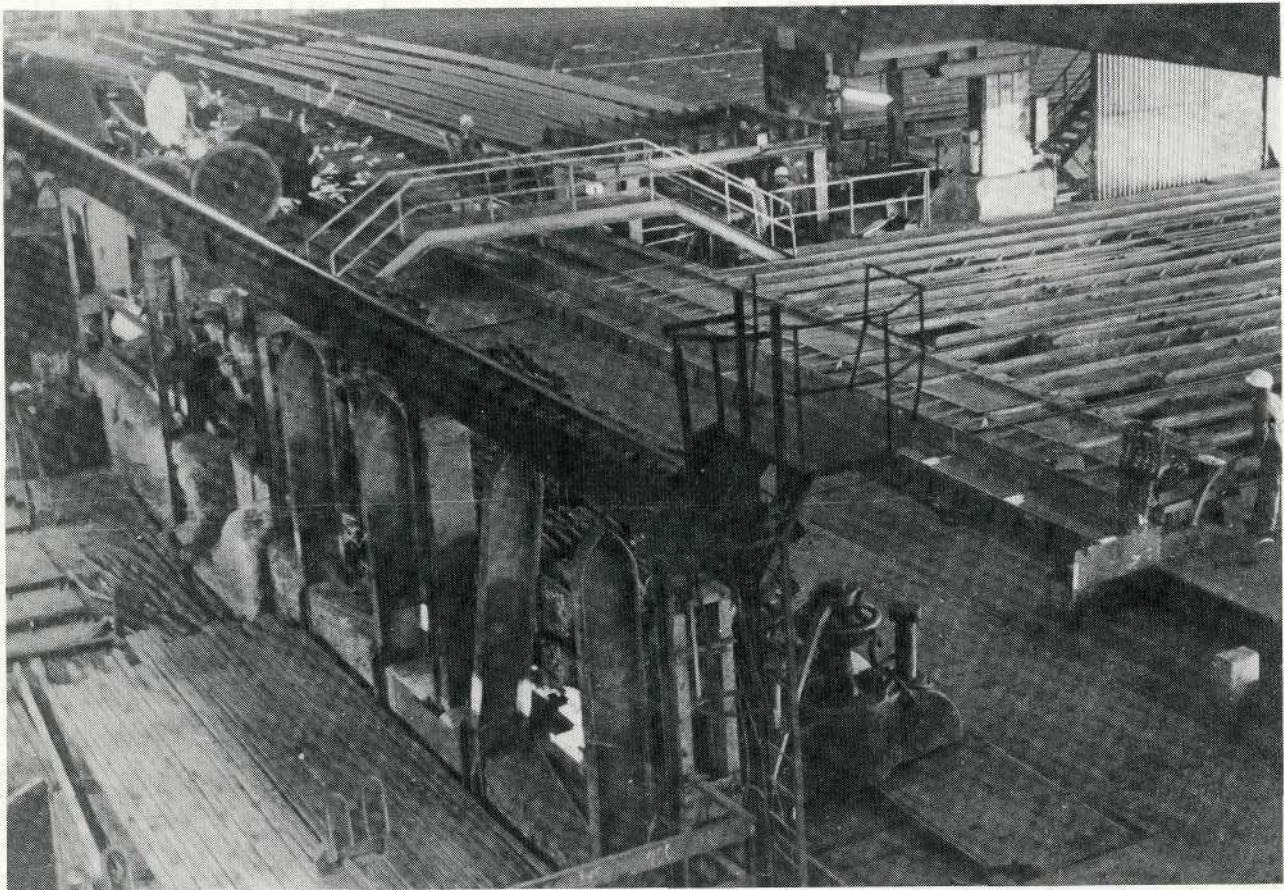
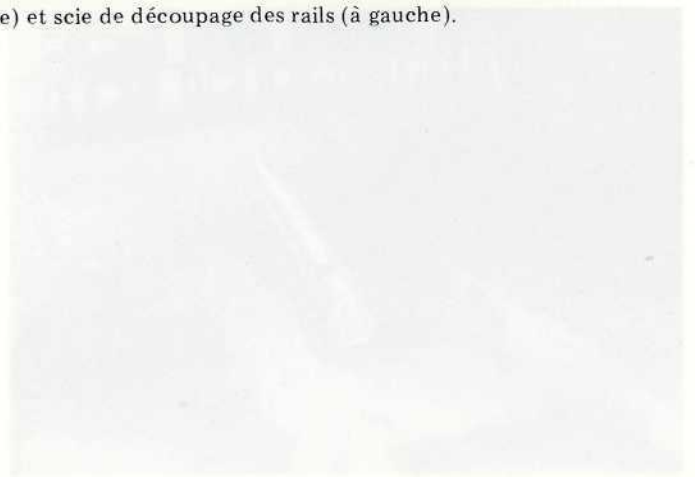
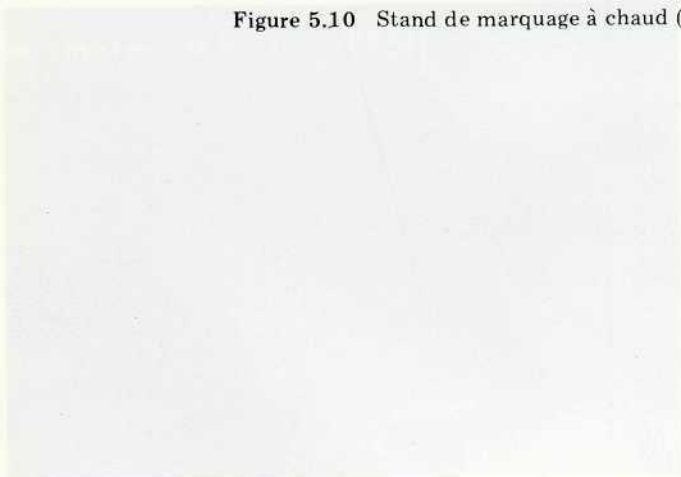


Figure 5.10 Stand de marquage à chaud (à droite) et scie de découpage des rails (à gauche).



La barre laminée sort de la dernière cage à une température inférieure à 1 000° C et à une longueur d'environ 84 m (fig.5.10). Elle est dirigée vers la scie à chaud, où elle est découpée grossièrement aux longueurs (maximum 36 m) demandées par le client, après avoir reçu des marques d'identification à chaud.

C'est à ce moment que sont effectués les différents prélèvements pour les essais mécaniques (traction, choc, macrographie, etc...)

Ceux-ci sont marqués suivant un programme préétabli qui est à respecter scrupuleusement.

Le refroidissement des rails découpés se fait sur une grille à longerons mobiles composé de deux ensembles, un de 18 m et l'autre de 20 m qui permettent le refroidissement des rails de 18 m ou de 36 m après accouplement mécanique des deux ensembles.

Le pas d'avancement des barres et leur précambrage sont choisis de telle façon que les barres arrivent le plus droit possible à la machine à dresser à galets et à une température inférieure à 50° C.

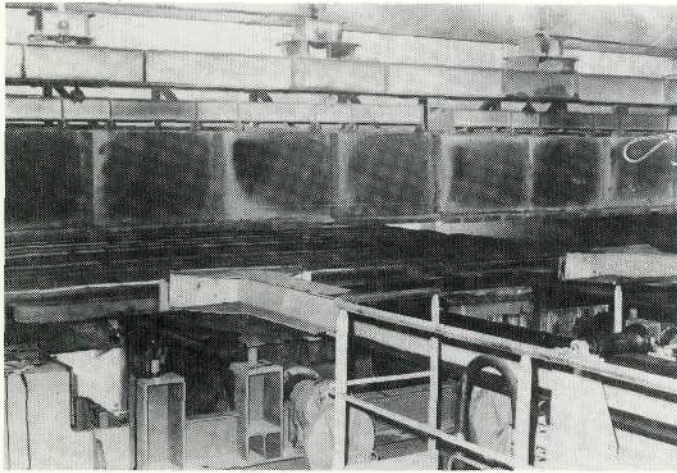


Figure 5.11 Enfournement de blooms froids dans le four à réchauffer Heurtey.

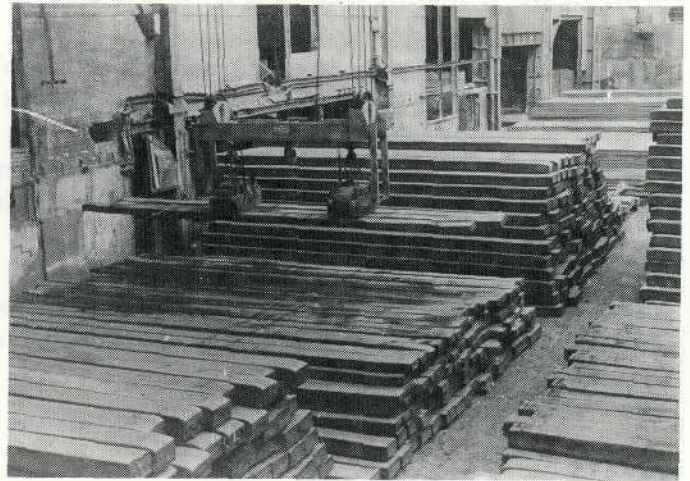


Figure 5.12 Stock de blooms devant le four à réchauffer.

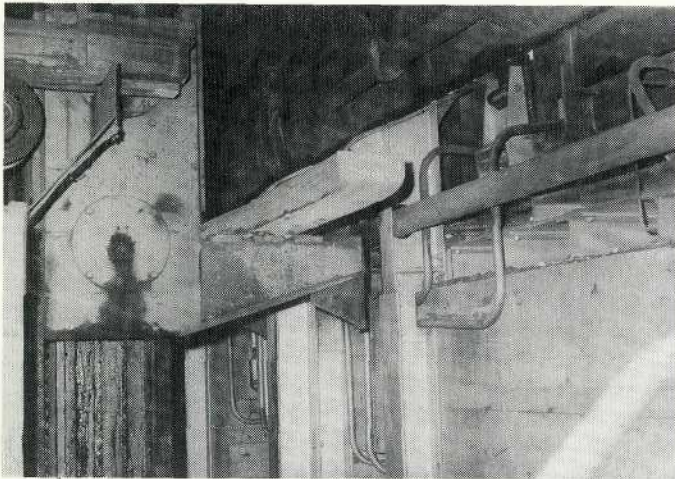


Figure 5.13 Défournement d'un bloom chaud.

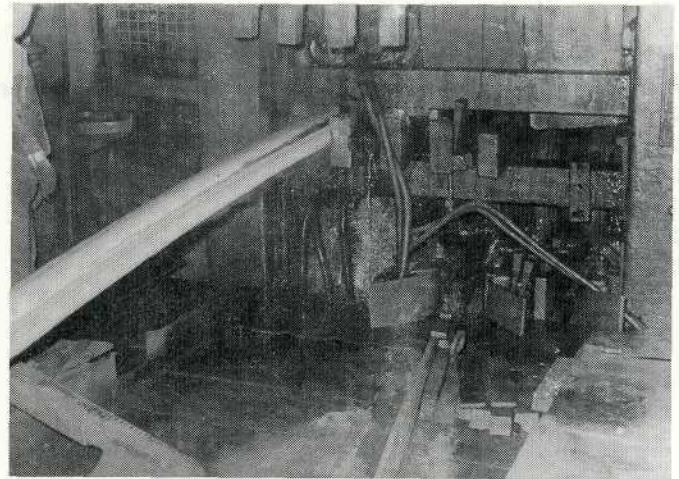


Figure 5.14 Laminage d'un rail dans une cage trio.

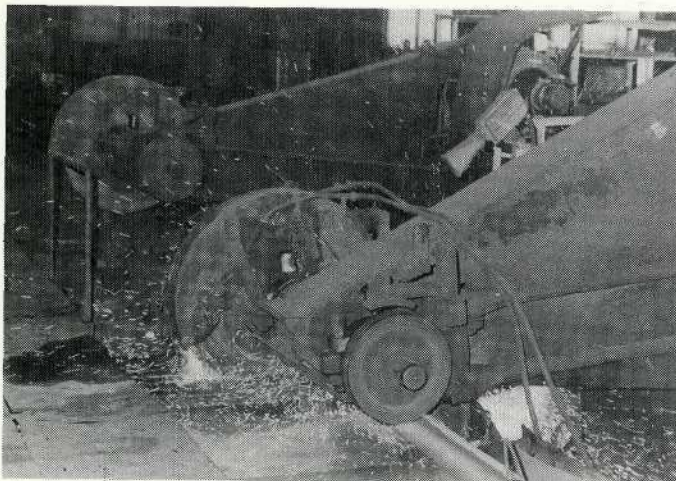


Figure 5.15 Scie à chaud.



Figure 5.16 Galet de marquage automatique à chaud.

5.2. Le laminage au départ de blooms froids

Lorsque l'usine à rails ne possède plus d'aciérie ou dans le cas d'acier naturellement dur, on part de blooms froids qui sont réchauffés dans un four à longerons mobiles Heurtey(1)(fig 5.11) ayant une longueur théorique de chauffe de 29,6 m et une largeur entre murs de 9,20 m.

Les blooms froids ont les dimensions ci-après (fig.5.12) :

Epaisseur : 170 à 330 mm
Largeur : 200 à 480 mm
Longueur : 3 à 8,6 m

A la sortie du four à longerons (fig.5.13), les blooms sont laminés sur un blooming où ils sont mis à dimensions avant d'être expédiés vers le train à rails proprement dit.

Le laminage se poursuit alors comme expliqué au chapitre 5.1.

A la Société des Laminoirs de Villerupt, le train à rails se compose de :

- 1 cage ébaucheuse (duo réversible) de 920 mm;
- 2 cages trios de 700 mm (préparateur et dégrossisseur) (fig.5.14);
- 1 cage duo de 700 mm (finisseur);
- des scies à chaud (fig.5.15);
- un galet de marquage automatique (fig.5.16), etc...

(1) ou four Stein dans la nouvelle installation de Rodange.

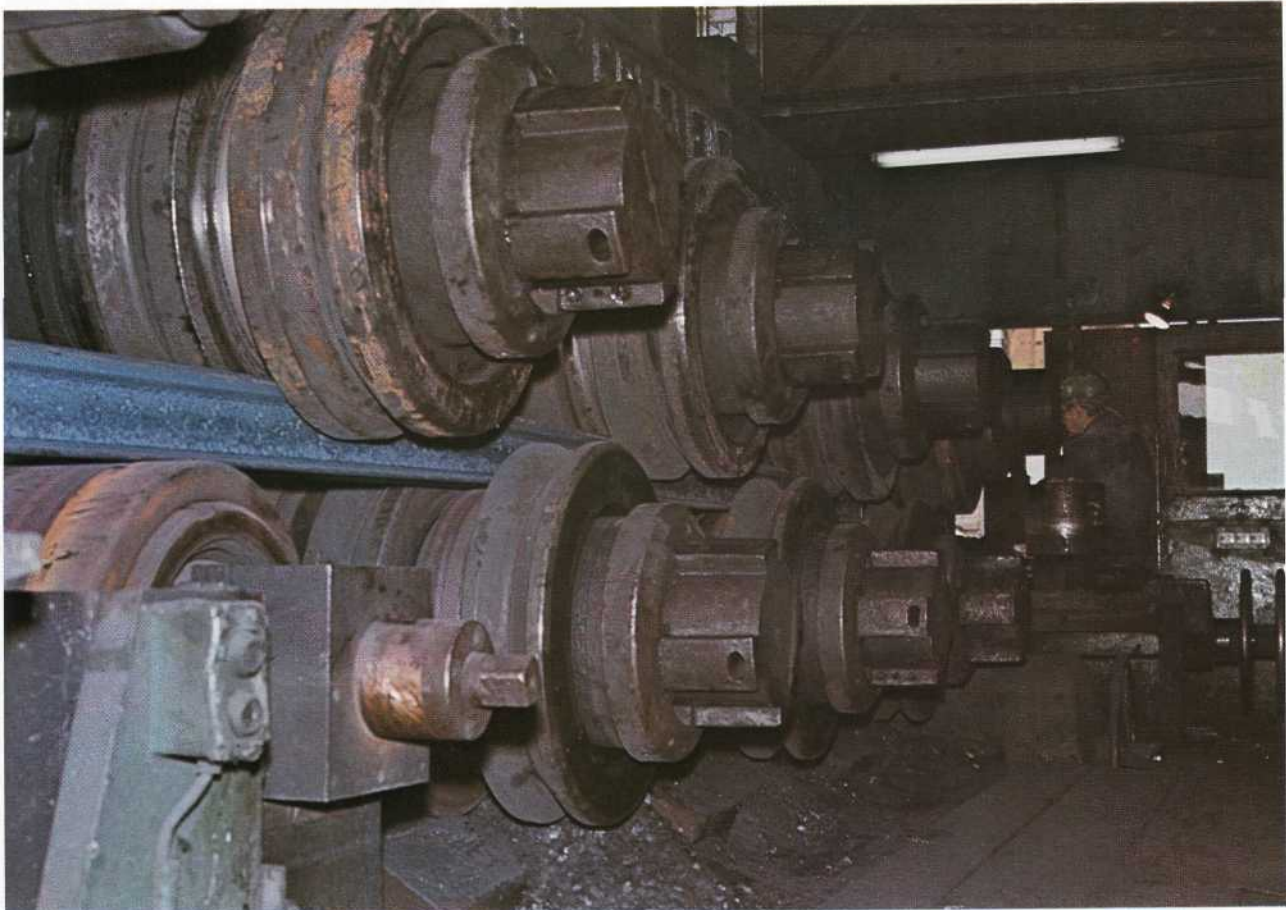


Sciage à chaud de la barre laminée.



Étalage des barres sur le refroidisseur à longerons mobiles.

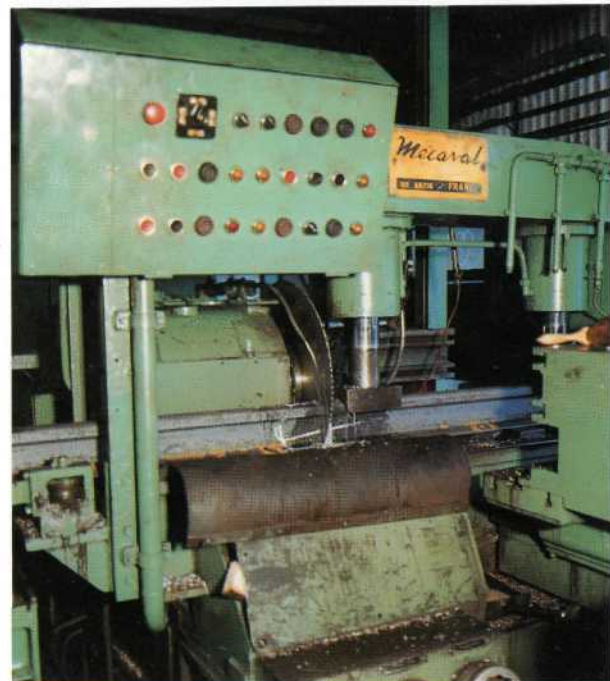
6 Le parachèvement.



Passage d'un rail dans la dresseuse à galets.



Contrôle ultrasons en continu des rails.



Sciage à froid d'un rail.

6. Le parachèvement des rails

Les rails encore tièdes, à une température inférieure à 50° C, sont dressés en position debout sur une dresseuse à 7 galets.

Ils sont ensuite dirigés vers une ligne de finition comprenant :

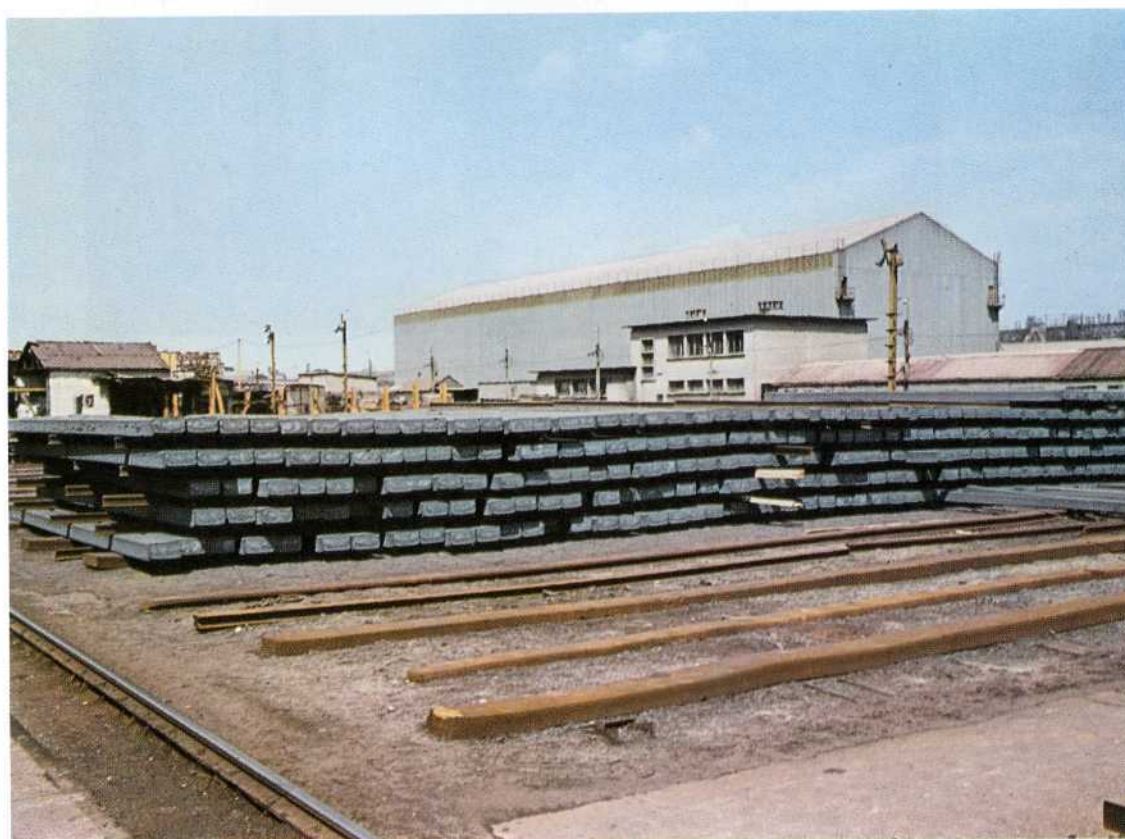
- 2 presses Pitzmann (fig.6.1 et 6.2) à double direction (fig.6.3) pour le dressage final des barres et principalement des extrémités (fig.6.4);
- un ensemble sciage-forage pour la mise à longueur (fig.6.5) et le forage des trous d'éclissage (fig.6.6).
- le contrôle ultra-son en continu.

Le dressage s'effectue parfois en position debout sur 2 machines à galets, dressant successivement les rails dans le plan vertical et dans le plan horizontal.

7 Le contrôle de la qualité et la réception.



Vue générale du parc à rail de Rodange côté Longwy.



Parc à blooms de Rodange.



Figure 7.1 Vérification dimensionnelle de chandelles de rails prélevées au laminoir à l'aide de calibres.

7. Le contrôle de la qualité et la réception

7.1. Le contrôle à l'aciérie

C'est dès la réception de la fonte que commence le contrôle de la qualité. L'aciérie doit s'assurer que la composition chimique de l'acier corresponde bien aux impositions de la commande.

Il faut faire en sorte que le métal élaboré soit exempt d'inclusions non métalliques et que la teneur en hydrogène ne dépasse pas le seuil admissible.

L'analyse de coulée et les paramètres qui gouvernent celle-ci, tels la température et les additions de désoxydation sont des éléments importants dont le suivi permet d'éviter nombre de défauts.

La nature et l'endroit des prélèvements sont à déterminer avec soin en vue d'obtenir des résultats significatifs.

7.2. Le contrôle au laminoir

La qualité y sera assurée en surveillant plus particulièrement les paramètres ci-après :

- Maintien de l'identité des lingots;
- Respect des températures aux différents stades de la fabrication depuis la sortie des cellules pits jusqu'à la fin du laminage;
- Contrôle des chutages en tête et en pied des lingots;
- Filiation des prélèvements et respect du programme de marquage à chaud;
- Vérification du respect des dimensions par prise d'échantillons tout au long du laminage (fig.7.1);
- Examen des barres sortant du train en vue d'y déceler des défauts de laminage, tels que repliures, empreintes à chaud, etc...



Figure 7.2 Vérification de l'aspect des rails à la sortie de la dresseuse.

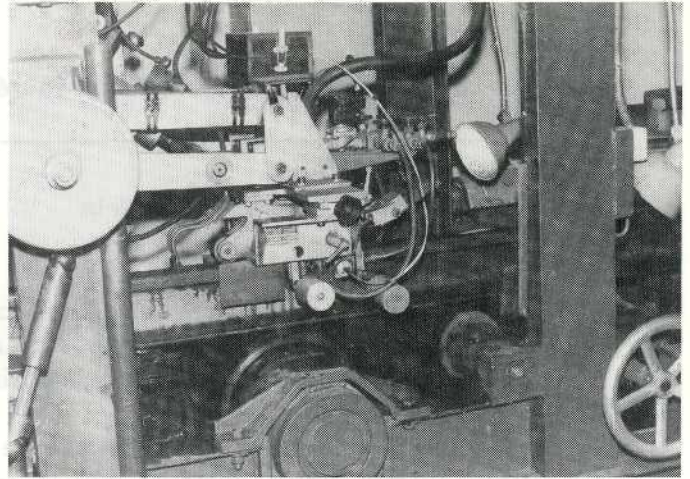


Figure 7.3 Tête de sondage par ultrasons des rails.

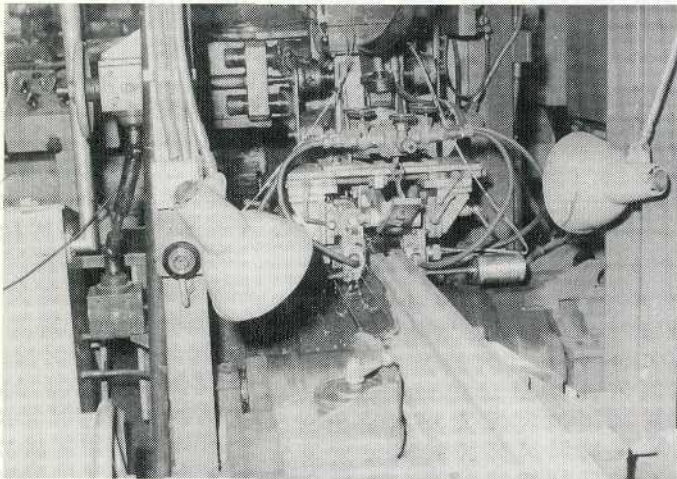


Figure 7.4 Appareil de sondage automatique par ultrasons vue dans le sens du défilement du rail.

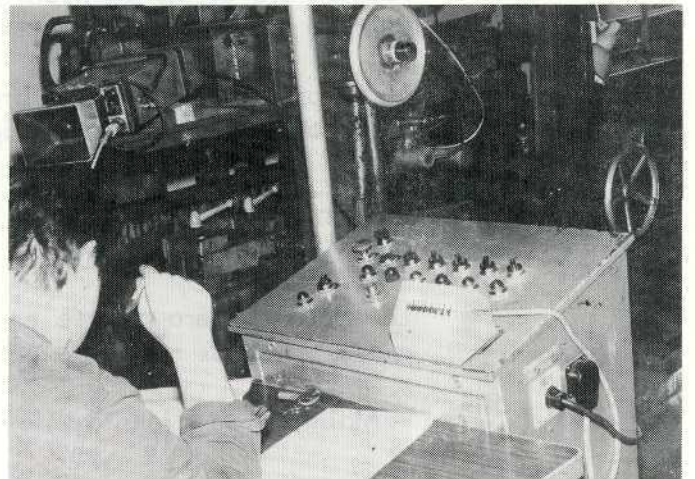


Figure 7.5 Pupitre de commande de l'appareil à ultrasons.

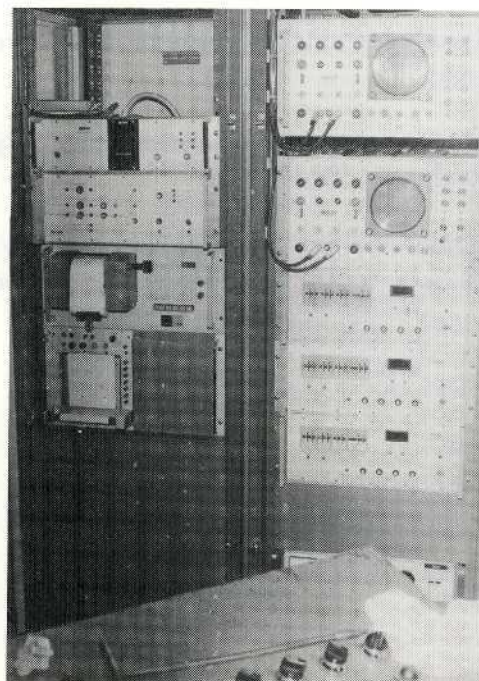


Figure 7.6 Tableau d'affichage de l'appareillage à ultrasons.

7.3. Le contrôle par ultra-sons du produit laminé

7.3.1. Généralités

A la sortie de la dresseuse à galets, les rails sont inspectés au point de vue de l'état de surface (fig.7.2).

Depuis 1970, la fiche UIC 860-0 a imposé un contrôle ultra-son des rails sous la responsabilité du fournisseur.

7.3.2. Principe du sondage

Le champignon du rail est sondé par deux palpeurs travaillant à 4 MHz (fig. 7.3., 7.4 et 7.5) fonctionnant selon la méthode " émission-réception " des impulsions par écho.

La cadence est déterminée par la fréquence du courant de récurrence et est synchronisée par l'un ou l'autre palpeur.

Pendant le premier demi-cycle, le palpeur gauche émet et reçoit, le palpeur droit est hors service.

Pendant le deuxième demi-cycle, le palpeur droit émet et reçoit tandis que le palpeur gauche est hors service.

Si un défaut est détecté par les deux palpeurs, ces deux impulsions sont prises en mémoire pour la classification du rail.

Si un seul palpeur détecte un défaut 2 fois de suite, la longueur du défaut est prise en mémoire comme s'il était détecté par les deux palpeurs (3 impulsions).

Le courant de récurrence est donné par une génératrice d'impulsion accouplée au rail qui donne 1 000 impulsions par mètre sur chaque palpeur. Chaque palpeur est en liaison avec un récepteur ultra-son à 2 moniteurs.

Un moniteur "tout ou rien" sert pour surveiller l'écho de fond, l'autre moniteur pour la prise en mémoire et l'enregistrement du défaut par tension proportionnelle à l'amplitude.

Le résultat des deux appareils U.S. est intégré dans le circuit de logique qui prend en mémoire le nombre et l'importance des défauts (fig.7.6). Ces valeurs permettent le classement des rails.

7.3.3. Réalisation du sondage

Les impulsions de défauts émises par les détecteurs sont enregistrées dans trois mémoires :

Tère mémoire : pour les défauts dont l'amplitude varie de 25 à 50% du cadran.

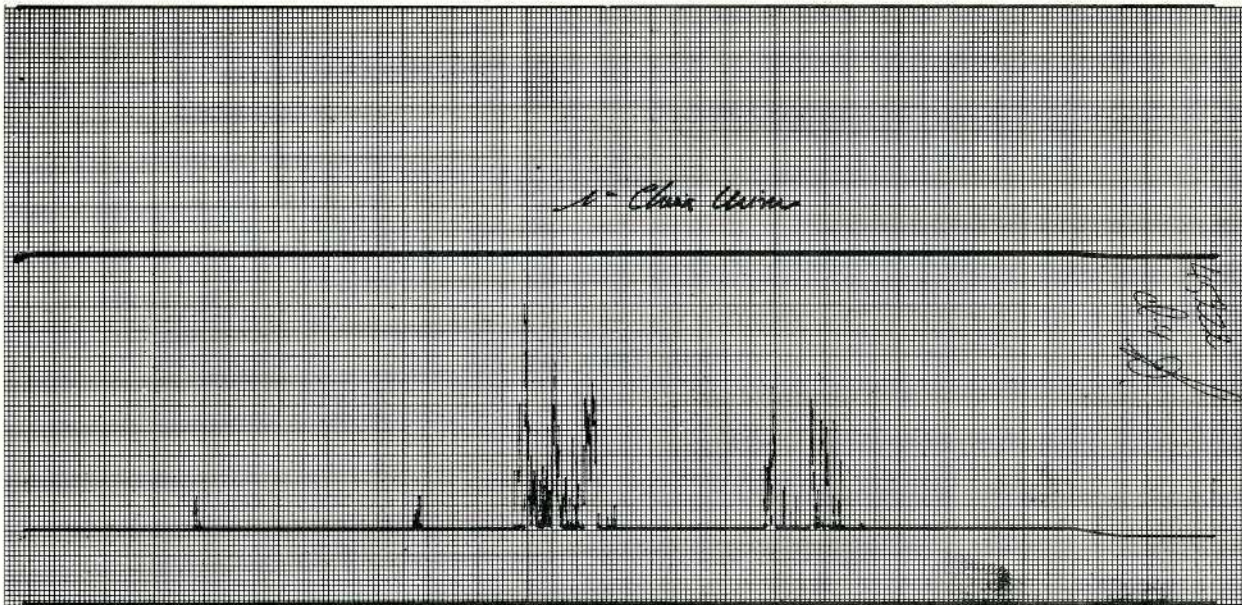


Figure 7.7 Bande d'enregistrement produite par l'appareil à ultrasons.
Echelle 12 mm/m.
Pics dus à des nids d'inclusions.
Rail classe 4.

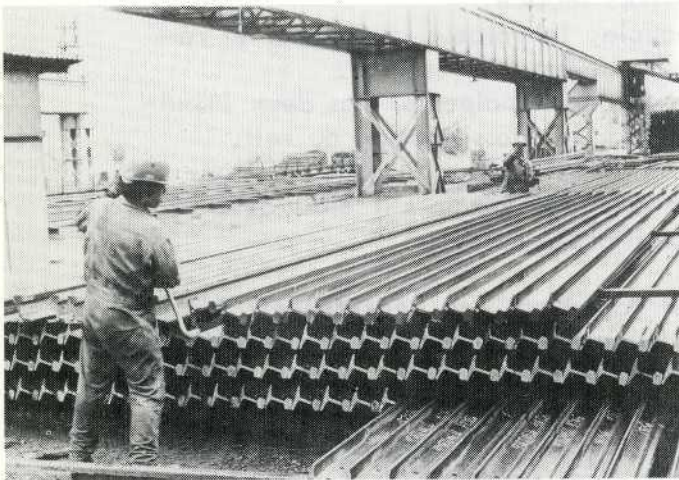


Figure 7.8 Préparation des lits de rails en vue de l'inspection finale à Villerupt.

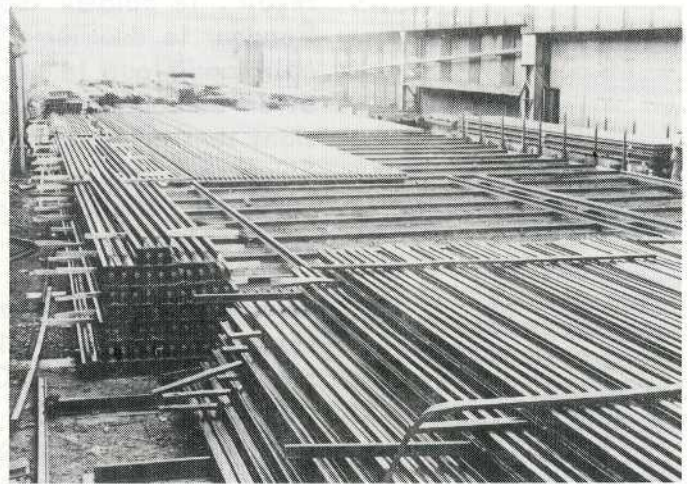


Figure 7.9 Vue d'ensemble du parc à rail à Villerupt.



Figure 7.10 Rails en cours de chargement à Villerupt.

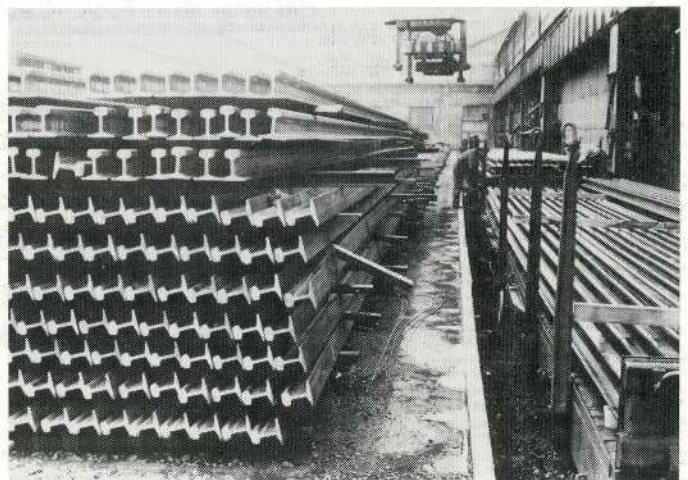


Figure 7.11 Chargement de rails prêts à l'expédition.

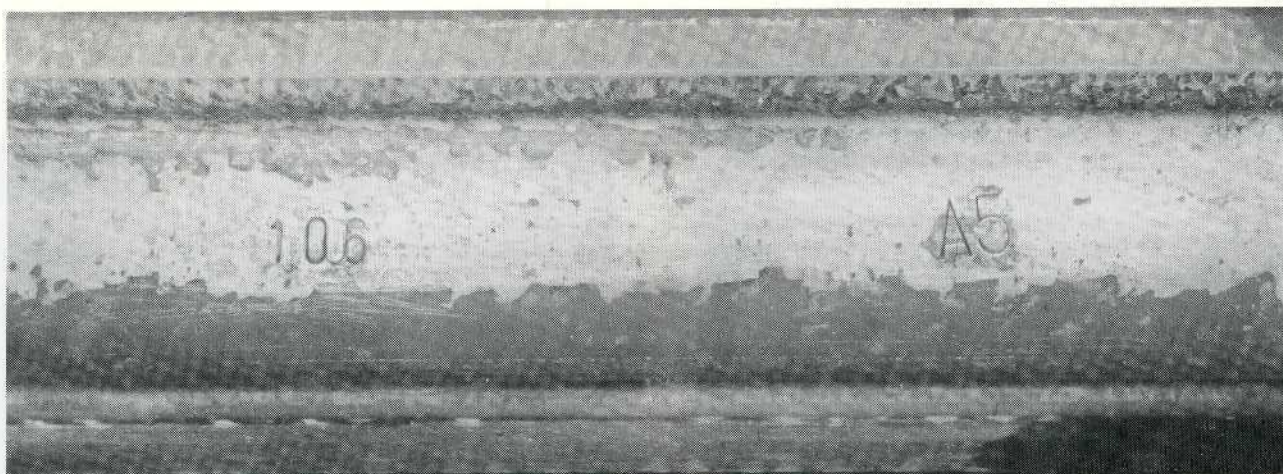


Figure 7.12 Exemple des marques frappées dans l'âme du rail [Coulée n° 106 lingot n° 5 rail de tête (A)].

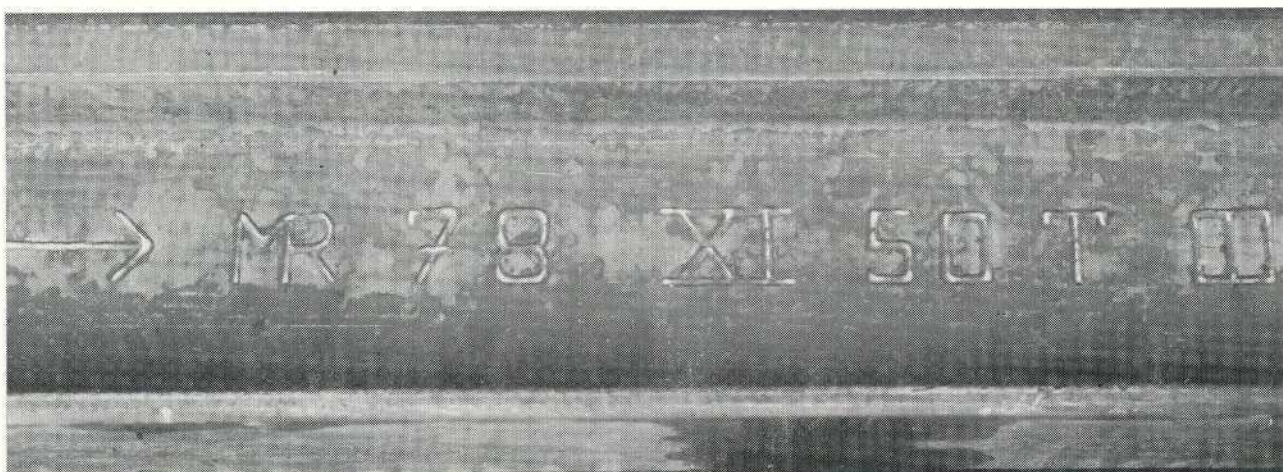


Figure 7.13 Marques d'identification de l'usine → sens du laminage. Métallurgique et Minière de Rodange-Athus. Année 1978 mois de novembre profil 50 t — acier à l'oxygène.



Figure 7.14 Chutes de tête destinées aux essais de choc.

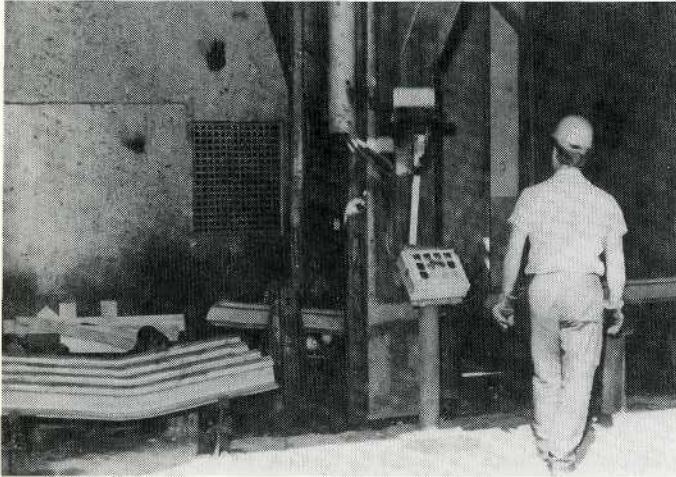


Figure 7.15 Mouton de choc.

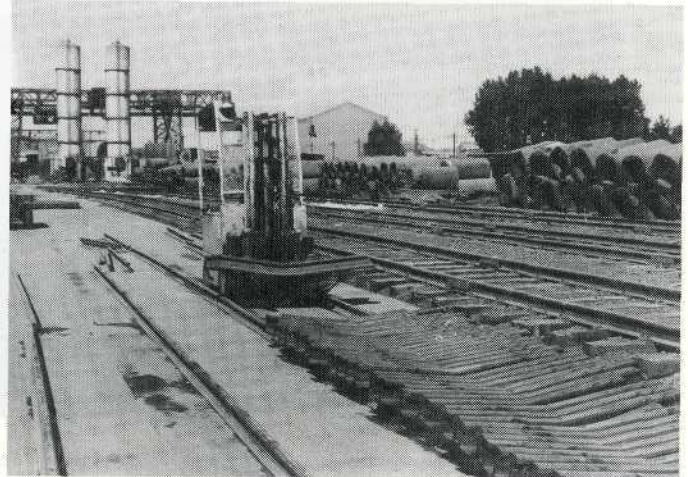


Figure 7.16 Chutes après l'essai de choc.

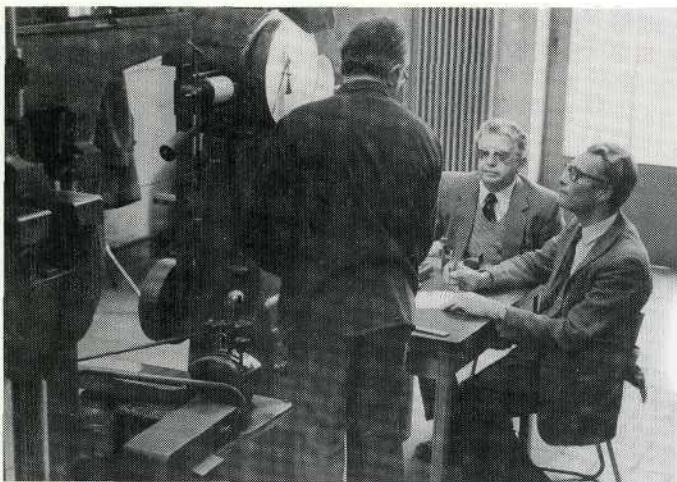


Figure 7.17 Essais de traction.

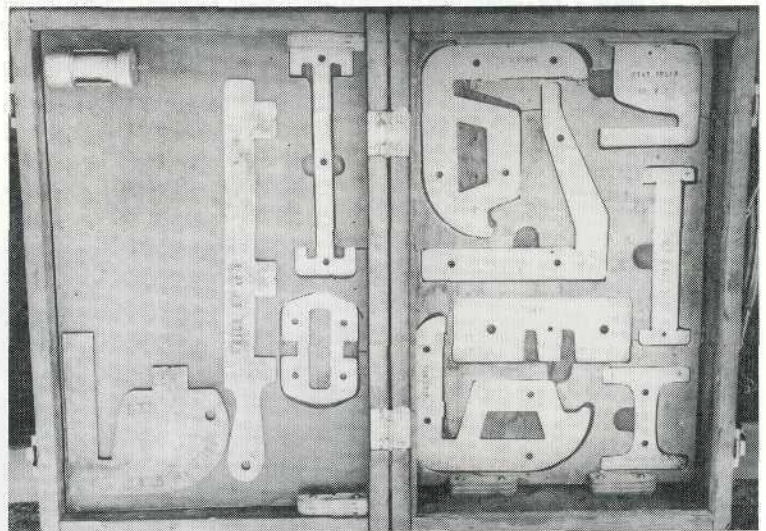


Figure 7.18 Boîte de calibres pour la réception finale.

2ème mémoire : pour les défauts d'amplitude de 50 à 100%.

3ème mémoire : pour les défauts d'amplitude supérieure à 100%.

Dans chaque mémoire, un défaut n'est enregistré que s'il provient au moins de 9 impulsions.

A partir de 50 impulsions, il est compté comme 2 défauts, de 100 comme 3 défauts, etc...

Après le passage de chaque rail, l'appareil indique son classement d'après la méthode Ralus mise au point par l'Irsid et fournit un enregistrement des défauts sur bande (fig.7.7).

7.4. Le contrôle final sur parc (fig.7.8 à 7.11)

Après forage et mise aux longueurs demandées, les barres sont étalées et inspectées par le personnel du parc.

7.5. La réception

On entend par ce terme l'ensemble des essais et vérifications effectuées par le délégué de l'acheteur en vue de vérifier la conformité de la fourniture présentée en recette avant acceptation de celle-ci.

Cette vérification nécessite une préparation minutieuse de la part de l'usine productrice. Celle-ci est grandement facilitée lorsque les conditions techniques imposées sont parfaitement précisées à la commande.

Le réceptionnaire doit se rendre compte si toutes les dispositions ont été prises par l'usine en vue de respecter les conditions techniques imposées (gravages, marquages, etc...) (fig.7.12 et 7.13)

Il vérifiera au besoin et principalement dans le cas d'une nouvelle fabrication, les dimensions des barres issues des premiers lingots.(fig.7.14)

Il assistera aux essais mécaniques (chocs, traction, dureté, essais macrographiques, etc... (fig.7.15, 7.16, 7.17).

Après le dressage, la mise à longueur et le forage, il vérifiera les dimensions des barres à l'aide des calibres.(fig.7.18).

C'est ainsi que tout défaut de géométrie donnera lieu à déclassement.

Citons :

- la hauteur du rail (bourrelet trop rempli ou trop plat);
- la largeur du patin (trop large ou trop étroit);

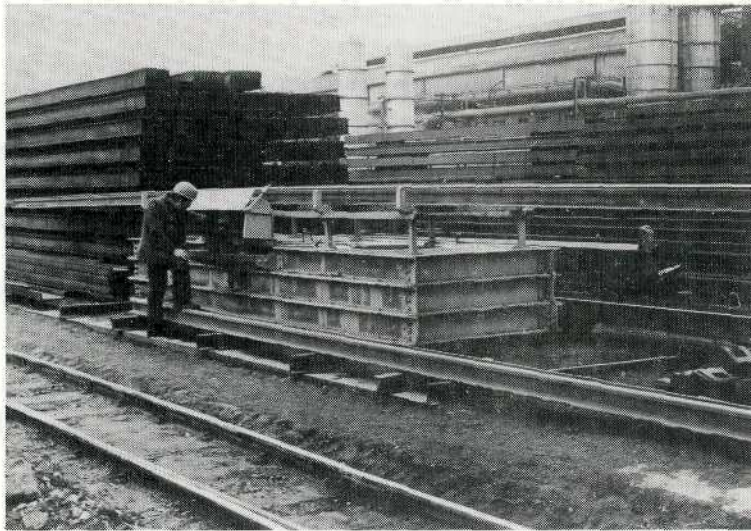


Figure 7.19 Pesée des rails en vue de la détermination du poids unitaire.

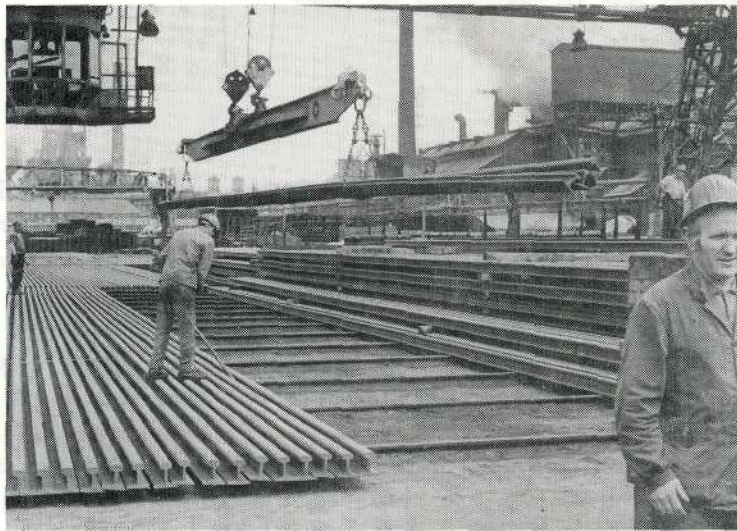


Figure 7.20 Chargement des rails.

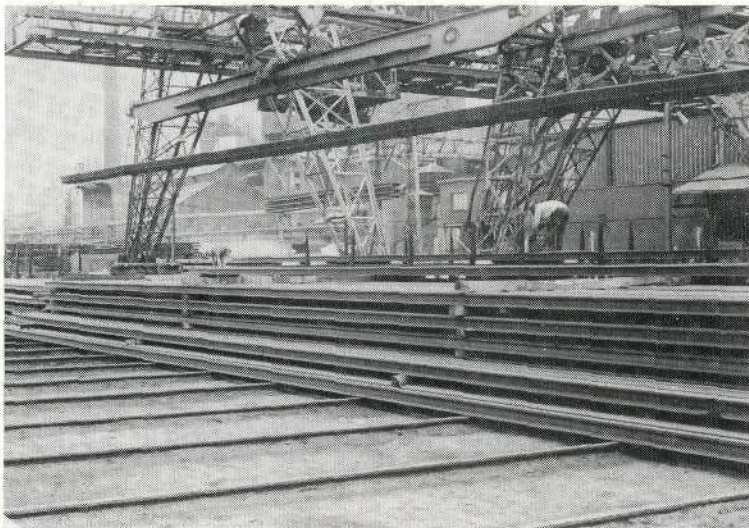


Figure 7.21 Chargement des rails.

- l'épaisseur de l'âme (hors tolérance);
- des bavures sur le patin mâle ou finisseur;
- des ondulations dans la barre.

Les défauts d'aspect seront sondés et leur nocivité appréciée, citons :

- les lignes de laminage;
- les pailles (lingots pailleux);
- les criques (lingots criqués ou brûlés);
- des fissures provenant de petites criques allongées par le laminage (manque de ductilité de l'acier);
- des retassures dues à un chutage insuffisant.

Le poids unitaire est déterminé par pesée contradictoire d'un certain nombre de barres.(fig.7.19)

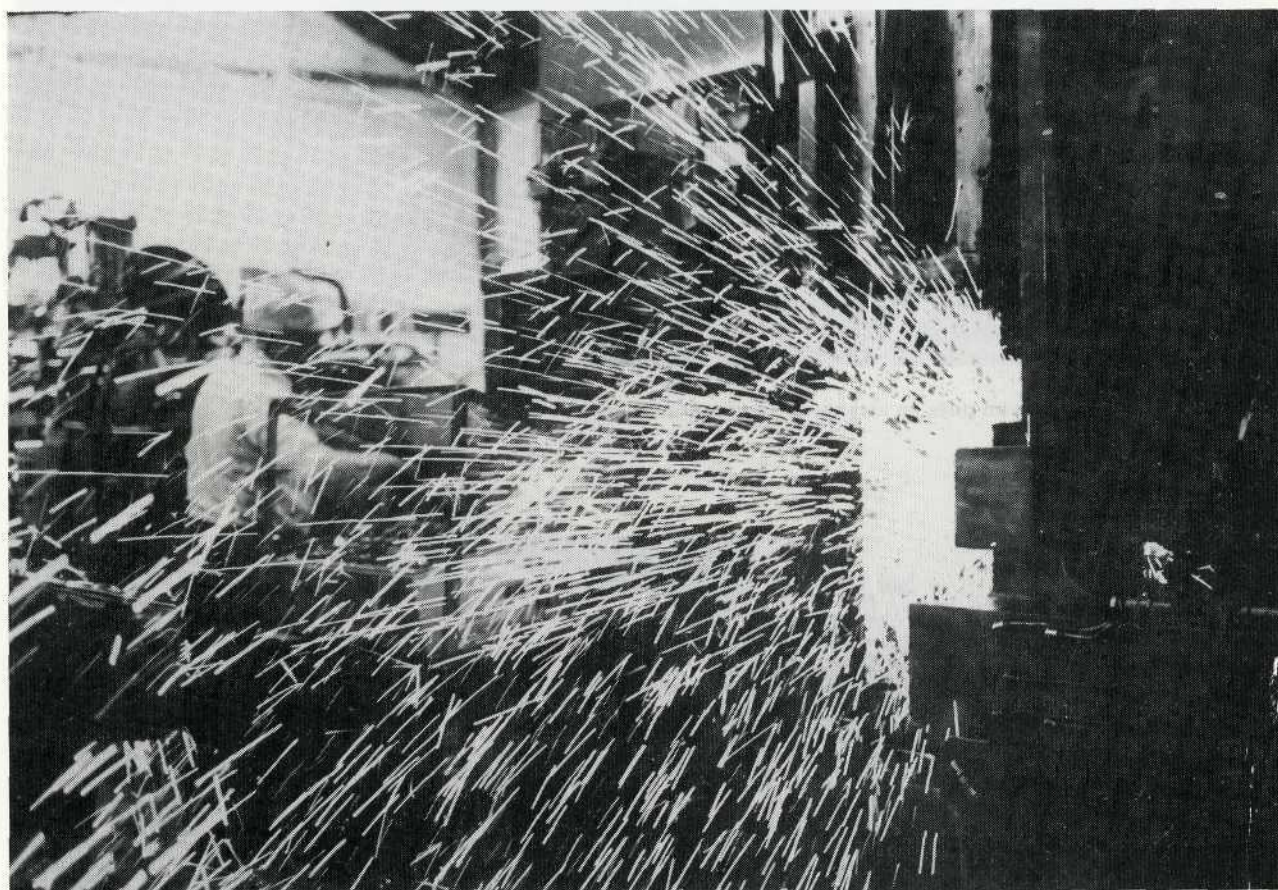
Après quoi, les rails sont chargés sur des wagons plats de 18 m avec une allonge de part et d'autre permettant d'y disposer les longueurs de 27 m.(fig.7.20 et 7.21)

Les wagons sont acheminés vers le dépôt central de la Voie à Schaerbeek s'il s'agit de barres à souder ou à l'atelier de Bascoup s'il s'agit de rails pour appareils de voie.



Chargement des rails.

8. LE SOUDAGE DES RAILS



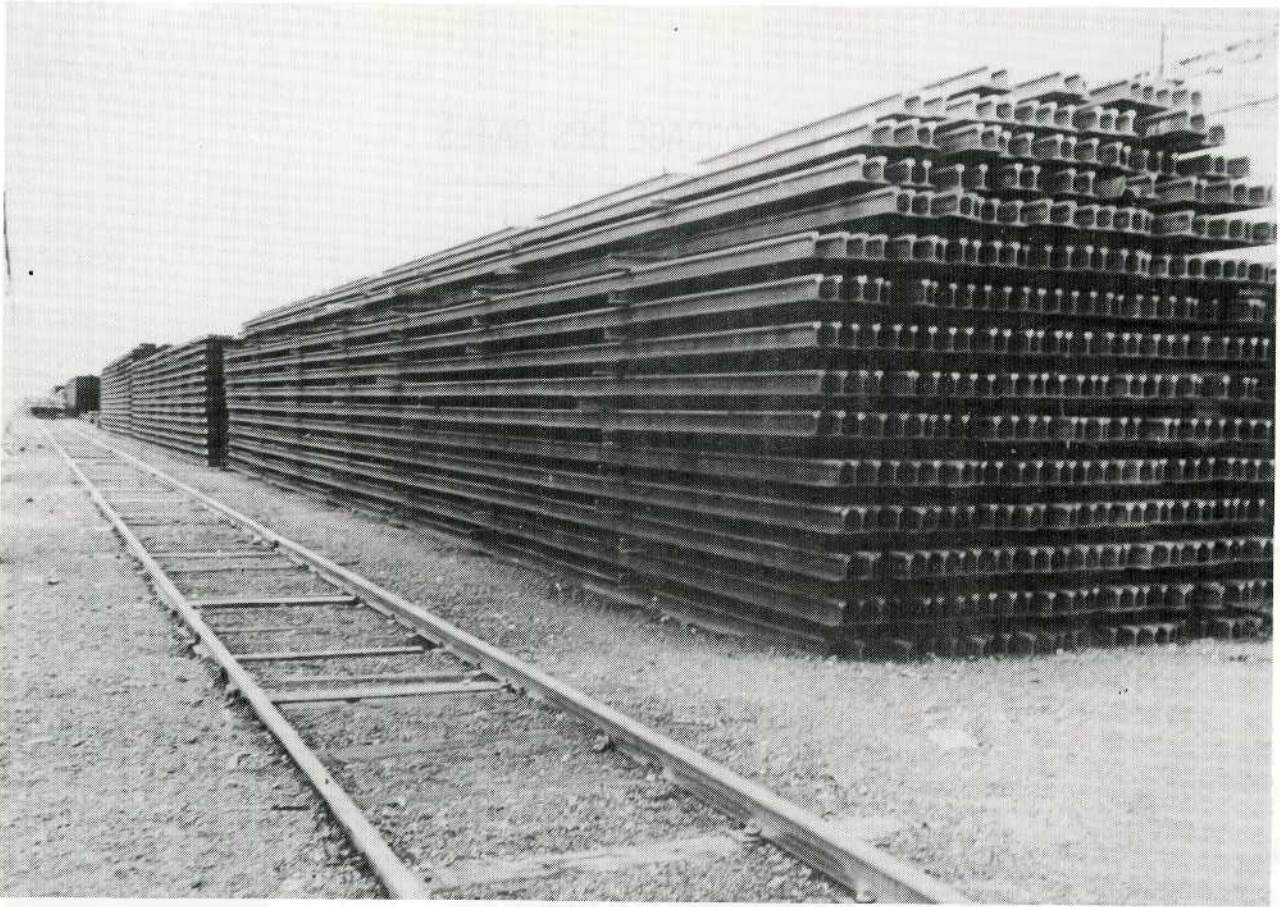


Figure 8.1 Rails stockés en piles en attente d'être soudés.

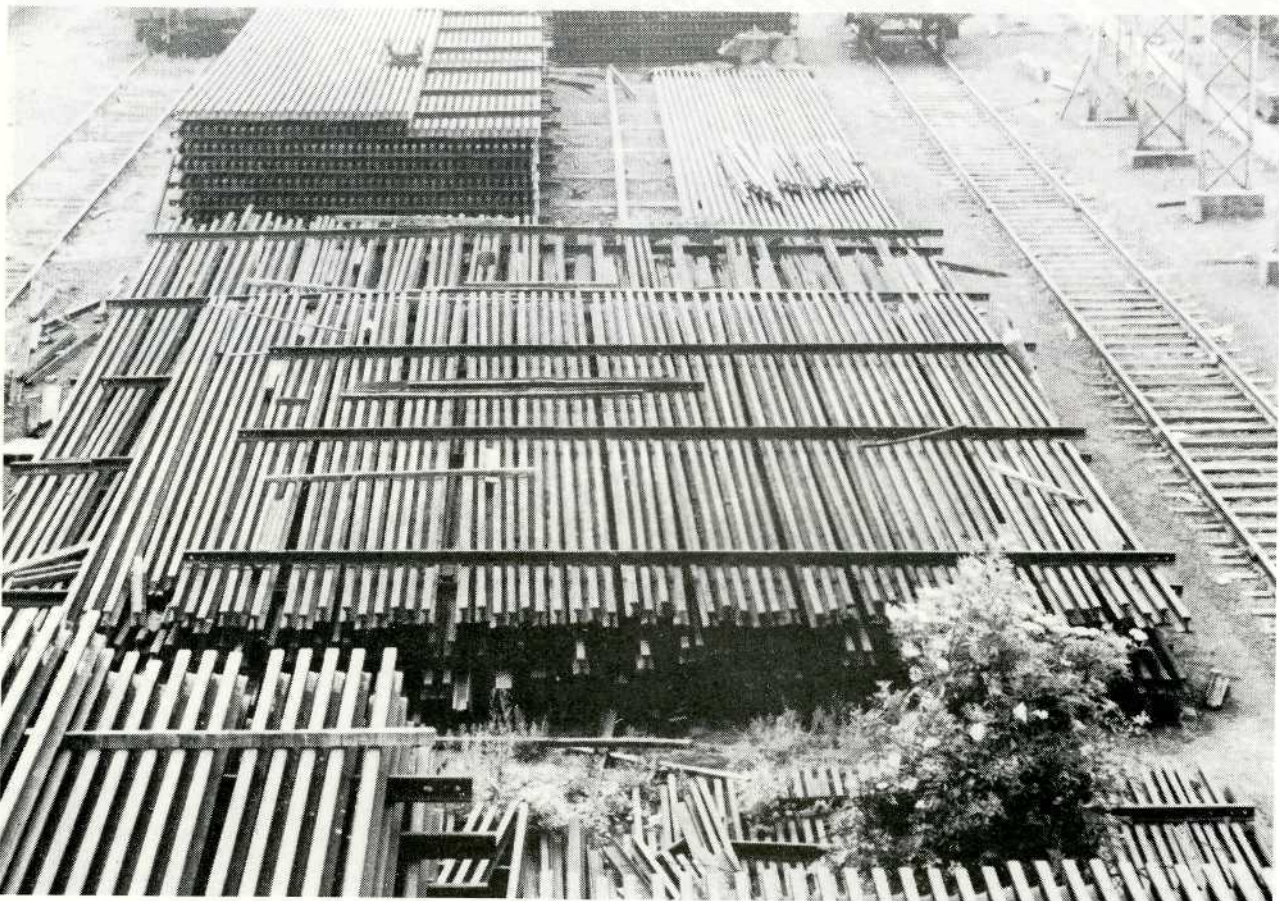


Figure 8.2 Vue plongeante des piles de rails à souder.

8. Le stockage et le soudage des rails

8.1. Le stockage des rails

Les wagons chargés de rails neufs à souder ou de rails de longueurs standard (1), forés à 1 ou 2 bouts ou non forés, provenant des laminoirs, sont acheminés au dépôt central de la voie à Schaerbeek.

Ils y sont déchargés, classés par longueur et nuance et stockés en tas (fig. 8.1 et 8.2) en attendant d'être repris pour la confection de rails soudés ou expédiés tels quels.

Par contre, les rails destinés à la fabrication d'appareils de voie sont expédiés à l'atelier de la voie à Bascoup.

Le dépôt central de la voie s'étend sur 28 ha et dispose de 11 720 m² de magasins, de 8 880 m² d'atelier et de 24 km de voies.

Les installations servent au stockage des rails neufs, usagés ou mis à la ferraille, ainsi qu'aux divers accessoires destinés au service de la voie (traverses de remploi, accessoires de voie, outillage motorisé, graisseurs de rails, manches, outillage à mains, etc...)

Par sa grande superficie, le dépôt peut assurer des stocks importants de rails neufs, constituant un volant régulateur et permanent pour les besoins des machines à souder.

Un tonnage important de la commande annuelle de rails est généralement laminé au cours des mois d'hiver, de façon à permettre l'approvisionnement des chantiers de renouvellement en rails soudés dès les beaux jours. Le chantier de soudage travaille tout au long de l'année et les expéditions de rails soudés se poursuivent même en hiver, mais à une cadence moins rapide.

Les manipulations dans les laminoirs étant limitées à des rails de 36 m de longueur, la barre de ± 90 m issue d'un lingot doit être débitée en longueurs inférieures, en l'occurrence 27 m pour les besoins de la S.N.C.B.

Celles-ci sont soudées au dépôt de la voie en barres d'une longueur maximum de 216 m.

(1) Les longueurs standard sont actuellement les suivantes :

50 kg/m : 27 m, 26,940 m, 26,880 m, 18 m, 17,940 m, 17,880 m et des courts de 6 à 18 m.

60 kg/UIC : 27 m, 18 m, 16 m et des courts de 6 à 18 m.

63 T : 27 m, 18 m, 16,700 m, 12,100 m et des courts de 6 à 18 m.

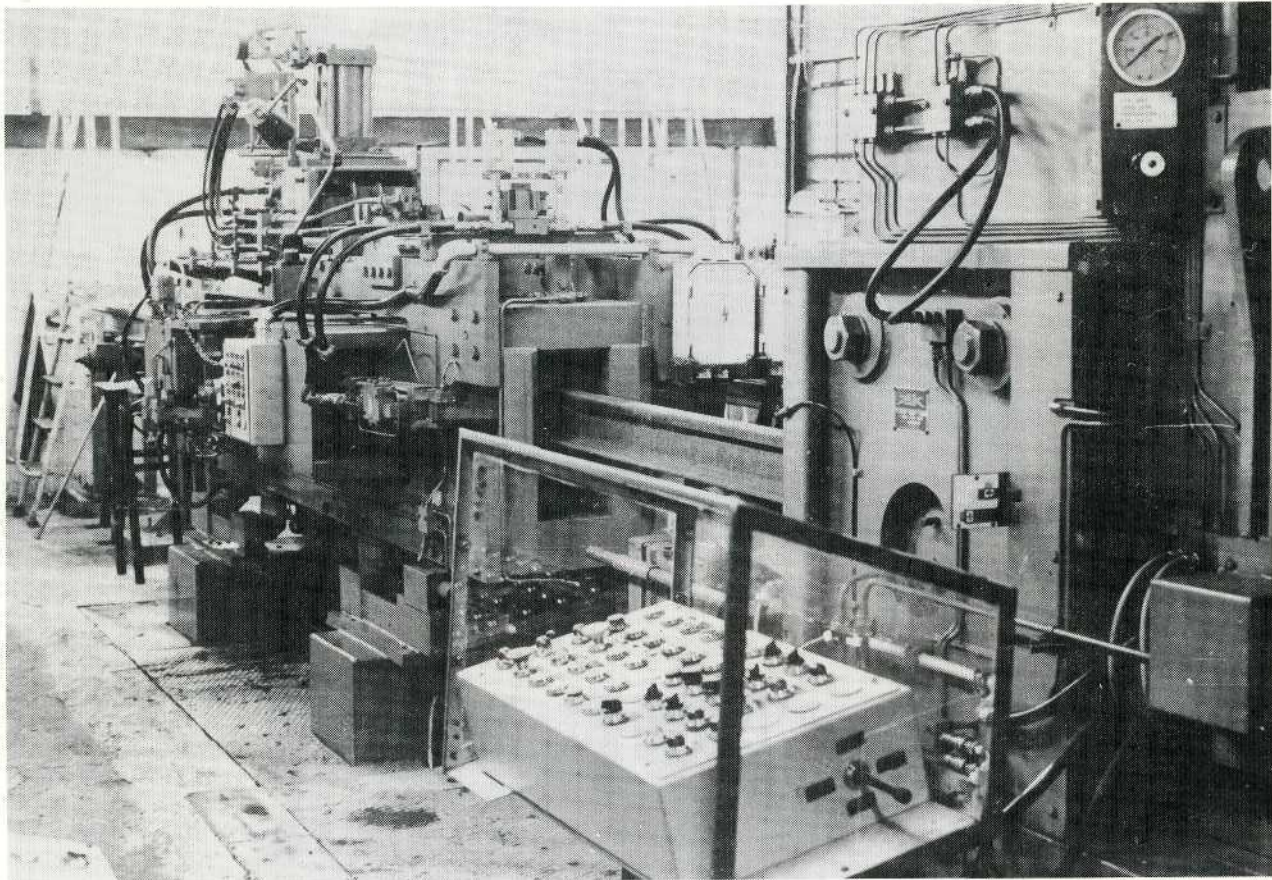


Figure 8.3 Machine à souder type APHF/60/R.

Caractéristiques de la machine à souder type APHF/60/R :

Poids de la machine	:	28 000 kg
Capacité maximum de soudage	:	10 000 mm ²
Effort de forgeage maximal	:	600 kN
Force de clamage	:	1 230 kN
Puissance installée	:	1 000 kVA
Tension de soudage	:	7 à 12 V
Course maximale de forgeage	:	25 mm
Capacité maximale de soudage	:	20 soudures/h (limitées actuellement à 10 par les installations en amont et en aval de la machine.

Caractéristiques de l'ébarbeuse (1) de rails type MK VI :

Poids de la machine	:	12 000 kg
Hauteur des rails à ébarber	:	entre 101 et 203 mm
Force maximale d'ébarbage	:	850 kN
Course d'ébarbage	:	280 mm
Force de clamage des rails	:	1 850 kN
Temps du cycle d'ébarbage	:	30 sec.

(1) Le mot ébavurer est admis depuis 1948 mais ébavureuse n'existe pas.

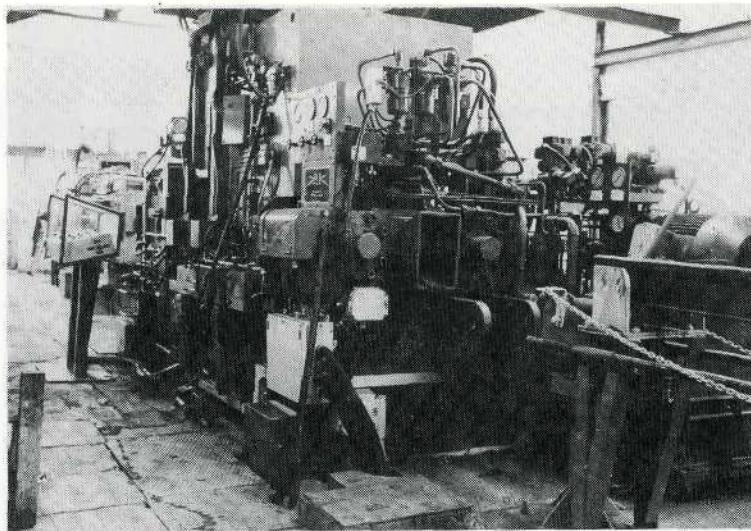


Figure 8.4 Vue de l'entrée de la machine à souder.

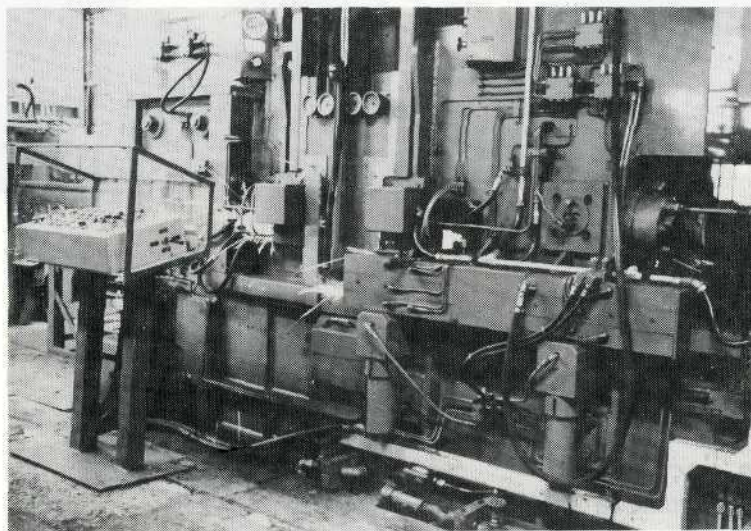


Figure 8.5 Vue latérale de la machine à souder au cours d'un étincelage. Le volet de protection étant fermé il n'y a pratiquement plus d'étincelles qui jaillissent.

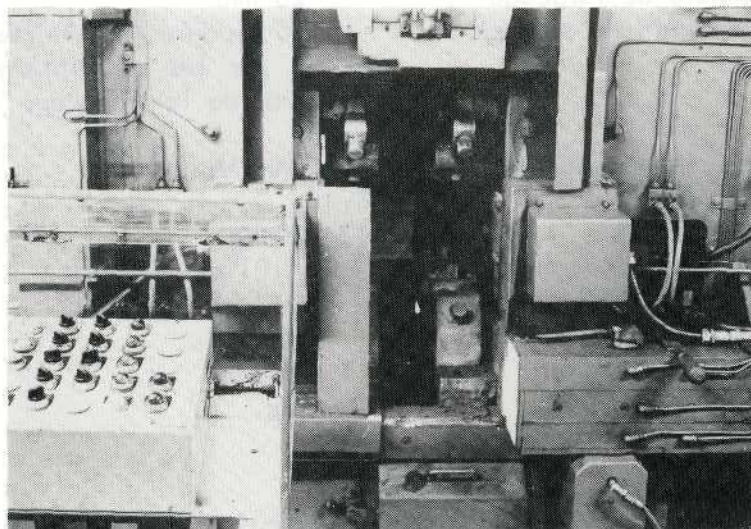


Figure 8.6 Le volet de protection étant relevé on voit les conducteurs du courant et le rail aval.

8.2. Le chantier de soudage par étincelage

8.2.1. Principe de fonctionnement de la machine à souder (fig. 8.3., 8.4., 8.5 et 8.6)

Tous les réseaux assemblent actuellement leurs rails en atelier par soudure électrique par étincelage. Il s'agit d'un procédé comprimant les rails axialement après chauffage des abouts à $\pm 1\ 000^\circ\text{C}$.

La machine utilisée se compose essentiellement d'une partie fixe et d'une partie mobile. Chacune comporte deux électrodes, l'une inférieure et l'autre supérieure constituant les conducteurs du courant de soudage. Les deux rails à souder sont serrés verticalement par des vérins hydrauliques; d'autre part, l'alignement des deux barres est automatiquement réalisé grâce à des vérins hydrauliques latéraux.

La machine mobile se déplace en entraînant le rail d'aval à souder, au moyen de deux vérins hydrauliques commandés par une servo-valve, elle-même programmée par un système électronique à circuits intégrés. Une série de potentiomètres réglables permet d'introduire les différents paramètres du soudage et notamment :

- la détection du contact des rails;
- la durée et la pression du préchauffage;
- la vitesse de l'étincelage initial, l'accélération, etc...

En outre, des interrupteurs de fin de courses commandent le démarrage du cycle de préchauffage et de forgeage, la coupure du courant avant le forgeage ainsi que la quantité de métal brûlé au cours du soudage.

La machine est alimentée au départ d'une cabine électrique haute tension par l'intermédiaire d'un transformateur $3 \times 11\text{ kV}/2 \times 380\text{ V}$. Le courant de soudage est amené aux deux transformateurs de soudage montés sur la machine en passant par le contacteur de soudage.

Chaque transformateur a une puissance de 500 kVA et un rapport de transformation de $380\text{ V}/7$ à 12 V .

Les transformateurs de soudage, ainsi que les porte-électrodes et les électrodes sont refroidis par un système de refroidissement à eau en circuit fermé.

La machine décrite ci-dessus a été récemment mise en service en remplacement d'une des deux machines à commande mécanique qui équipaient le chantier de soudage et qui sont devenues démodées.

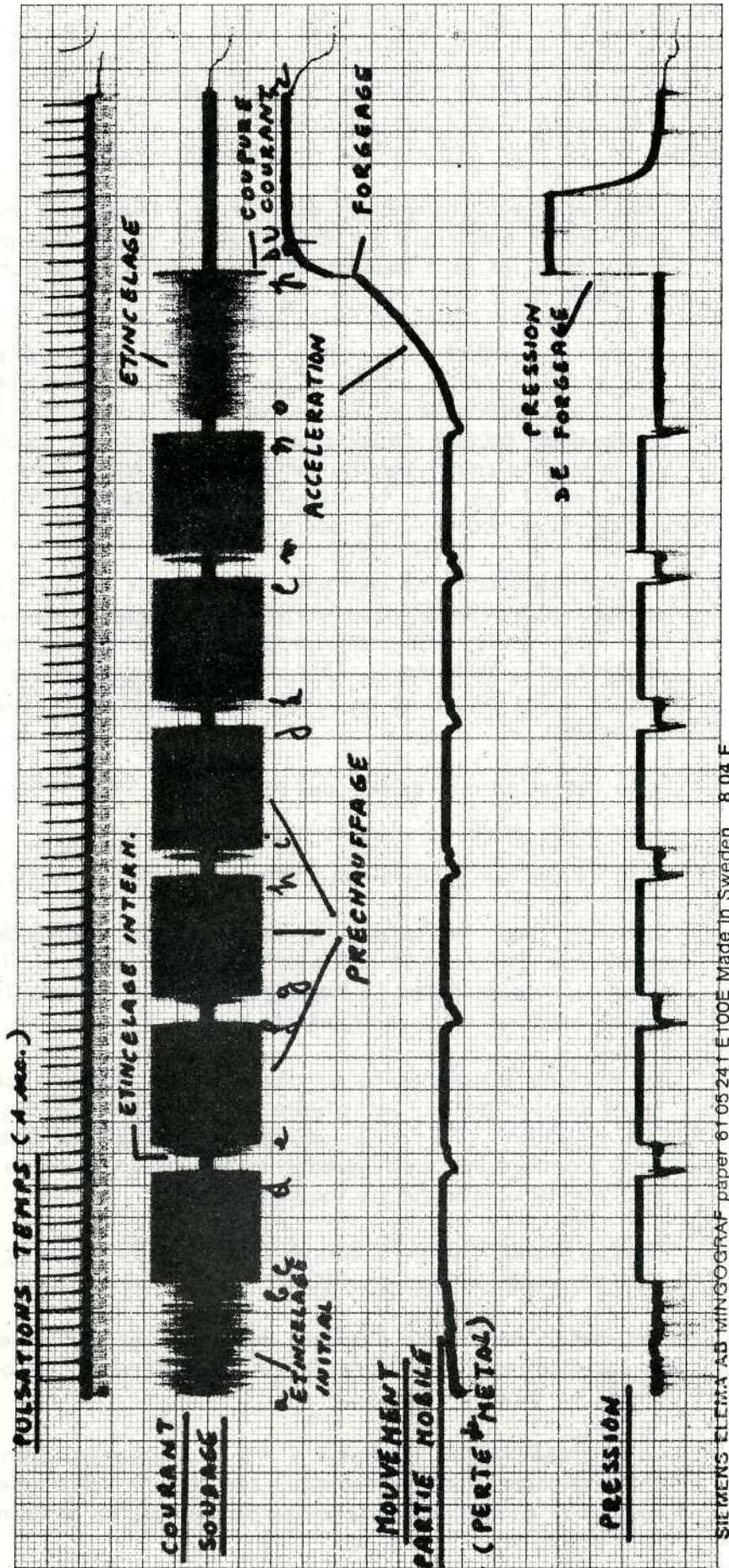


Figure 8.7 Diagramme donnant les séquences des opérations.

8.2.2. Le cycle de fonctionnement

Après positionnement, clamage et alignement des rails dans la machine, le cycle de soudage peut débuter.

Lorsque le cycle est déclenché, le contacteur de soudage se ferme et le système électronique commande la servo-valve qui met la partie mobile de la machine en marche. Les diverses opérations se succèdent comme suit (fig. 8.7) :

- L'étincelage initial ab (5 sec.).

La partie mobile de la machine avance lentement. Cette avance est contrôlée par l'intensité du courant et a pour objet de brûler une quantité de métal prééglée (3 mm).

Cette phase a pour but de réaliser l'équerrage des extrémités des rails.

- Les touches de préchauffage cd, ef, gh, ij, kl, mn de 6 sec. chacune.

Pendant ces phases, la pression de l'avance de la partie mobile de la machine augmente. Après un temps fixé d'avance, celle-ci recule en vue de rompre le contact.

Le nombre de touches de préchauffage est prédéterminé par un compteur à réglage manuel. Au cours des préchauffages, le courant maximal traverse les rails pour chauffer progressivement le métal près des abouts.

Un étincelage intermédiaire intervient après chaque touche et a pour objet de brûler les aspérités qui subsistent sur les deux sections des rails à souder afin d'obtenir le meilleur contact au cours de la touche de préchauffage suivante.

- L'étincelage proprement dit op (9 sec.).

Après la dernière touche de préchauffage, la partie mobile de la machine avance, d'abord à faible vitesse et ensuite à vitesse accélérée, ce qui donne lieu à l'étincelage proprement dit au cours duquel on brûle 11 mm de métal.

- Le forgeage qr (4 sec.).

L'interrupteur de fin de course interrompt le courant de soudage et met la servo-valve hors service.

L'énergie emmagasinée dans deux accumulateurs hydrauliques est transmise aux cylindres d'avance de la partie mobile de la machine, réalisant ainsi le forgeage final des deux rails (14 mm) sous une pression de 140 bars (600 kN).

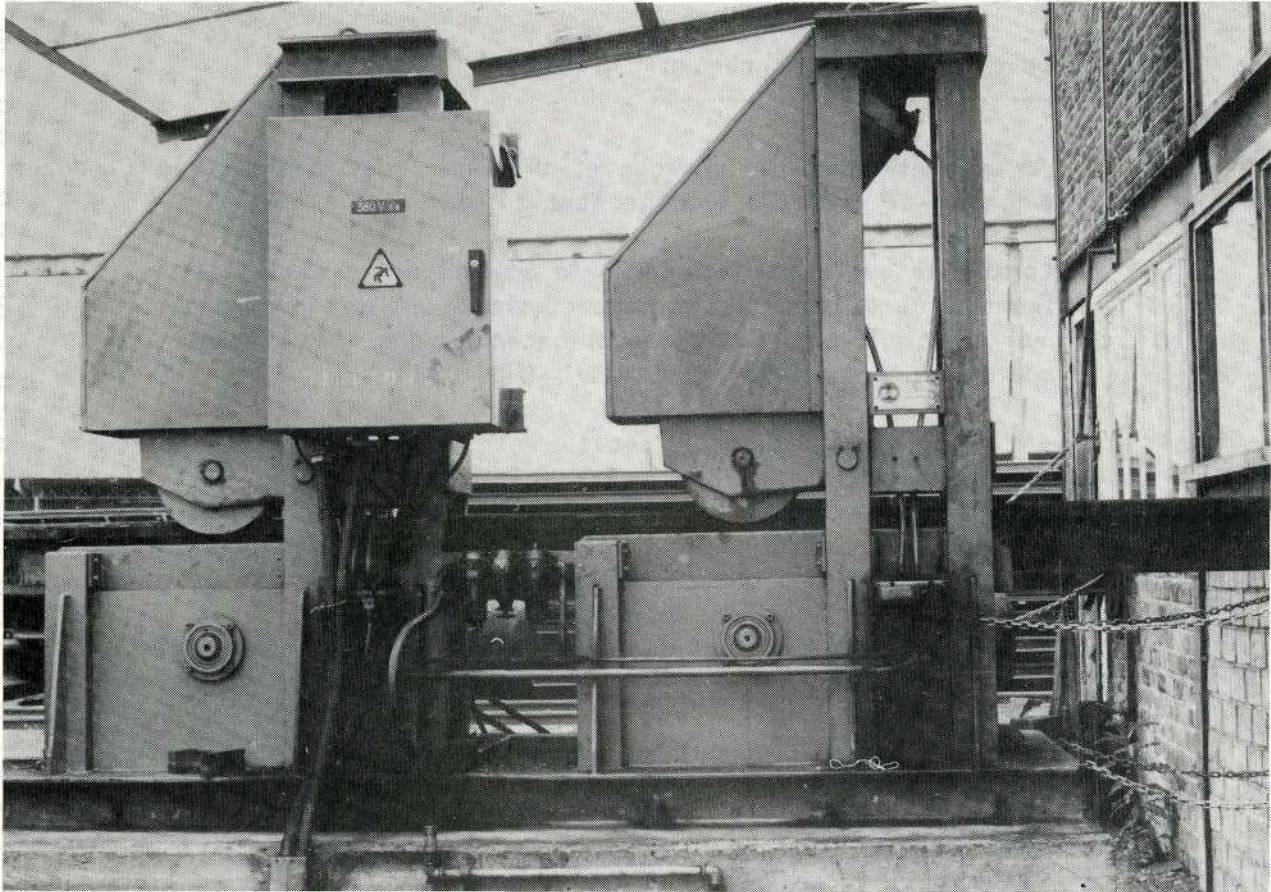


Figure 8.8 Rouleau presseur double pour l'avance des barres soudées.

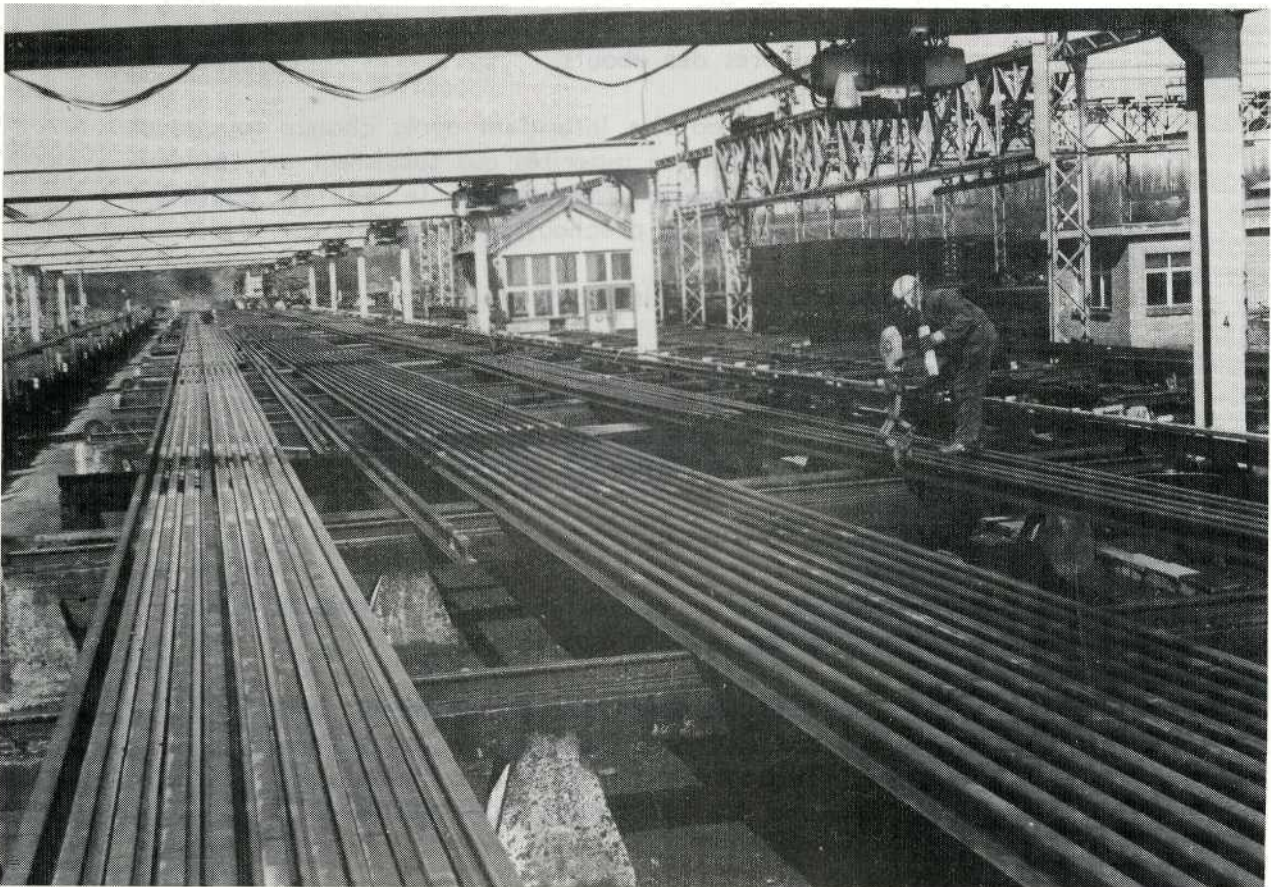


Figure 8.9 Clamage de la tête d'un rail soudé par un des crochets motorisés.

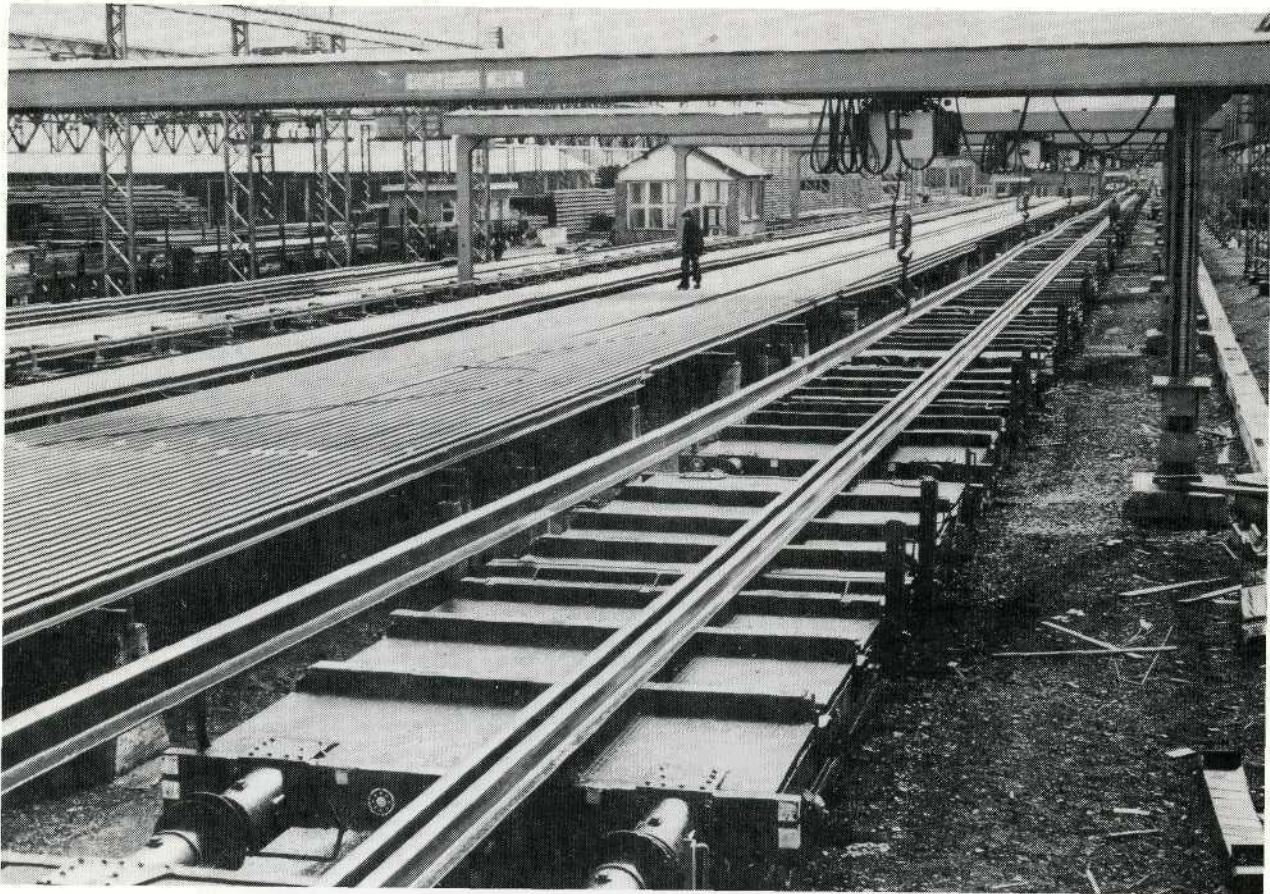


Figure 8.10 Transfert latéral d'une longue barre soudée.

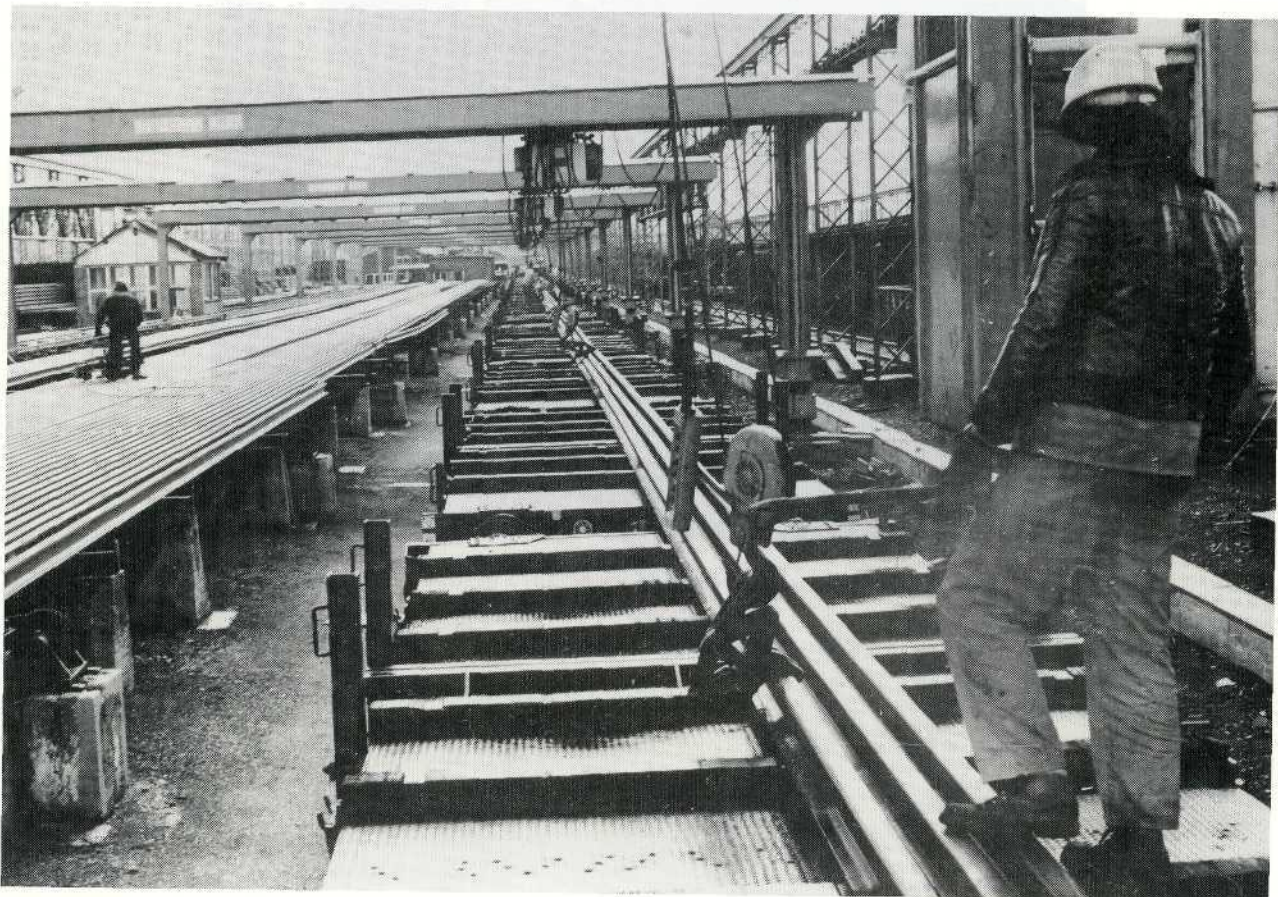


Figure 8.11 Chargement des longues barres sur la rame spéciale.

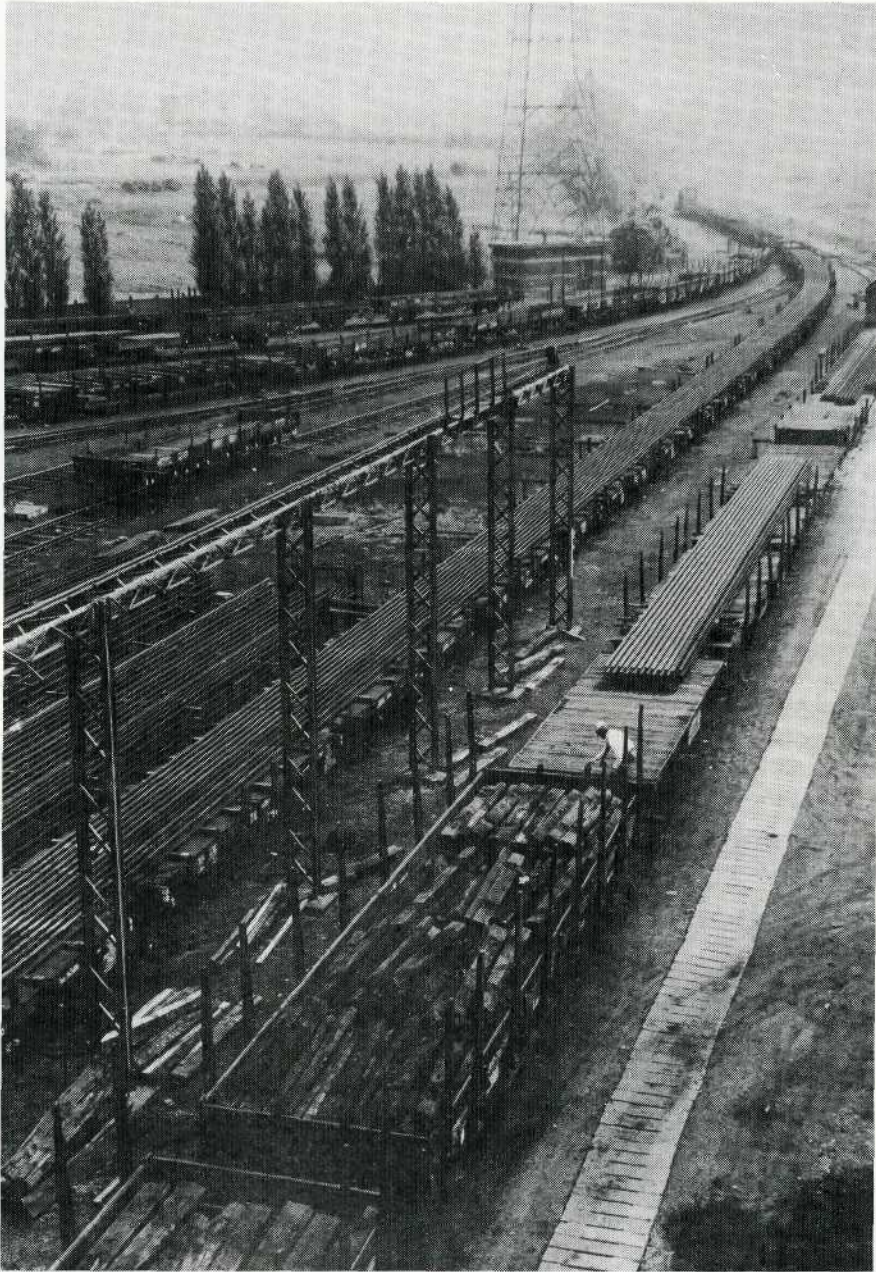


Figure 8.12 Départ de la rame chargée de longs rails à destination d'un chantier de renouvellement.

Lorsque le cycle est terminé, il y a une perte de 28 mm de métal.

- L'ébarbage automatique des soudures

Une partie du métal refoulé forme un bourrelet autour du profil.

Une ébarbeuse hydraulique automatique est installée immédiatement en aval de la soudeuse. Elle se compose essentiellement d'un châssis dans lequel sont montées les clames qui maintiennent le rail en place par l'âme et la boîte mobile contenant quatre outils d'ébarbage. Ceux-ci entourent complètement le profil en laissant un jeu de 1 mm.

Le bourrelet de soudage encore rouge cerise est positionné devant les outils écartés.

Le cycle automatique se déroule comme suit :

- . clamage;
- . rapprochement des outils d'ébarbage;
- . avance de la boîte mobile;
- . écartement des outils;
- . retour de la boîte mobile.

- L'avance sur le convoyeur

La barre soudée est avancée de 27 m sur le convoyeur par l'intermédiaire d'un rouleau presseur double (fig. 8.8), tandis qu'un nouveau rail, dont l'extrémité a été soigneusement nettoyée à l'aide d'une meule pneumatique, s'approche de la machine à souder et se met en position pour la soudure suivante.

La capacité des installations permet de réaliser des barres d'une longueur maximale de 216 m.

La consommation d'électricité est de 3 kWh pour une soudure de rail 50 T et de 4,6 kWh pour le rail UIC 60.

8.2.3. L'expédition des barres

Les barres de 216 m sont ripées latéralement par des crochets motorisés sur une aire de stockage surélevée (fig. 8.9).

Elles sont ensuite reprises par 10 portiques de chargement (fig. 8.10) chargées sur une rame (fig. 8.11) spécialement aménagée et acheminées vers les chantiers de renouvellement de voies (fig. 8.12).

Après déchargement sur le chantier de renouvellement, les barres de 216 m sont soudées les unes aux autres par aluminothermie, formant ainsi de très grandes longueurs.

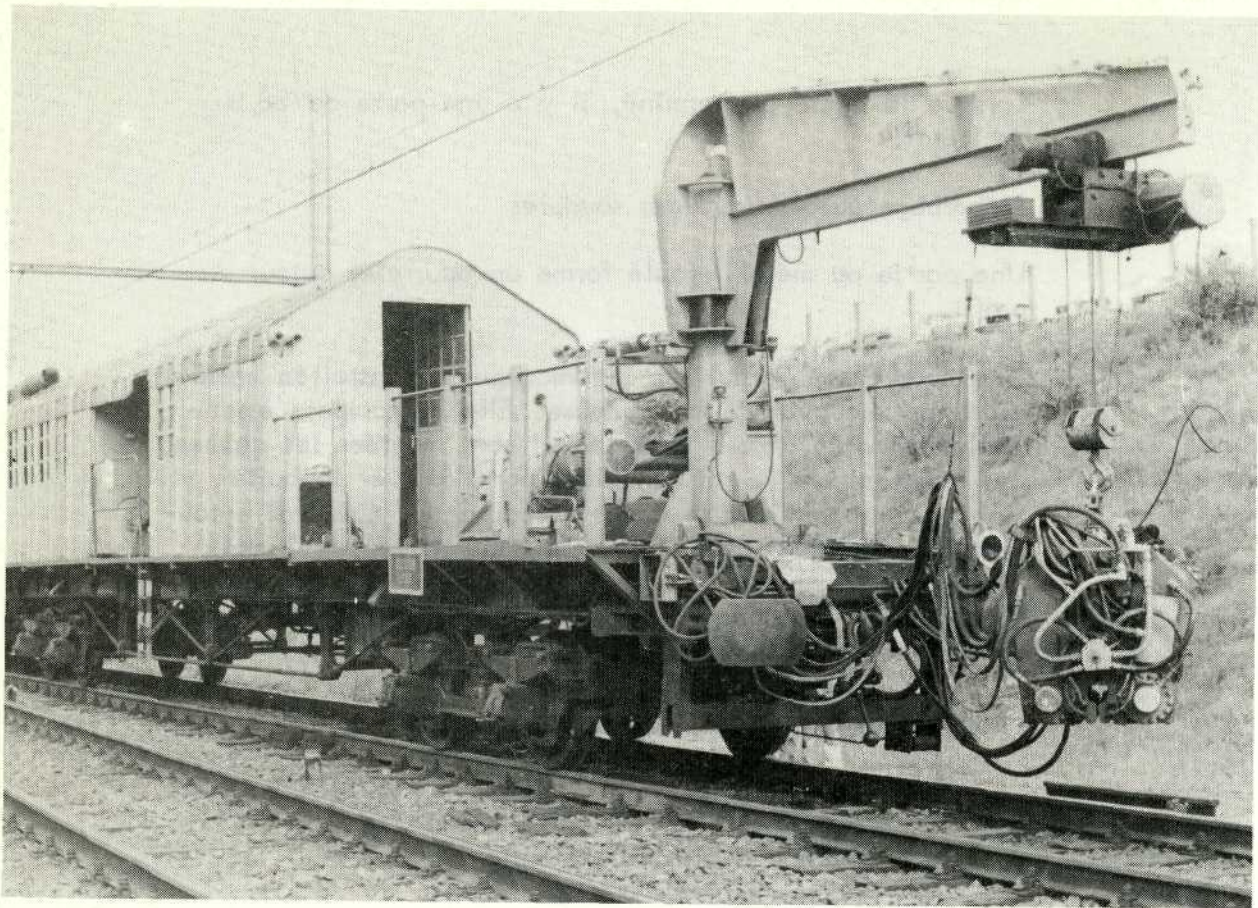


Figure 8.13 Wagon avec le portique de soudage par étincelage en voie.

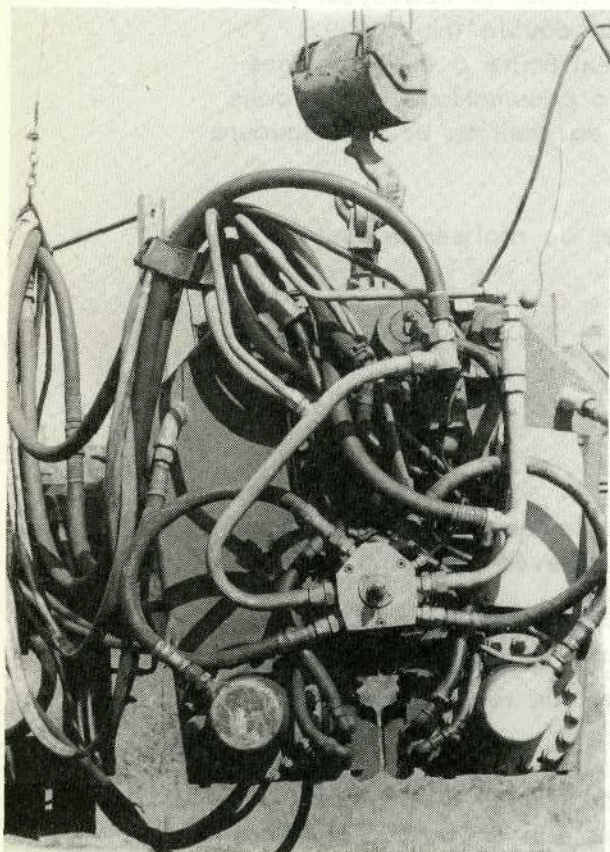


Figure 8.14 Vue de la tête de soudage qui enserre les rails à souder.

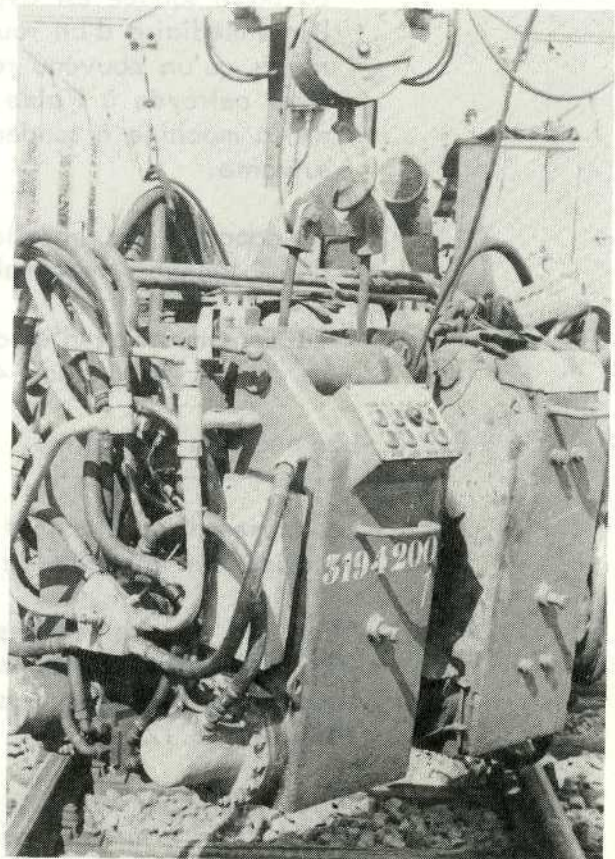


Figure 8.15 Vue latérale de la tête de soudage avec le tableau de commande.



Figure 8.16 Soudure par étincelage en voie.

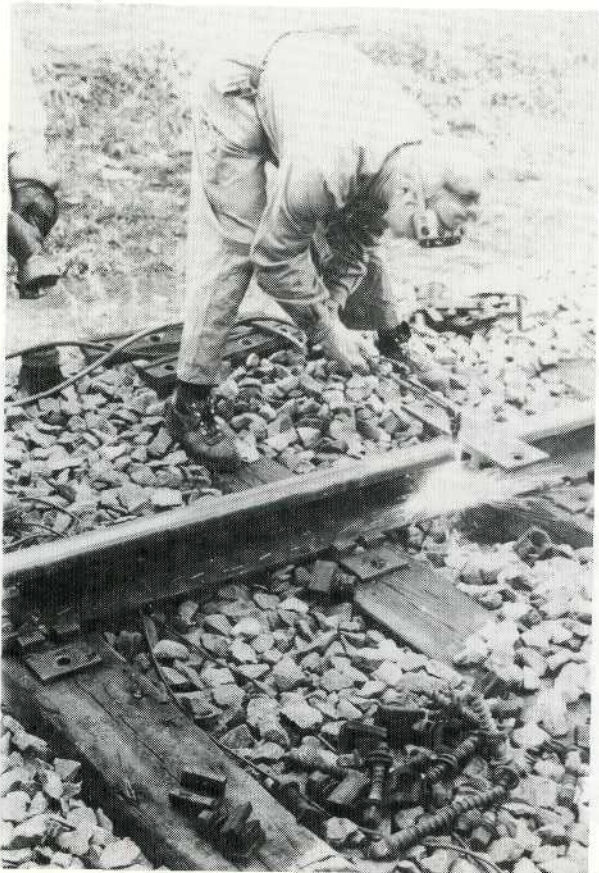


Figure 8.17 Le découpage du joint à l'aide du chalumeau oxy-acétylénique.

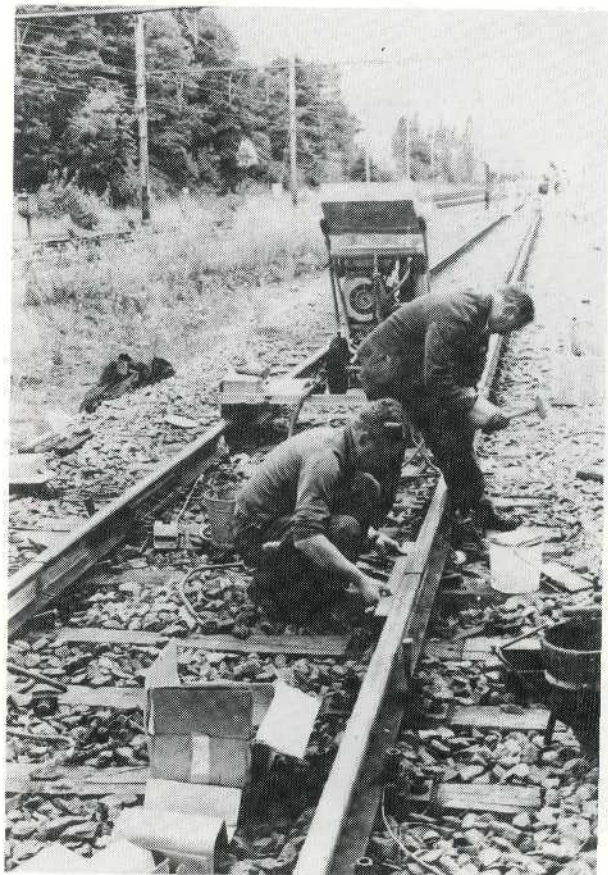


Figure 8.18 Le réglage du joint en hauteur et son alignement à la règle.

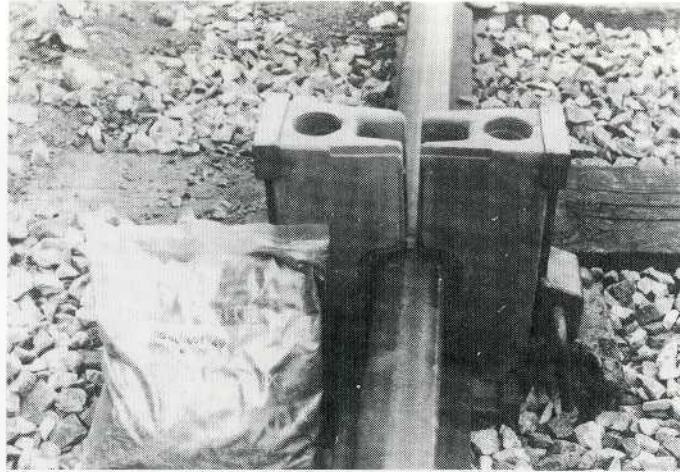


Figure 8.19 Le moule préfabriqué et le sac en poly-éthylène avec la charge préparée.



Figure 8.20 Fixation des moules dans la presse serremoule.

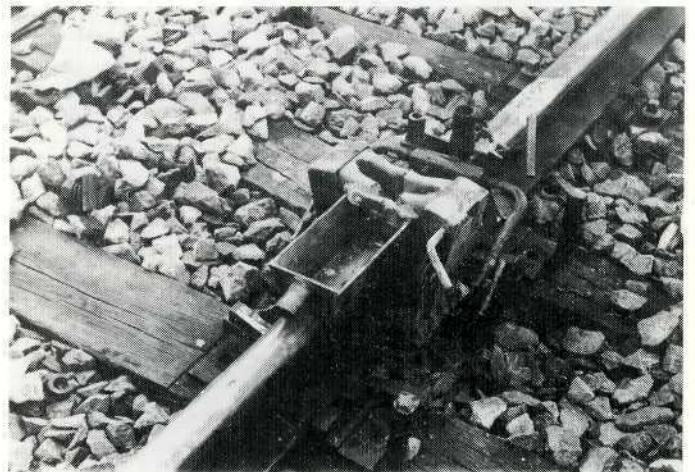


Figure 8.21 Bac à corindon.

8.3. La soudure par étincelage en voie

Des soudures par étincelage peuvent également être réalisées en voie, à l'aide d'un groupe de soudage mobile (fig. 8.13, 8.14 et 8.15). Celui-ci fonctionne de la même façon que la machine fixe du dépôt de la voie décrite ci-avant.

L'appareillage est utilisé dans le cas illustré pour réaliser une des soudures située de part et d'autre d'un joint isolant (fig. 8.16), l'autre étant effectuée par aluminothermie.

8.4. La soudure aluminothermique en voie

8.4.1. Principes généraux

La soudure par aluminothermie consiste à couler, dans un moule entourant les abouts de rails préalablement portés à une température de 900° par préchauffage, un métal en fusion à 2 200°, obtenu par la réduction de l'oxyde de fer par l'aluminium suivant la réaction ci-après :



Les charges de poudres, adaptées à la nuance des rails à souder, sont versées dans un creuset, allumées et coulées dans un moule préfabriqué entourant les barres à assembler.

Généralement, on préchauffe les rails à souder, toutefois, un procédé rapide de soudage sans préchauffage ou tout au moins avec un préchauffage réduit (4 à 5 minutes) a également été développé.

Par une conception adéquate du moule préfabriqué et la mise en oeuvre de charges plus importantes (il faut compter sur une majoration de 50% par rapport au procédé avec préchauffage) on parvient à ramener le temps de soudage à 7 minutes.

8.4.2. Réalisation de la soudure

Les différentes phases d'une soudure en voie sont les suivantes :

- La préparation du joint.

Il comporte le réglage de l'ouverture du joint intercalaire à 18 mm (15 à 18 mm) (fig. 8.17), l'alignement parfait des barres à assembler (fig. 8.18) du côté intérieur de la voie, le relèvement des abouts à souder qui doit être de l'ordre de 15 mm, pour compenser l'affaissement du rail soudé.

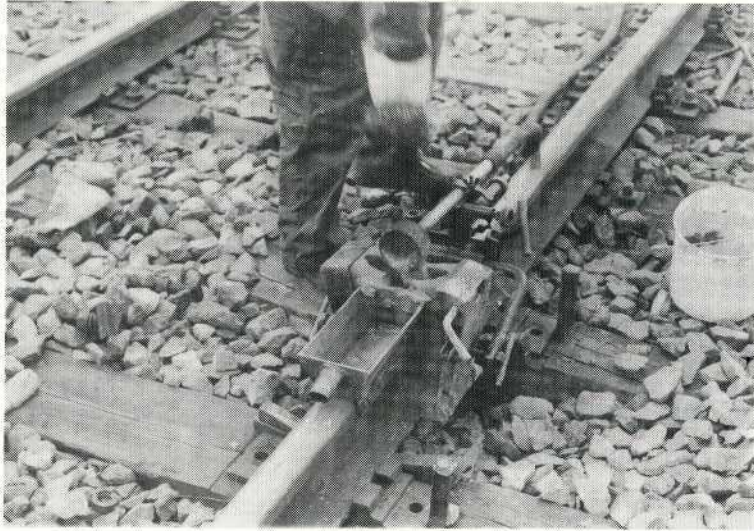


Figure 8.22 Placement et réglage du brûleur pour le préchauffage du moule.

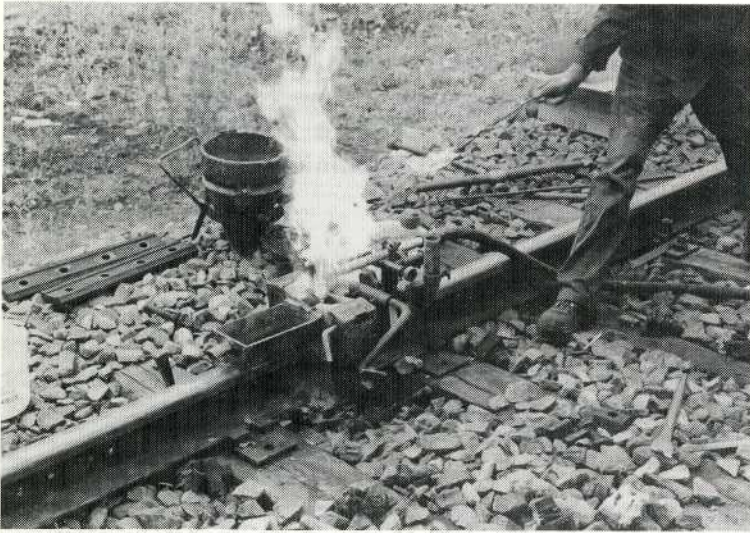


Figure 8.23 Allumage du brûleur avec un brandon d'allumage.



Figure 8.25 Obturation de l'orifice du creuset.



Figure 8.26 Remplissage du creuset avec la charge de soudure.

- La confection et la pose des moules

Les moules sont généralement préfabriqués en usine (fig.8.19) et expédiés avec les charges de soudure.

Après le réglage des abouts des barres à souder comme décrit ci-avant, on fixe les moules sur le rail à l'aide d'une presse serre-moules à bras indépendants, permettant de poser les deux demi-moules l'un après l'autre (fig.8.20). Les moules doivent être centrés très exactement par rapport à l'ouverture du joint.

Un bac destiné à recueillir le corindon est posé sur le rail sur la face légèrement entaillée du moule (fig.8.21).

Le fond est garni de sable sec pour éviter un contact direct du corindon liquide avec la tôle.

- Le préchauffage du joint

On amène les abouts des rails à souder à une température de 900° soit au rouge cerise clair uniformément réparti sur toute la surface des abouts de rails.

Ce préchauffage est obtenu à l'aide d'un brûleur qui projette la flamme dans le moule.

Celui-ci est fixé sur la presse par l'intermédiaire d'un support muni de deux vis permettant le réglage du brûleur dans les plans transversal et longitudinal du rail (fig.8.22)

La régularité du préchauffage des deux abouts de rails a une très grande importance pour la qualité de la soudure. Celle-ci est obtenue grâce au respect de l'intercalaire entre les rails (15 à 18 mm), au parfait centrage des moules par rapport au joint, au centrage du brûleur dans l'intercalaire, de son réglage en hauteur (75 mm).

L'allumage du brûleur se fait à l'aide d'une torche (fig.8.23) après mise en place et réglage parfait de celui-ci.

Le temps de préchauffage varie de 7 à 14 minutes suivant les profils de rails à assembler et les conditions atmosphériques.

- La coulée du joint (fig.8.24)

Pendant l'opération du préchauffage, on place le creuset dans son support. Son orifice est obturé (fig.8.25) par une pointe d'obturation reposant sur la partie supérieure de la douille et dépassant le bord inférieur du creuset pour faciliter le débouchage.

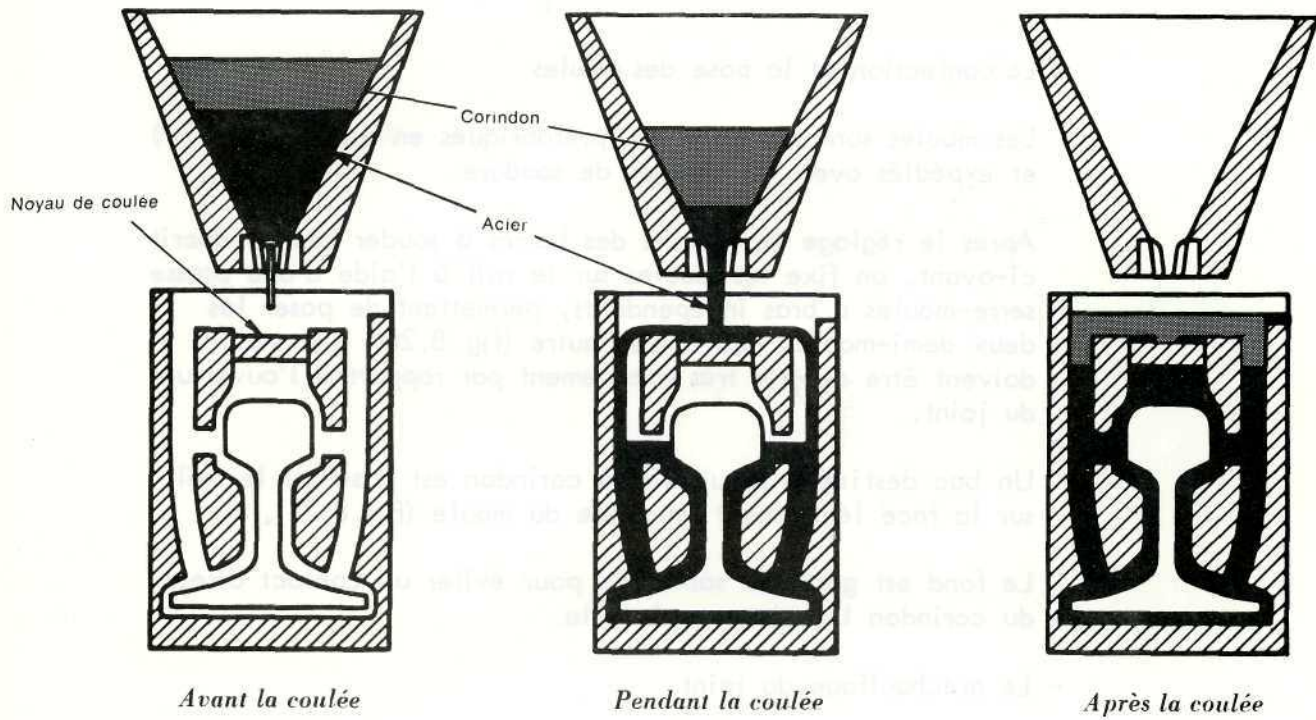


SCHÉMA DE LA COULÉE DANS LE MOULE

Figure 8.24 Schéma de la coulée dans le moule.



Figure 8.27 Réaction exothermique dans le creuset.



Figure 8.28 Coulée du joint.

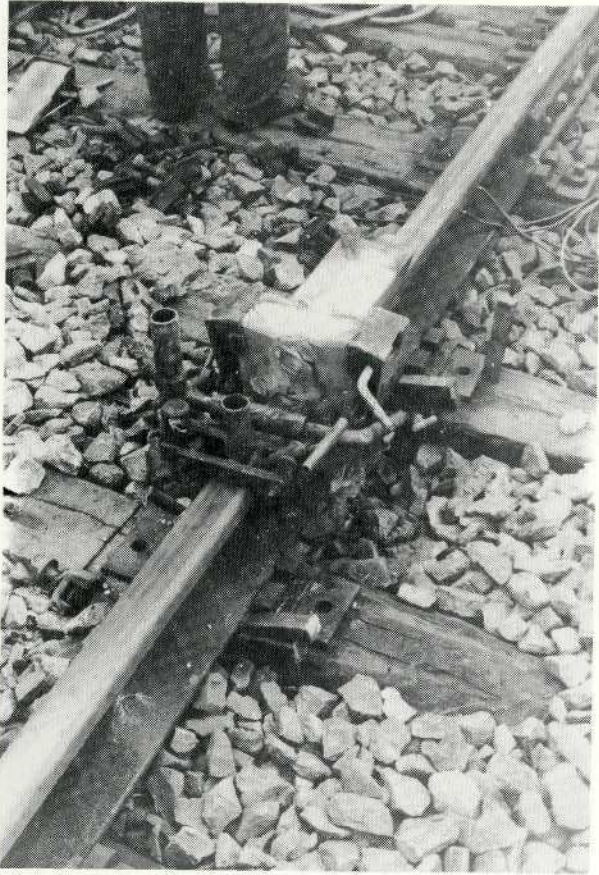


Figure 8.29 Le joint après la coulée.



Figure 8.30 Enlèvement des carcasses.



Figure 8.31 Enlèvement du moule incandescent.

La charge de soudure contenue dans un sac en polyéthylène (fig. 8.26) est alors versée dans le creuset. Lorsque la température des abouts de rails a été jugée suffisante par le soudeur, celui-ci amorce la réaction du mélange aluminothermique à l'aide d'un tison d'allumage (fig. 8.27) et retire le brûleur.

Il fait alors pivoter le creuset sur son support, de manière à l'amener au-dessus du trou de coulée du moule.

Le débouchage du creuset s'opère à l'aide de la tige débouche-creuset, 10 secondes après la fin de la réaction, afin de permettre la décantation totale de l'acier et du corindon.

La durée de réaction d'une charge depuis son allumage jusqu'à la fin des fumées est d'environ vingt secondes.

Lors de la coulée (fig. 8.28), le métal aluminothermique s'écoule le premier du creuset. En opérant la fusion des abouts de rails à souder, il remplit l'espace libre dans le moule, c'est-à-dire l'intercalaire, le bossage, les pipes et la masselotte qui maintient un excédent de métal sur la table de roulement.

En fin de coulée, le corindon s'écoule du creuset et rencontre le métal dans le moule.

Dès que la coulée est terminée, on enfonce la tige de nettoyage du creuset dans la douille, afin d'éviter que du corindon ou du métal l'obstrue en se refroidissant.

- Le démoulage et le tranchage

Dès la fin de la coulée, creuset et presse serre-moule sont retirés (fig. 8.29)

Trois minutes environ après la fin de la coulée, les carcasses (fig. 8.30) et les moules sont enlevés (fig. 8.31)

On nettoie le métal d'apport autour du champignon à l'aide d'une brosse métallique.

On procède ensuite dans l'ordre suivant au tranchage du métal excédentaire (fig. 8.32) avant refroidissement en évitant d'entamer le profil du rail :

- . sur le roulement,
- . sur le flanc du champignon côté intérieur de la voie,
- . sur le flanc du champignon côté extérieur de la voie.

Les pipes sont ensuite cassées à froid au marteau, après amorçage à la tranche.

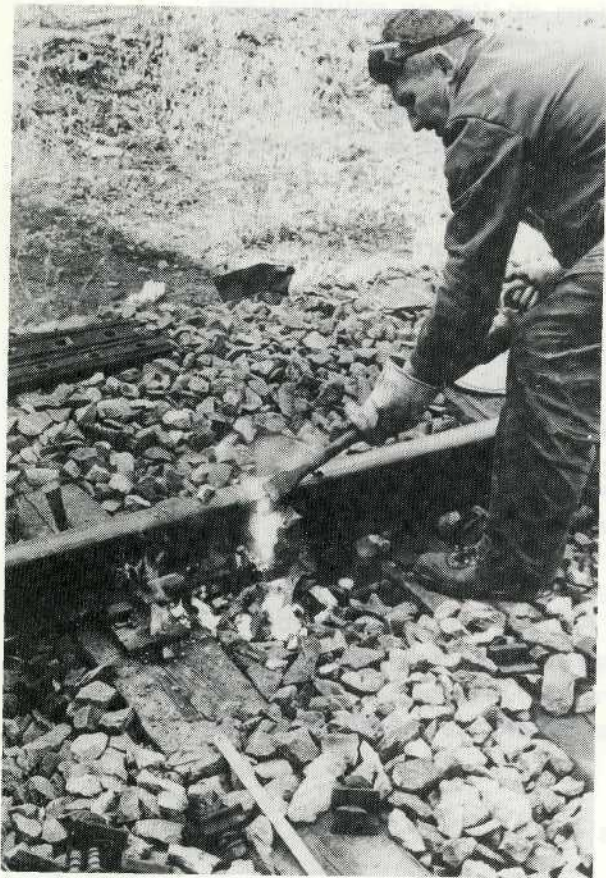


Figure 8.32 Tranchage du métal excédentaire.

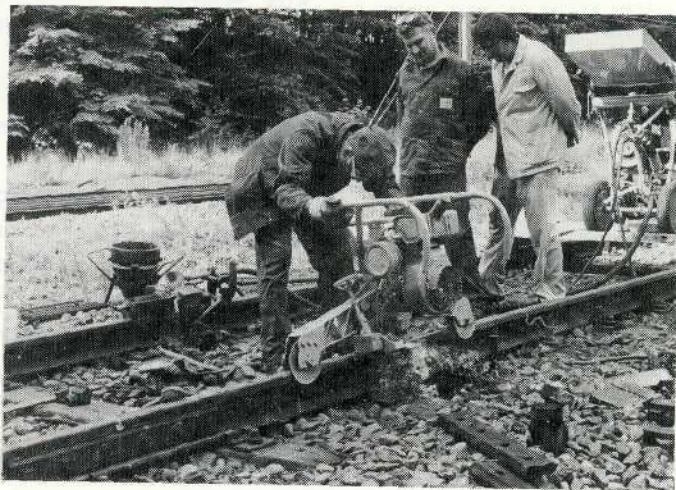


Figure 8.33 Meulage du joint.

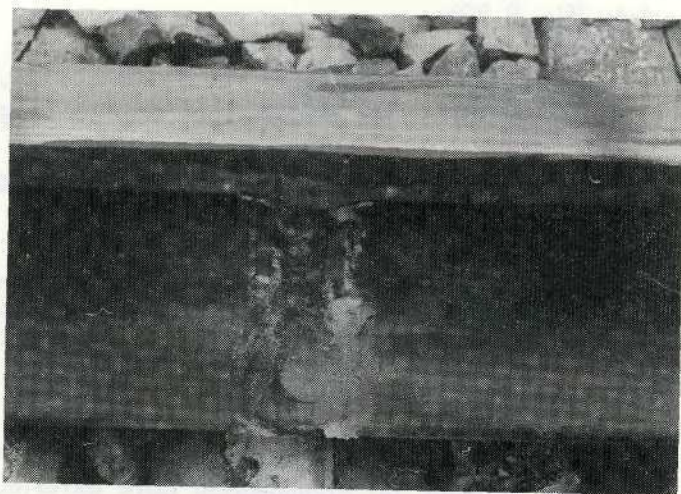


Figure 8.34 Soudure terminée avec le bossage caractéristique de la soudure aluminothermique.

- le meulage du joint

Après le refroidissement complet, le joint tranché est meulé (fig. 8.33) de façon à réaliser le profilage du rail au droit du champignon. Le bossage est maintenu sur le restant du profil contribuant ainsi au renforcement du joint soudé (fig. 8.34)

La planéité du roulement au droit du joint est vérifiée à la règle d'un mètre.

9. LES AVARIES DE RAILS

UNION INTERNATIONALE



DES CHEMINS DE FER

CODE U I C
Fiche à classer au Tome :
VII - INSTALLATIONS FIXES

712
R

3e édition, 1-1-79

CDU : 625.143.3

DEFAUTS DE RAILS

9. Bris et avaries de rails

9.1. Dans les débuts de l'exploitation du chemin de fer

Le problème des bris et avaries des rails s'est posé dès la naissance du railway.

Déjà en 1838, M. TEICHMANN, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, s'informait en Angleterre au sujet des bris de rails ondulés survenant à 25 cm de leur extrémité.

Ces constatations entraînèrent l'adoption d'un profil plus lourd, pesant 27 kg par mètre courant, au lieu de 21,70 kg/m, pour l'équipement des lignes de Gand vers Lille et Tournai et de Bruxelles vers Mons et Namur.

Fin 1841 on signalait que l'emploi de rails trop faibles avait occasionné une casse et une usure telle que 2 000 rails avaient dû être remplacés et que les prévisions des retraits du service pour 1842 étaient plus importantes encore.

2 000 m de voie ont été remplacés en 1841 et 13 534 m en 1842 entre Malines et Gand, par des rails à traits de Jupiter pesant 27 kg/m.

Les premières statistiques de rails rompus datent de 1843.

L'importance des remplacements de rails suite à des ruptures et pour usure prématurée ont été les suivants :

	Ruptures	Usure	Total
1843	537	1 468	2 005
1844	916	-	-
1845	1 506	885	2 591
1846	838	7 193	8 031

Le nombre de barres remplacées par suite d'usure croît rapidement en 1846.

C'est la raison pour laquelle on procéda en 1846 au renouvellement de 6 570 m de voie entre Ans et Fexhe par des rails à double bourrelet inégaux pesant 34 kg/m.

Dès 1850, 748 500 m, soit un tiers du développement total des voies (2 428 200 m) était constitué par des rails à double bourrelet.

9.2. Connaissances en matière de bris en 1875

B. VALERIUS écrivait ce qui suit concernant la durée de vie des rails et les dégradations auxquelles ils sont exposés :

- " - Il résulte d'observations faites à Malines que, pour les rails ordinaires de 4,5 à 5 m de longueur, pesant en tout 99 kg ou 20,66 kg par mètre courant, la perte par usure est annuellement de 0,25 kg à 0,30 kg, sur un chemin de fer constamment exploité. La durée moyenne d'un rail, qui n'éprouve pas d'accidents particuliers, est de 7 ou 8 ans.

Il est remarquable que les rails d'un chemin de fer exploité ne se rouillent pas, quoique les circonstances dans lesquelles ils se trouvent soient très favorables à l'oxydation.

- Les rails belges ordinaires peuvent éprouver au milieu du bourrelet une espèce d'exfoliation ou d'écrasement. Les ouvriers disent que le rail se lamine, lorsque le fer, atteint de ce vice, se soulève à la table et se détache sous la forme d'écaillés.
- Le rail peut se fendre à sa jonction avec le bourrelet, sur une longueur de 1/2 à 1 m, parce que la soudure se trouvant en-dessous du bourrelet, dont le fer, meilleur que celui du dessous, n'a pu se souder parfaitement avec ce dernier.
- Le bourrelet peut être emporté par usure du côté de la roue.
- Lorsque, à l'endroit où deux rails se joignent, l'un est plus élevé que l'autre, les véhicules, en tombant du rail le plus haut sur l'autre, décrivent un arc de parabole et exercent sur ce dernier un choc qui le courbe près du joint et peut même le rompre.

La courbure qui se produit dans ce cas est brusque ou peu étendue.

Une autre cause de courbure consiste dans l'enfoncement des billes du support. Cette courbure n'est pas brusque et elle n'a d'autre inconvénient que de provoquer des ruptures subites dans les deux rails voisins en élevant les bouts du rail qui la présente.

- Enfin, le choc et le frottement des véhicules doivent produire à la longue sur les rails une espèce d'érouissage analogue à celui que donne le battage à froid et auquel on pourrait peut-être remédier par le recuit. "

9.3. Statistiques des causes de collisions et de déraillements provoqués par des bris de rails et défauts de la voie entre 1880 et 1913

Le tableau ci-après donne la fréquence des causes des collisions et déraillements et le nombre de fois qu'elles ont été constatées. (1)

	Rails cassés ayant provoqué un déraillement	Défectuosité des appareils de voie ayant provoqué une collision (C) ou un déraillement (D)	
		C	D
1880	2	1	7
1881	0	0	8
1882	1	2	14
1883	0	1	3
1884	0	1	5
1885	0	0	2
1886	1	0	3
1887	0	0	1
1888	0	0	3
1889	2	1	1
1890	1	1	6
1891	1	1	2
1892	2	0	0
1893	3	0	0
1894	0	0	0
1895	0	0	2
1896	2	0	2
1897	1	0	1
1898	0	0	0
1899	0	0	1
1900	0	1	1
1901	2	0	0
1902	1	0	1
1903	3	0	3
1904	2	0	4
1905	2	1	4
1906	4	1	2
1907	4	1	8
1908	4	1	3
1909	6	0	5
1910	6	0	5
1911	2	1	2
1912	8	0	1
1913	0	0	2

(1) Rapport du Ministre aux Chambres législatives du 04.05.1892 - Tome 4 n° 185 - p.69.

Rapport présenté aux Chambres législatives - compte-rendu des opérations pendant l'année 1913 - Tome 4 n° 272 - pages 62-63.

9.4. Evolution des connaissances en matière de bris et avaries de rails

Au fil des années, les connaissances en la matière s'étant accrues, certains grands réseaux ont édité des notices techniques relatives au retrait, à la surveillance et à l'entretien des rails et des joints.

Les différents types de ruptures et d'avaries constatées furent systématiquement répertoriées, classées et firent l'objet de descriptions sommaires.

La S.N.C.B. édita un premier catalogue descriptif des défauts en 1956 (Avis 7 V du 28.05.56).

L'Office des Recherches et des Essais (O.R.E.) fut chargé par l'U.I.C. d'éditer un catalogue commun, à l'usage du personnel de la voie, décrivant les défauts des rails.

La première édition datant de 1959, a fait récemment l'objet d'une mise à jour. Le nouveau catalogue est annexé à la fiche U.I.C. 712-R.

9.5. La fiche U.I.C. 712-R relative aux défauts des rails et le catalogue des avaries et ruptures de rails

9.5.1. Généralités

L'introduction du catalogue donne :

- la définition des ruptures, fissures et avaries;
- la définition de l'about, de la pleine barre et de la zone de soudure;
- la codification générale des défauts.

Chaque rupture, fissure ou avarie est l'objet d'une fiche qui comporte, d'une part, une ou plusieurs représentations photographiques et d'autre part, un commentaire précisant, pour chaque défaut :

- les caractéristiques et l'aspect;
- les moyens de détection;
- les recommandations d'ordre général que chaque réseau adaptera à ses exigences propres.

Le système de codification adopté permet l'élaboration rapide des statistiques par traitement direct sur ordinateur des informations recueillies.

Ce catalogue définit un système unifié de classification des ruptures, fissures et avaries de rails selon l'emplacement, l'aspect et la cause des défauts. Il indique également les moyens de leur

détection ainsi que les recommandations et les dispositions à prendre dès leur découverte en voie.

9.5.2. Définitions

Définition des défauts de rails

Les rails défectueux peuvent présenter en voie les défauts suivants :

- le rail est rompu;
- le rail est fissuré;
- le rail est avarié.

Rail rompu : Par rail rompu il faut entendre, d'une part, tout rail qui s'est séparé en deux morceaux ou plus, et d'autre part, tout rail dont un fragment de métal s'est détaché en provoquant sur la table de roulement une lacune de plus de 50 mm de longueur et 10 mm de profondeur.

Rail fissuré : On désigne par rail fissuré tout rail présentant, en un point quelconque de sa longueur et quelles que soient les parties intéressées du profil, une ou plusieurs solutions de continuité, d'orientation quelconque, visibles ou non, dont le développement risque d'entraîner une rupture à échéance plus ou moins rapprochée.

Rail avarié : On entend par rail avarié tout rail, ni fissuré ni rompu, mais qui présente d'autres défauts généralement situés en surface.

Définition de la situation des défauts

Les défauts de rails peuvent être situés dans les abouts des rails, en pleine barre ou dans les zones de soudure.

About de rail : On entend par about la partie du rail située au droit des éclisses.

Pleine barre : La pleine barre comprend toutes les parties du rail situées en dehors des abouts ou des zones de soudure.

SCHEMA DE LA CODIFICATION DES DEFAUTS DE RAILS

1^{er} chiffre

2^e chiffre

3^e chiffre

4^e chiffre

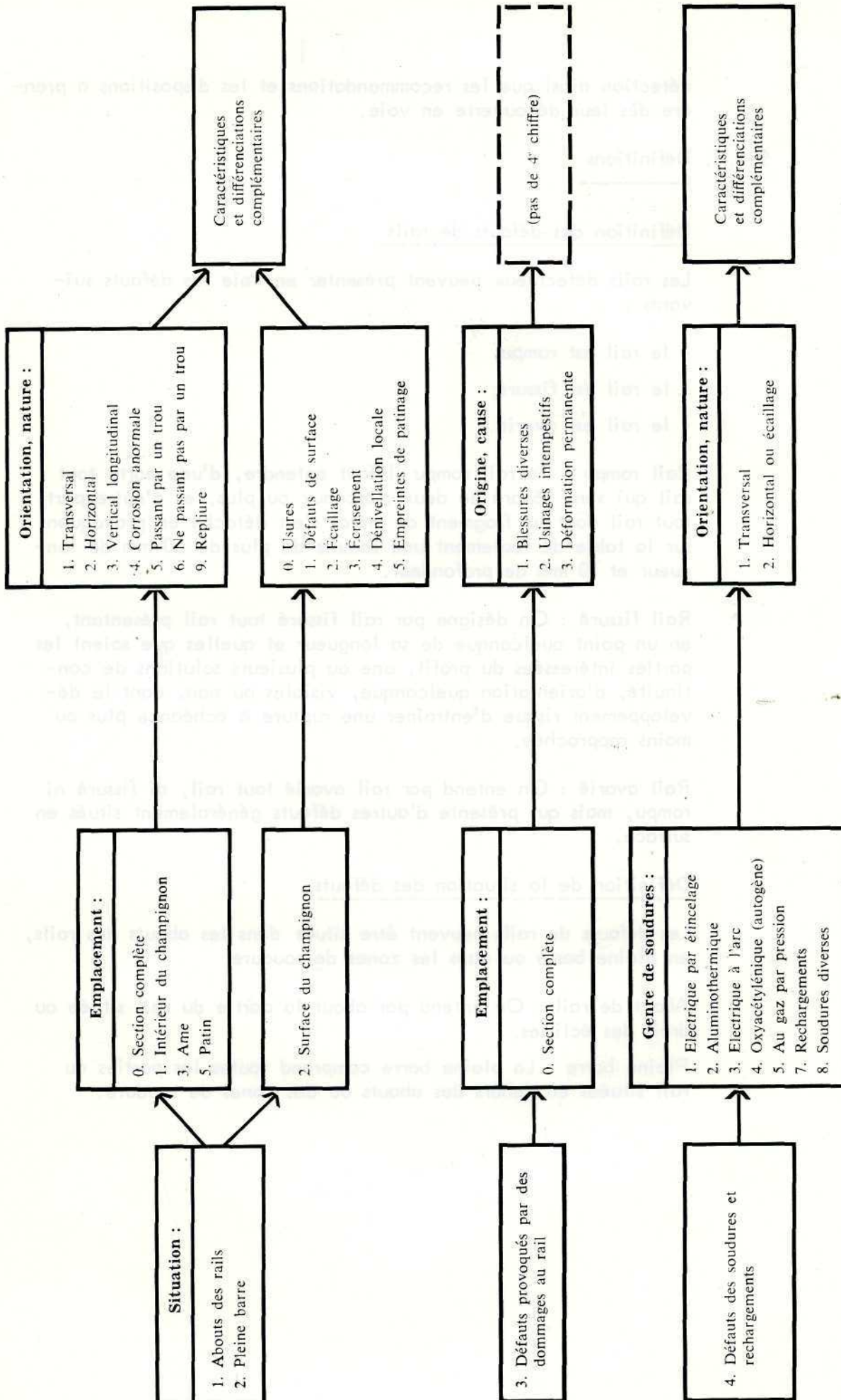


Figure 9.1

Zone de soudure : La zone de soudure s'étend sur 10 cm de part et d'autre de l'axe des soudures de rails, soit au total 20 cm. Tout défaut intervenant dans cette zone est à classer comme défaut de soudure.

9.5.3. Codification générale des défauts de rails

Les ruptures, fissures et avaries de rails font l'objet d'un code pouvant aller jusqu'à 4 chiffres (fig.9.1) :

Le premier chiffre indique :

1. les défauts dans les abouts des rails;
2. les défauts en pleine barre;
3. les défauts provoqués par des dommages au rail;
4. les défauts de soudures et rechargements.

Le deuxième chiffre indique :

- l'emplacement dans le profil de rail où le défaut a pris naissance;
- le genre de soudures lorsqu'il s'agit de défauts des soudures et rechargements.

Le troisième chiffre indique :

- l'orientation du défaut dans le cas d'une rupture ou d'une fissure;
- la nature du défaut dans le cas d'une avarie;
- la cause du défaut dans le cas d'un dommage au rail.

Le quatrième chiffre permet selon les besoins une classification complémentaire par types de défauts.

Chaque défaut est doté d'un numéro et fait l'objet d'une fiche sur laquelle sont indiqués les caractéristiques et l'aspect du défaut, les moyens qui peuvent être utilisés pour sa détection ainsi que les recommandations sur les mesures à prendre lors de sa découverte.

9.5.4. Classement et numérotation des défauts de rails

- 1 Défauts aux abouts des rails
- 10 Section complète
 - 100 Rupture franche sans cause apparente : voir 200
- 11/12 Champignon
 - 111 Fissuration transversale progressive (tache ovale) :
voir 211
 - 112 Fissuration horizontale
 - 113 Fissuration verticale longitudinale
 - 121 Défauts de surface : voir 2211 à 2213
 - 122 Ecaillage de la table de roulement
 - 123 Ecrasement
 - 124 Dénivellation locale : voir 224
 - 125 Empreintes de patinage : voir 225
- 13 Âme
 - 132 Fissuration horizontale
 - 1321 au congé de raccordement âme-champignon
 - 1322 au congé de raccordement âme-patin
 - 133 Fissuration verticale longitudinale (retassure)
 - 134 Etoilure des trous d'éclissage
 - 139 Repliure : voir 239
- 15 Patin
 - 153 Fissuration verticale longitudinale : voir 253
 - 154 Corrosion anormale : voir 254

- 2 Défauts en pleine barre
- 20 Section complète
 - 200 Rupture franche sans cause apparente
- 21/22 Champignon
 - 211 Fissuration transversale progressive (tache ovale)
 - 212 Fissuration horizontale
 - 213 Fissuration verticale longitudinale
 - 220 Usures :
 - 2201 Usure ondulatoire à ondes courtes
 - 2202 Usures ondulatoires à ondes longues
 - 2203 Usure latérale anormale
 - 2204 Usure verticale anormale
 - 221 Défauts de surface :
 - 2211 Paille
 - 2212 Gouttière ou sillon
 - 2213 Ligne
 - 222 Ecaillages :
 - 2221 Ecaillage de la table de roulement
 - 2222 Défibrage du congé de roulement (Shelling)
 - 223 Ecrasement avec ou sans bavures
 - 224 Dénivellation locale de la table de roulement
 - 225 Empreintes de patinage :
 - 2251 Empreintes d'un seul patinage
 - 2252 Empreintes de patinage répété
- 23 Ame
 - 232 Fissuration horizontale :
 - 2321 au congé de raccordement âme-champignon
 - 2322 au congé de raccordement âme-patin
 - 233 Fissuration verticale longitudinale (retassure)
 - 234 Corrosion anormale
 - 235 Fissuration autour de trous autres que ceux d'éclisage
 - 236 Fissuration en diagonale, ne passant pas par un trou
 - 239 Replieure
- 25 Patin
 - 253 Fissuration verticale longitudinale
 - 254 Corrosion anormale

- 3 Défauts provoqués par des dommages au rail
- 30 Section complète
 - 301 Blessures diverses
 - 302 Usinages intempestifs
 - 303 Déformation permanente (rail faussé)
- 4 Défauts des soudures et rechargements
- 41 Soudure électrique par étincelage
 - 411 Fissuration transversale
 - 412 Fissuration horizontale de l'âme
- 42 Soudure aluminothermique
 - 421 Fissuration transversale du profil
 - 422 Fissuration horizontale de l'âme
- 43 Soudure électrique à l'arc
 - 431 Fissuration transversale du profil
 - 432 Fissuration horizontale de l'âme
- 44 Soudure oxyacétylénique (soudure autogène)
- 45 Soudure au gaz par pression
- 46 Soudure par induction
- 47 Rechargements
 - 471 Fissuration transversale du champignon
 - 472 Décollement ou écaillage
- 48 Soudures diverses
 - 481 Fissuration transversale sous connexion électrique

SCHEMA DE STATISTIQUE UNIFIEE DES RAILS RETIRES DES VOIES PRINCIPALES POUR RUPTURES, FISSURES OU AVARIES

- Les statistiques unifiées, établies pour les rails posés neufs sur voies principales, donnent la répartition des retraits :

(A) - en ruptures
 - en fissures ou avaries

(B) 1. par défauts imputables à la fabrication
 2. par défauts imputables à l'utilisation
 3. par défauts imputables selon le cas à la fabrication ou à l'utilisation
 4. par défauts de soudures et rechargements

(C) par Groupe UIC
 par profil de rail
 par procédé d'élaboration
 par nuance d'acier

(D) - A l'about des barres
 - en pleine barre

(E) - suivant le tracé (Alignement ou courbe)
 - suivant le mode de pose (longs rails soudés ou barres éclissées)
 - suivant l'âge des rails

Groupe UIC :		Profil des rails :		Nuance de l'acier :		Tracé :		Mode de pose :		Age des rails :		RESEAU :		
<p>(1) Défauts imputables à la fabrication</p> <p>Classification suivant catalogue des défauts</p>													<p>(3) Défauts imputables soit à la fabrication soit à l'utilisation</p> <p>Classification suivant catalogue des défauts</p>	
N° de Code	Définition des défauts	Ruptures	Fissures	Total	N° de Code	Définition des défauts	Ruptures	Fissures	Total	N° de Code	Définition des défauts	Ruptures	Fissures	Total
111	Fis. transversale du champignon				122	Ecaillage de la table de roulement				100	Rupture franche sans cause apparente			
112	Fis. horizontale du champignon				123	Ecrasement				1321	Fis. horiz. au congé âme/champignon			
113	Fis. vert. longit. du champignon				125	Empreintes de patinage				1322	Fis. horizontale au congé âme/patin			
121	Défauts de surface				134	Corrosion de l'âme				TOTAL				
124	Dentivellation locale				135	Etaillage des trous d'éclissage				200	Rupture franche sans cause apparente			
133	Fis. vert. longitudinale de l'âme				154	Corrosion du patin				2222	Defibrage du congé de roulement			
139	Replure									223	Ecrasement			
153	Fis. vert. longitudinale du patin									TOTAL				
TOTAL					TOTAL					TOTAL				
<p>(2) Défauts imputables à l'utilisation</p> <p>Classification suivant catalogue des défauts</p>													<p>(4) Défauts de soudures et de rechargements</p>	
N° de Code	Définition des défauts	Ruptures	Fissures	Total	N° de Code	Définition des défauts	Ruptures	Fissures	Total	N° de Code	Définition des défauts	Ruptures	Fissures	Total
211	Fis. transversale du champignon				2201	Usure ondulatoire à ondes courtes				411	Soudure électrique : Fis. transv. du profil			
212	Fis. horizontale du champignon				2202	Usure ondulatoire à ondes longues				412	Soudure électrique : Fis. horiz. de l'âme			
213	Fis. vert. longit. du champignon				2203	Usure latérale				421	Soudure alumino : Fis. transv. du profil			
221	Défauts de surface				2204	Usure verticale anormale				422	Soudure alumino : Fis. transv. de l'âme			
224	Dentivellation locale				2251	Empreinte d'un seul patinage				431	Soudure à l'arc : Fis. transv. du profil			
2321	Fis. horiz. au congé âme/champignon				2252	Empreinte de patinage répété				432	Soudure à l'arc : Fis. horiz. de l'âme			
2322	Fis. horiz. au congé âme/patin				234	Corrosion de l'âme				44	Soudure oxyacétylénique			
233	Fis. vert. longitudinale de l'âme				254	Fis. de trous autres que d'éclissage				45	Soudure au gaz par pression			
236	Fis. en diagonale de l'âme				301	Corrosion du patin				46	Soudure par induction			
239	Replure				302	Blessures accidentelles				471	Rechargement : Fis. transv. du champignon			
253	Fis. vert. longitudinale du patin				303	Usinages intempésts ou incorrects				472	Rechargement : décollement ou écaillage			
TOTAL					TOTAL					481	Fis. transv. sous connexion électrique			
TOTAL					TOTAL					TOTAL				
<p>TOTAL GENERAL: (1) + (2) + (3) + (4)</p>													<p>TOTAL</p>	

Figure 9.2

9.6. La fiche de retrait de rail rompu, fissuré ou avarié

Tout rail ou coupon de rail, y compris les rails de liaison des appareils, posés en voies principales à l'état neuf et devant être retiré des voies en dehors des renouvellements pour ruptures, fissures ou avaries, fera l'objet d'une fiche au moment de la dépose.

9.7. Le schéma de statistique unifiée

Les renseignements fournis par les fiches de retrait sont récapitulées d'après un schéma de statistique unifiée qui distingue entre les défauts des rails proprement dits et ceux des soudures et rechargements. Cette statistique permet en outre une classification basée sur les causes des défauts, la répartition se faisant alors de la façon suivante :

- Défauts de rails imputables à la fabrication

111	112	113		121			124			133				139	153	
211	212	213		221	2221		224		232	233				236	239	253

- Défauts de rails imputables à l'utilisation

			122	123		125			134	135				154			
		220				225			234	235				254	301	302	303

- Défauts de rails imputables, selon le cas, à la fabrication ou à l'utilisation

100									132	
200			2222	223						

- Défauts de soudures, soudo-brasures et rechargements

411	412	421	422	431	432	44	45	471	472	481
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	-----	-----	-----

Le modèle de la statistique unifiée est représenté par la fig. 9.2.

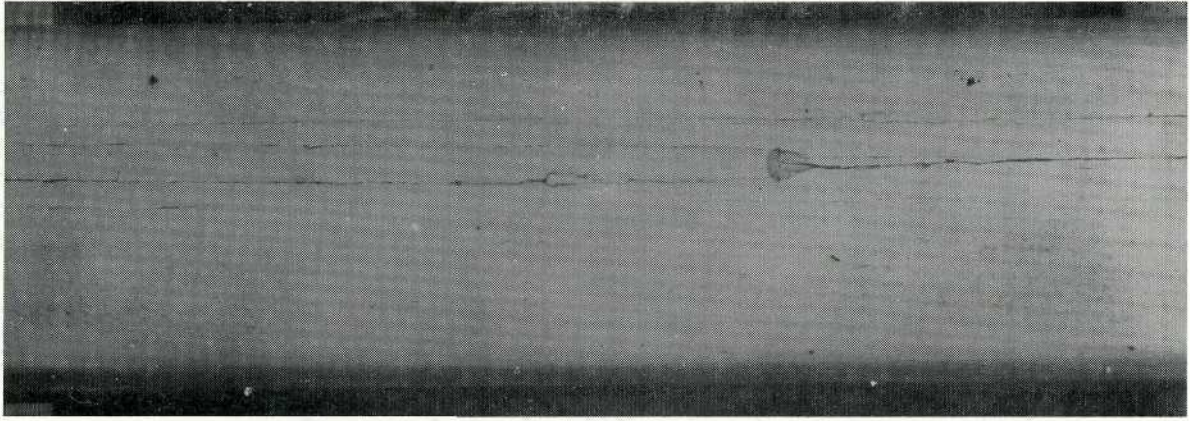


Figure 9.3 Crique sur le roulement.

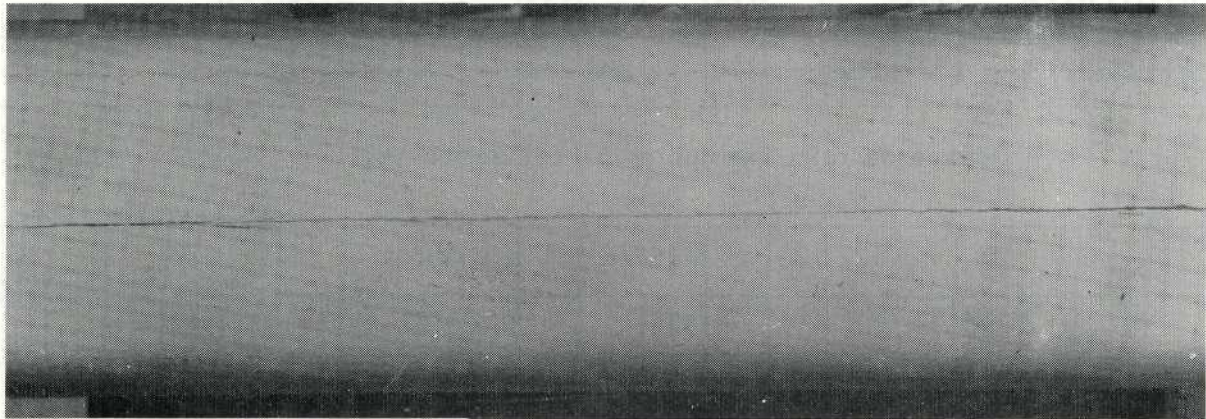


Figure 9.4 Fissure sur le champignon.

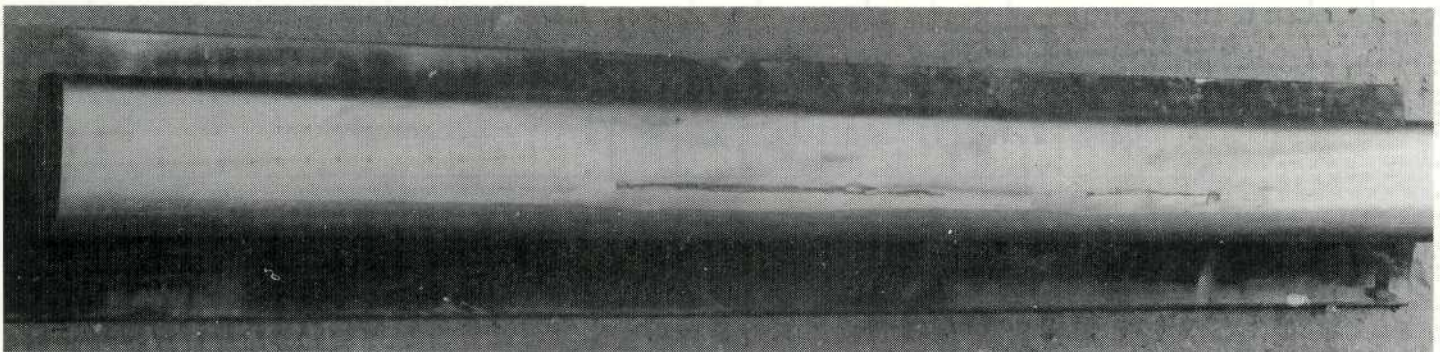


Figure 9.5 Sillon dans le champignon.

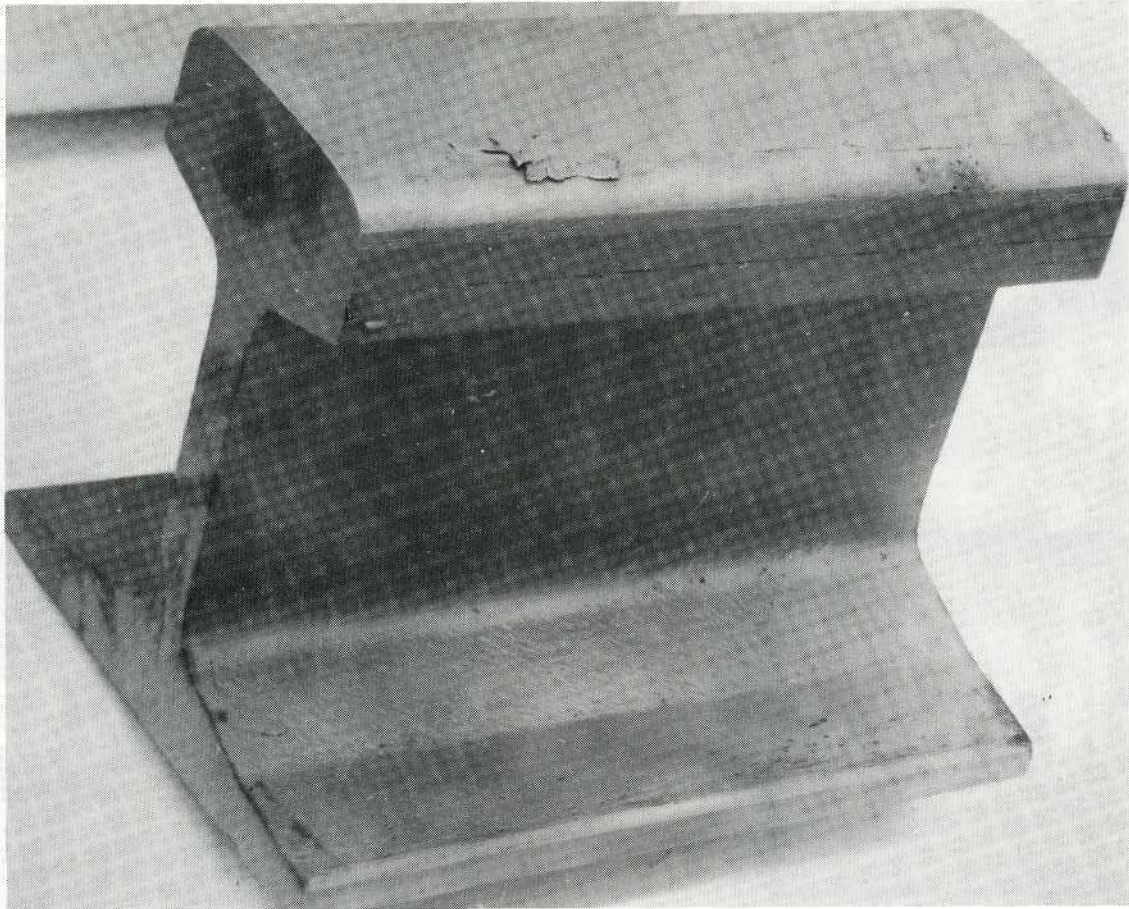


Figure 9.6 Paille sur la table de roulement.

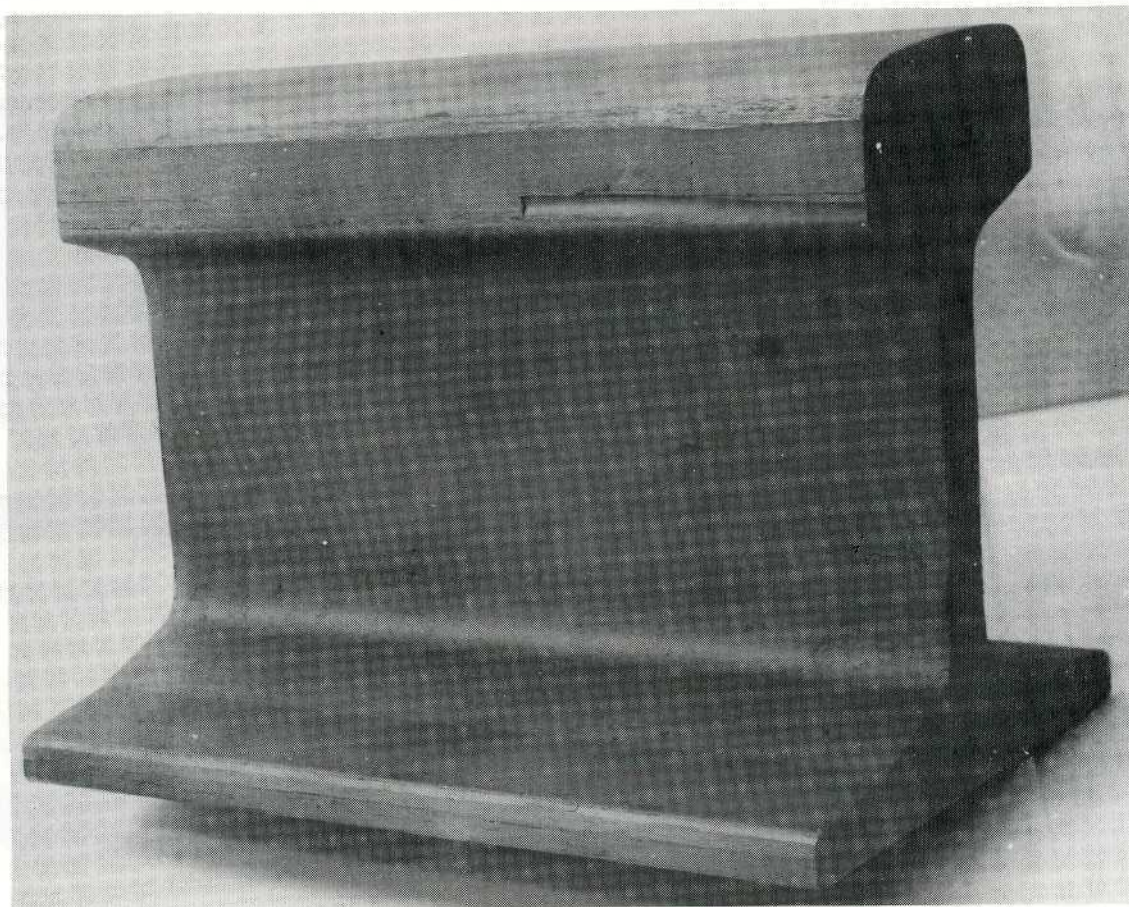


Figure 9.7 Replieure sur la face latérale du champignon.

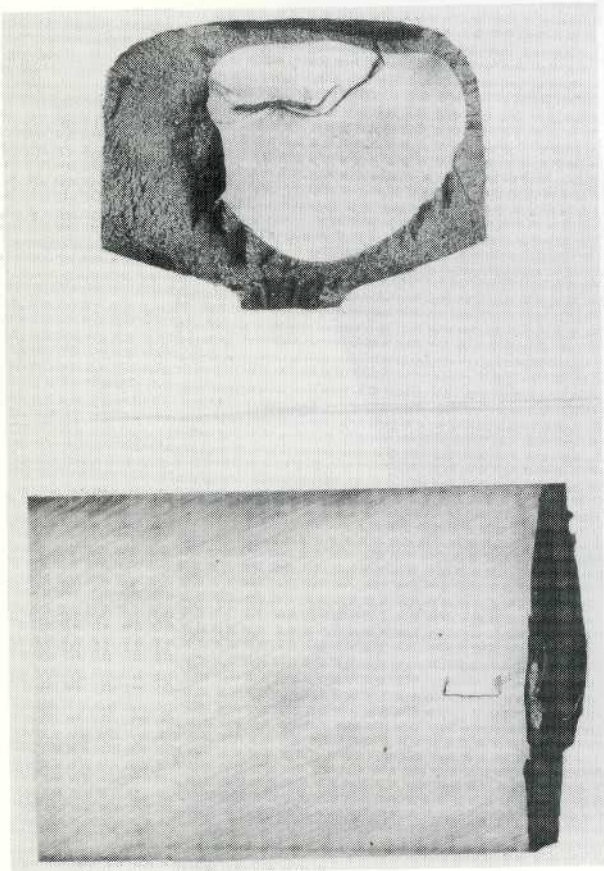


Figure 9.8 Aspect d'une tache ovale dans la section, du champignon et vue du roulement.

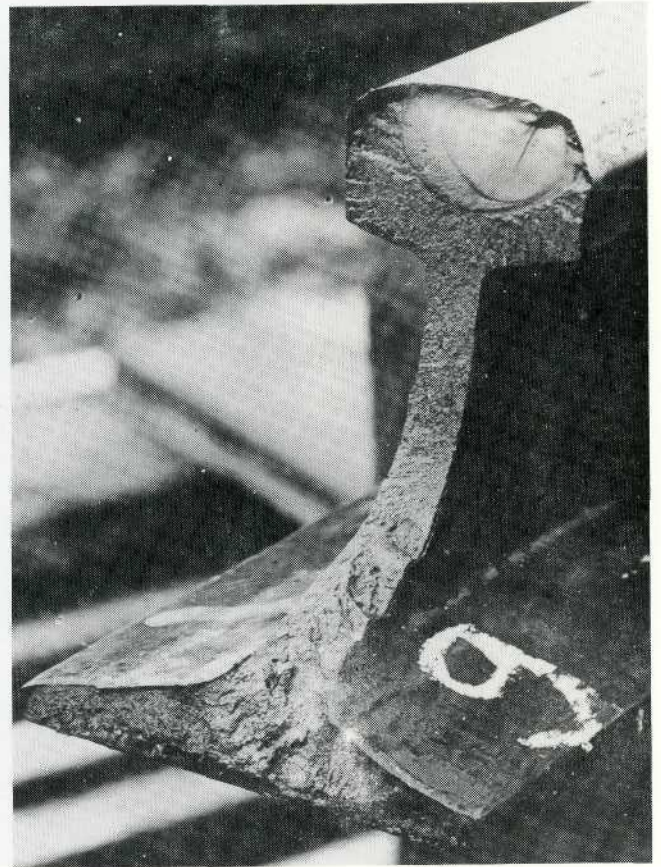


Figure 9.9 Rupture fragile de la section d'un rail initiée par une tache ovale.

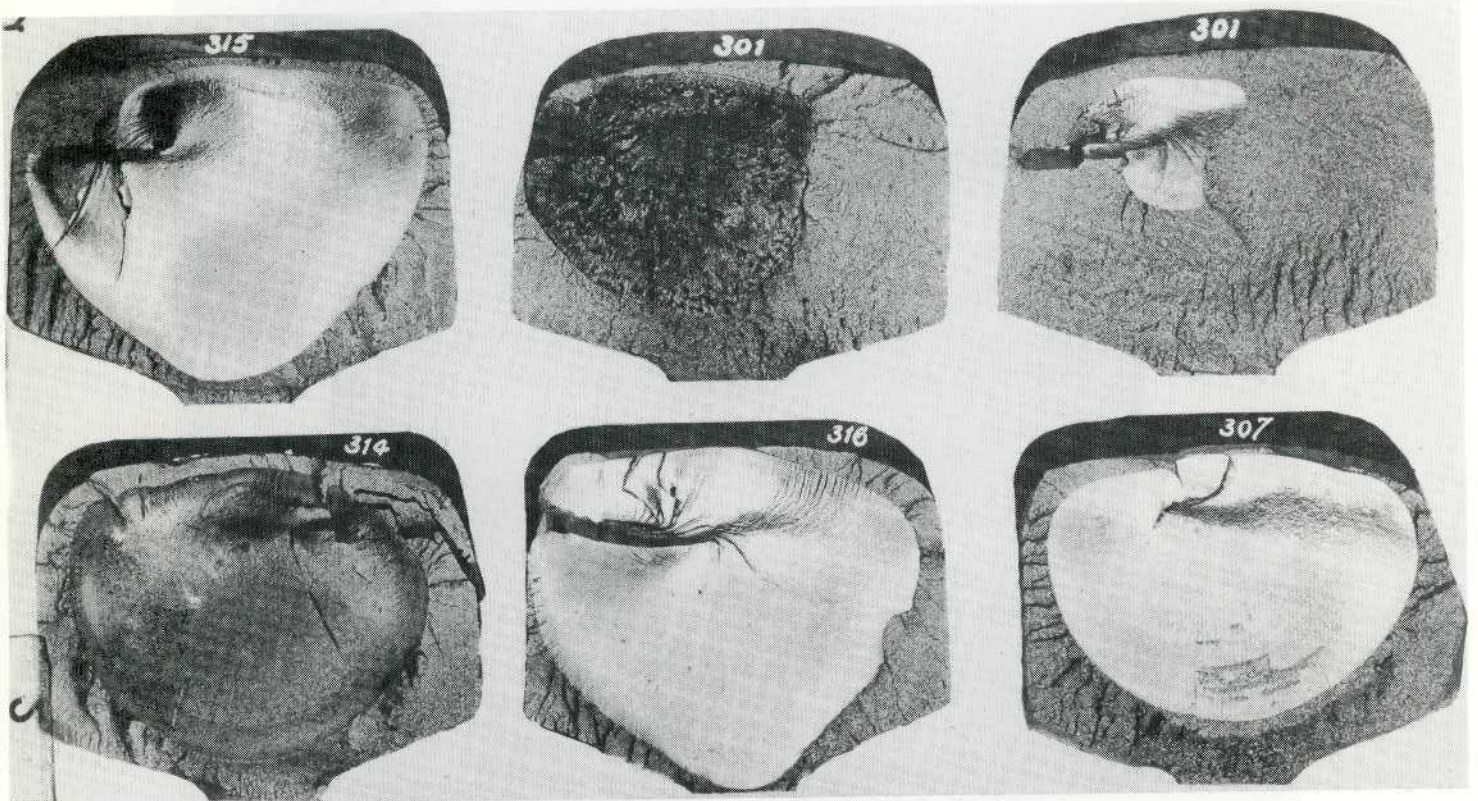


Figure 9.10 Différents aspects de taches ovales.
La surface de la fissure présente un aspect brillant aussi longtemps qu'elle ne débouche pas en surface. Dès ce moment elle s'oxyde et devient brun-noir.

9.8. Les défauts imputables à la fabrication

Dans la longue liste des défauts énumérés dans le chapitre précédent, certains sont imputables à la fabrication des rails; ces barres sont à détecter et à éliminer à la visite finale sur parc, ou mieux encore au cours des divers contrôles des services qualité du laminoir et notamment par le sondage en continu aux ultra-sons.

Certains défauts sont attribuables à la coulée en lingotière, citons :

- les criques (fig.9.3)
- les fissures (fig.9.4)
- les sillons (fig.9.5)

D'autres sont imputables au laminage comme par exemple :

- les pailles (fig.9.6)
 - les repliures (fig.9.7)
- etc...

Les défauts précités sont parfois malaisés à déceler sur le parc, notamment si le rail est fraîchement laminé et toujours recouvert d'une mince couche de calamine masquant parfois des imperfections peu importantes.

Les défauts internes, par contre, sont totalement invisibles au cours de cet examen visuel. C'est pourquoi la fiche U.I.C. a prescrit au fournisseur un sondage ultra-sonore de toutes les fournitures.

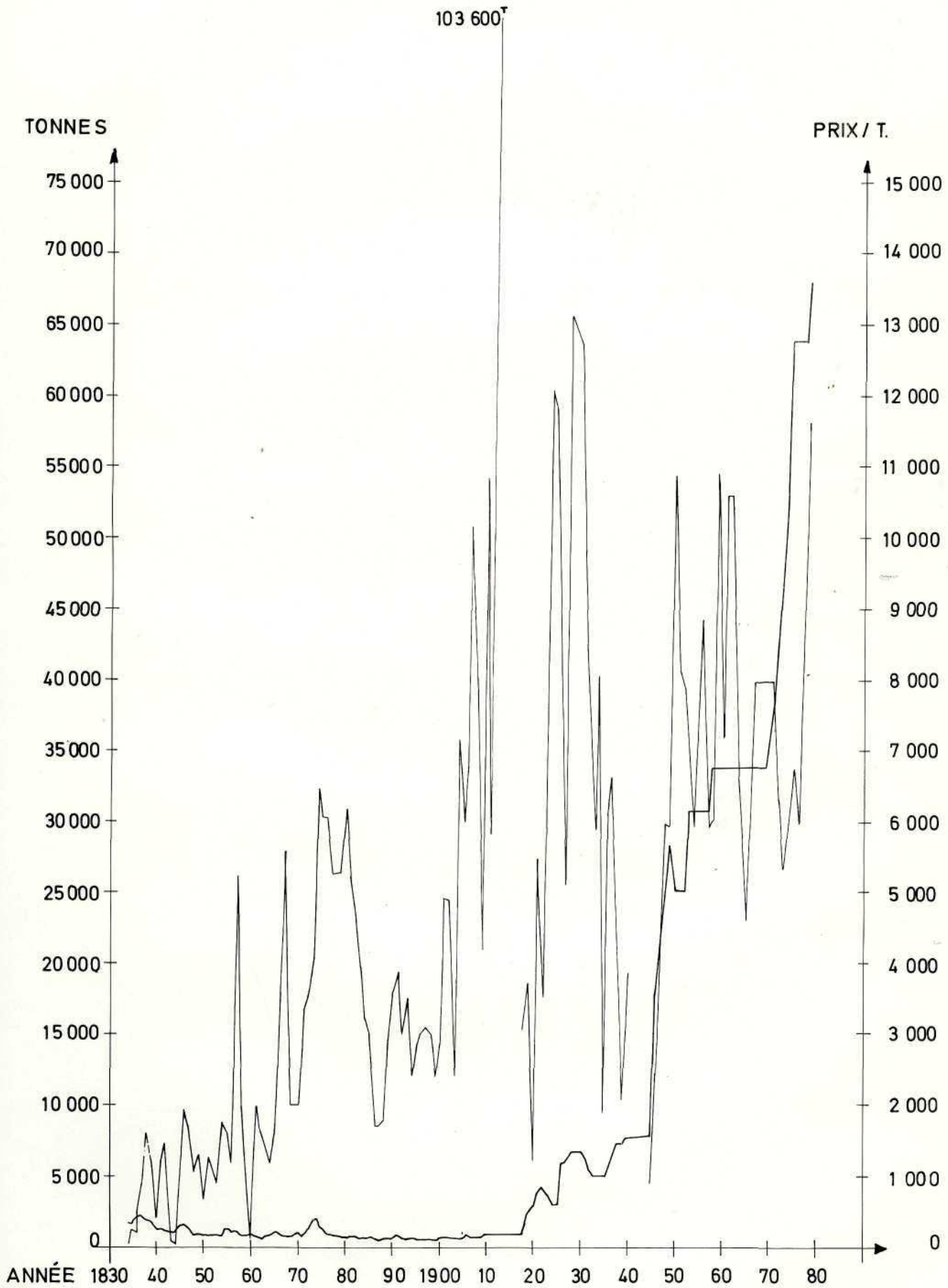
En effet l'amorce d'un défaut de fatigue générateur d'une rupture future du rail (fig.9.8), après quelques années de service en voie, existe déjà dans la barre à la sortie du laminoir.

C'est le cas des grosses inclusions notamment de silicates ou des flocons (fig.9.9 et 9.10) qui apparaissent au cours du refroidissement lorsque la teneur en hydrogène dépasse un certain seuil (4 cc/100 g de métal).

Actuellement, grâce à l'utilisation d'appareils ultra-sons d'auscultation automatique, la détection des défauts internes est devenue particulièrement efficace, ce qui permet de les déceler avant la mise sur parc.

Il y a tout lieu de croire, que suite aux moyens de vérifications de la santé interne des fournitures, actuellement mis en oeuvre, nous n'aurons plus à déplorer les expériences malheureuses vécues, où la mise en oeuvre de plusieurs dizaines de milliers de tonnes de rails entachés de défauts internes, était poursuivie sans que l'utilisateur ou le producteur ne soit conscient de la gravité du mal.

10. LES ACHATS



10. Les achats de rails

10.1. Les premières fournitures de rails et accessoires à l'Etat belge

Les 200 premières tonnes de rails ondulés furent acquises par l'Etat belge aux Etablissements GORDONS en Angleterre, en guise de modèle et de comparaison.

Depuis lors, tous les rails ont été fournis par l'industrie belge ou luxembourgeoise.

Jusqu'en 1838, la totalité des rails a été achetée par marché direct.

La première adjudication publique a eu lieu le 18 juillet 1834.

Les adjudicataires les plus intéressants étaient COCKERILL et les Etablissements DUPONT du Fayt.

Le marché fut finalement passé à Cockerill par marché direct.

Dès 1838, la concurrence intervient et le nombre d'établissements qui concourent à la fourniture des rails s'est successivement accru. Participent aux adjudications, Cockerill, la Société de Couillet, la Société d'Ougrée, M. de DORLODOT d'Acoz, la Société de Monceau, la Société de la Fabrique de Fer du Houyoux et M. Dupont du Fayt.

Jusqu'en 1838 les accessoires (coussinets, chevilles, clavettes) faisaient partie de la fourniture de rails. Ils furent dès ce moment commandés séparément aux établissements ci-après :

MM. MARCELLIS à Liège, LEONS-DETIENNE à Coron-Meuse (Liège) DESTOMBES à Mons, la Société de Châtelineau, la Société de la Fabrique de Fer de Houyoux.

Ci-après l'état de situation des fournitures de rails et accessoires - antérieurement au 01.10.1838 - soldés depuis le 01.10.1839 - les nouveaux marchés. (1)

La tonne de rails qui en 1834 coûtait 360 F rendue à Malines, s'est élevée successivement à 375 F et 445 F pour atteindre 340 F en 1839. (2)

(1) Rapport par Monsieur le Ministre des Travaux Publics sur le Chemin de Fer du 2 février 1841 - Tome 3.
Annexe XIII - Etat de situation des fournitures de rails et accessoires.

(2) Le franc belge de 1834 vaut actuellement 100 F.

ÉTAT DE SITUATION DES FOURNITURES

A. — Marchés soldés

NUMÉRO D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES MARCHÉS.											QUANTITÉS				
	Direction chargée de la réception et emploi.	DATE DE L'APPROBATION.	NOMS DES ENTREPRENEURS.	CAHIER DES CHARGES servant de base à l'entreprise.		OBJET DES MARCHÉS.						POIDS FOURNI.				
				DATE DU CAHIER DES CHARGES.	ESPÈCE DE RAILS.	RAILS.		COUSSINETS.		CHEVILLES ET CLAVETTES.		RAILS.	COUSSINETS.	CHEVILLES ET CLAVETTES.		
						Quantités.	Prix.	Quantités.	Prix.	Quantités.	Prix.					
				Poids par 5 portées.	Longueur pour 5 portées.	tonn.	fr.	tonn.	fr.	tonn.	fr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.		
1	S. et DR.	1834. 13 mai.	Gordons et C ^s ... (De Cardiff)			91	4.57	200	11 14					203,000		
2	Id.	22 juill.	Cockerill..... (De Seraing)	25 juin 1834, (1 ^{er} lot.)		90	4.57	2,000	360 00	725	255 00	100	550 00	1,989,229	756,211	104,503
3	Id.	id.	Dupont..... (Du Fayt)	Id. 2 ^e lot.		80	4.57	2,000	360 00	725	255 00	110	550 00	1,697,552	688,267	88,309
5	Id.	1836. 4 juill.	Cockerill.....	12 mars 1835, modifiés.		99	4.57	2,000	440 00	P.m.	315 00	P.m.	720 00	2,078,102	886,677	112,504
6	Id.	26 oct.	Dupont.....	25 juin 1834.					450 00	150	325 00	60	730 00		155,304	50,293
7	DR.	1837. 13 janv.	Henrard..... (De Couillet)	16 août 1836.		99	4.57	1,000	440 00	P.m.	350 00	P.m.	720 00	1,000,552	389,531	46,344
8	S.	20 janv.	Lamarche..... (D'Ougrée.)	Id.		99	4.57	1,000	455 00	401	365 00	45 1/2	740 00	999,553	411,857	50,712
9	DR.	27 fév.	Cockerill.....	Id.		99	4.57	1,000	440 00	P.m.	354 50	P.m.	724 50	1,007,379	527,896	54,633
10	Id.	25 juill.	Henrard.....	Id.		99	4.57	500	457 50	P.m.	367 50	P.m.	737 50	500,162	189,806	18,726
11	Id.	5 oct.	De Dorlodot... (D'Acoz)	Id.		99	4.57	500	420 00	P.m.	340 00	P.m.	740 00	499,835	193,461	22,195
12	S.	6 nov.	Cockerill.....	Id.		99	4.57	200	430 00	P.m.	320 00	P.m.	730 00	200,395	90,836	6,808
13	Id.	Id.	Lamarche....	Id.		99	4.57	200	420 00	80	330 00	9	730 00	200,475	88,218	10,560
14	Id.	Id.	De Dorlodot ...	Id.		99	4.57	200	424 50	P.m.	334 50	P.m.	734 50	200,341	79,089	8,722
15	Id.	Id.	Henrard.....	Id.		99	4.57	200	420 00	P.m.	330 00	P.m.	730 00	514,005	200,270	22,298
16	DR.	20 déc.	De Dorlodot...	Id.		99	4.57	200	420 00	P.m.	330 00	P.m.	730 00	200,026	78,259	8,833
17	Id.	1838. 26 mars.	Lamarche.....	Id.		99	4.57	500	418 00	P.m.	320 00	P.m.	700 00	505,857	200,280	24,332
18	Id.	id.	Henrard.....	Id.		99	4.57	500	422 00	P.m.	324 00	P.m.	704 00	499,995	190,521	22,440
19	Id.	id.	De Dorlodot...	Id.		99	4.57	500	418 00	P.m.	320 00	P.m.	700 00	500,144	194,956	22,336
21	Id.	9 mai.	Marcellis..... (De Liège.)	Id.					422 00	P.m.	324 00	P.m.	704 00		18,625	
22	Id.	30 juin.	De Dorlodot....	Id.		99	4.57	200	400 00	P.m.	300 00	P.m.	690 00	201,394	78,629	8,823
23	Id.	id.	Henrard.....	Id.		99	4.57	200	410 00	P.m.	310 00	P.m.	690 00	199,892	80,350	9,243
24	Id.	4 juill.	Lamarche.....	Id.		99	4.57	200	400 00	P.m.	300 00	P.m.	690 00	201,430	95,405	9,657
				Ensemble...				13,600						13,399,318	5,596,448	702,291

DE RAILS ET ACCESSOIRES.

antérieurement au 1^{er} octobre 1839.

ET VALEURS FOURNIES.			DÉSIGNATION DE L'EMPLOI.							
MONTANT TOTAL.			DATE DU DERNIER CERTIFICAT DE PAIEMENT.	SECTIONS LIVRÉES A L'EXPLOITATION.			SECTIONS EN COURS D'EXÉCUTION.			
DES LIVRAISONS EFFECTUÉES.	DES PAIEMENTS EFFECTUÉS JUSQU'AU 30 SEPT. 1839.	RESTANT A PAYER AU 30 SEPT. 1839.		Quantités rails fournies.	VALEUR TOTALE Y COMPRIS LES ACCESSOIRES.	Nombre de kilom. simple voie.	DÉSIGNATION DES SECTIONS.	Quantités rails fournies.	VALEUR TOTALE Y COMPRIS LES ACCESSOIRES.	Nombre de kilom. simple voie.	DÉSIGNATION DES SECTIONS.
fr.	fr.	fr.	tonn.	fr.	kilom.		tonn.	fr.	kilom.	
60,792 00	60,792 00	•	203	60,792	5	Bruxelles et Anvers.	•	•	•	•
966,432 90	966,432 90	•	1,989	966,433	50	Diverses actuellem' en exploitation.	•	•	•	•
837,621 76	837,621 76	•	1,697	837,622	48	Id.	•	•	•	•
1,284,998 52	1,284,998 52	•	2,078	1,284,999	48	Id.	•	•	•	•
87,187 70	87,187 70	•	•	87,188	•	Id.	•	•	•	•
631,449 22	631,449 22	•	1,000	631,449	23	Id.	•	•	•	•
638,183 27	638,183 27	•	882	568,369	20 $\frac{1}{2}$	Id.	117	69,814	2 $\frac{3}{4}$	Ans à la frontière.
690,696 39	690,696 39	•	1,007	690,696	23	Id.	•	•	•	•
287,230 56	287,230 56	•	500	287,230	11 $\frac{1}{2}$	Id.	•	•	•	•
295,684 40	295,684 40	•	499	295,684	11 $\frac{1}{2}$	Id.	•	•	•	•
120,452 80	120,452 80	•	•	•	•	•	200	120,453	4 $\frac{1}{2}$	Ans à la frontière.
121,037 06	121,037 06	•	•	•	•	•	200	121,037	4 $\frac{1}{2}$	Id.
116,609 65	116,609 65	•	200	116,609	4 $\frac{1}{2}$	Bruxelles à Malines.	•	•	•	•
298,248 74	298,248 74	•	514	298,249	10	Id.	•	•	•	•
122,026 84	122,026 84	•	200	122,027	4 $\frac{1}{2}$	Sections en exploitat.	•	•	•	•
297,445 27	297,445 27	•	505	397,445	11 $\frac{1}{2}$	Id.	•	•	•	•
286,234 57	286,234 57	•	500	286,235	11 $\frac{1}{2}$	Id.	•	•	•	•
289,073 99	289,073 99	•	500	289,074	11 $\frac{1}{2}$	Id.	•	•	•	•
5,773 75	5,773 75	•	•	5,774	•	Id.	•	•	•	•
113,122 63	113,122 63	•	201	113,123	4 $\frac{1}{2}$	Id.	•	•	•	•
113,334 32	113,334 32	•	200	113,334	4 $\frac{1}{2}$	Id.	•	•	•	•
118,921 75	118,921 75	•	201	118,922	4 $\frac{1}{2}$	Id.	•	•	•	•
7,782,558 09	7,782,558 09	•	12876	7,471,254 09	307 $\frac{1}{2}$	.....	517	311,304	11 $\frac{1}{2}$	.....

Suite de l'ETAT DE SITUATION DES FOURNITURES

B. — Anciens marchés soldés depuis l

NUMÉRO D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES MARCHÉS.											QUANTITÉS				
	Direction chargée de la réception et emploi.	DATE DE L'APPROBATION.	NOMS DES ENTREPRENEURS.	CAHIER DES CHARGES servant de base à l'entreprise.		OBJET DES MARCHÉS.						POIDS FOURNI.				
				DATE DU CAHIER DES CHARGES.	ESPÈCE DE RAILS.		RAILS.		COUSSINETS.		CHEVILLES ET CLAVETTES.		RAILS.	COUSSETS.	CHEVILLES ET CLAVETTES.	
					Poids par 5 portées.	Longueur pour 5 portées.	Quantités.	Prix.	Quantités.	Prix.	Quantités.	Prix.				
			kilog.	mèt.	tonn.	fr.	tonn.	fr.	tonn.	fr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.			
4	S. et DR	1835. 24 juin.	Cockerill.....	12 mars 1835, modifié.	99	4.57	4,000	{ 370 00 à P.m. 255 00 à P.m. 595 00 à P.m. 605 00 à P.m. 692 00 }				3,998,424	1,727,023	171,610		
20	V.	1838. 2 mai.	Cockerill.....	16 août 1836.	99	4.57	480	{ 380 00 à P.m. 265 00 à P.m. 605 00 à P.m. 692 00 }				480,051	193,749	21,772		
25	N.	12 sept.	Henrard.....	14 août 1838.	125	5.00	490	{ 413 00 à P.m. 291 00 à P.m. 605 00 à P.m. 692 00 }	180	250 00	18	600 00	489,509	205,178	20,027	
26	Id.	id.	De Dorlodot....	Id.	125	5.00	360	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	132½	250 00	12	600 00	366,823	150,789	14,671	
27	M.	18 déc.	La Marche.....	16 août 1838.	99	4.57	600	{ 363 00 à P.m. 250 00 à P.m. 605 00 à P.m. 690 00 }				617,052	260,675	32,270		
28	S.	19 déc.	La Marche.....	Id.	99	4.57	600	{ 380 00 à P.m. 265 00 à P.m. 605 00 à P.m. 690 00 }				604,099	254,236	29,557		
29	DM.	20 déc.	Goffart..... (De Ronceaux.)	19 déc. 1838.	112½	4.50	1,035	{ 370 00 à P.m. 250 00 à P.m. 650 00 à P.m. 600 00 }	427	250 00	48	600 00	1,035,000	427,000	48,000	
30	N.	id.	Henrard.....	14 août 1838.	125	5.00	{ 177½ } 315 } 315 } 243½ } 220½ }	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	100½ } 100½ } 77 } 91 } 9½ }	{ 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	13 } 13 } 10 } 9½ } 9½ }	{ 600 00 à P.m. 600 00 à P.m. 600 00 }	314,839 } 314,913 } 240,536 } 215,546 } 160,842 }	131,670 } 131,714 } 100,580 } 90,077 } 67,261 }	13,058 } 13,164 } 9,972 } 9,800 } 6,560 }	
31	N.	22 déc.	De Dorlodot....	Id.	125	5.00	{ 162 } 234 } 275 } 325 }	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	67 } 97 } 86½ } 102½ }	{ 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	6½ } 9½ } 8½ } 10 }	{ 600 00 à P.m. 600 00 à P.m. 600 00 }	160,842 } 231,936 } 274,972 } 325,000 }	67,261 } 96,949 } 112,744 } 129,954 }	6,560 } 9,958 } 12,325 } 14,204 }	
32	V.	id.	De Dorlodot....	19 déc. 1838.	112½	4.50	400	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	165	250 00	19	600 00	400,000	165,000	19,000	
33	DM.	1839. 15 janv.	Dupont.....	Id.	112½	4.50	2,000	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	800	250 00	85	600 00	1,974,247	799,663	62,519	
34	M.	18 janv.	Cockerill.....	Id.	112½	4.50	356	{ 370 00 à P.m. 250 00 à P.m. 650 00 à P.m. 600 00 }	143	250 00	17	650 00	360,247	141,361	16,516	
35	Id.	22 janv.	Henrard.....	16 août 1836.	99	4.57	150	{ 370 00 à P.m. 250 00 à P.m. 650 00 à P.m. 600 00 }	60	250 00	7½	650 00	150,551	58,452	6,974	
36	S.	id.	De Dorlodot....	Id.	99	4.57	150	{ 370 00 à P.m. 250 00 à P.m. 650 00 à P.m. 600 00 }	60	250 00	7½	650 00	150,551	58,452	6,974	
37	Id.	13 fév.	Marcellis.....	Id.				{ 150 } 209½ } 303½ } 247½ }	150 } 86½ } 125½ } 102½ }	{ 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	8½ } 8½ } 10 }	{ 600 00 à P.m. 600 00 à P.m. 600 00 }	150,042 } 209,250 } 305,925 } 249,058 }	150,042 } 86,500 } 125,243 } 102,877 }	8,300 } 8,300 } 12,885 } 8,273 }	
38	N.	9 mars.	La Marche.....	24 déc. 1838.	112½	4.50	{ 209½ } 303½ } 247½ }	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	125½ } 102½ }	{ 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	12½ } 10 }	{ 600 00 à P.m. 600 00 à P.m. 600 00 }	209,250 } 305,925 } 249,058 }	125,243 } 102,877 } 42,048 }	8,300 } 12,885 } 4,100 }	
39	Id.	6 avril.	De Dorlodot....	14 août 1838.	125	5.00	101½	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	42½	250 00	4½	600 00	99,010	4,700	4,100	
40	Id.	29 avril.	Marcellis.....	Id.				{ 14½ } 209½ } 303½ } 247½ }	14½ } 86½ } 125½ } 102½ }	{ 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }			4,700 } 209,250 } 305,925 } 249,058 }	9,400 } 86,500 } 125,243 } 102,877 }		
41	V.	id.	Delloye..... (De Houyoux.)	19 déc. 1838.	112½	4.50	250	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }		250 00	P.m.	600 00	250,026	103,391	12,606	
42	G.	27 juin.	Marcellis.....	Id.				{ 102½ } 209½ } 303½ } 247½ }	102½ } 86½ } 125½ } 102½ }	{ 245 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }			3,522 } 209,250 } 305,925 } 249,058 }	3,522 } 86,500 } 125,243 } 102,877 }		
43	N.	22 juill.	Marcellis.....	14 août 1838.	125	5.00	247½	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }		245 00	16½	590 00	245,173	104,720	16,758	
44	Id.	id.	Michiels..... (D'Ougrée.)	24 déc. 1838.	112½	4.50	600	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }					245,173			
45	Id.	4 août.	Michiels.....	Id.	112½	4.50	600	{ 413 00 à P.m. 291 00 à P.m. 692 00 à P.m. 605 00 à P.m. 692 00 }			25	600 00	600,014		23,409	
46	V.	5 août.	Cockerill.....	16 août 1836.	99	4.57	67	{ 416 00 à P.m. 302 00 à P.m. 705 00 à P.m. 600 00 }	30½		3½		66,976	30,720	3,500	
47	Id.	id.	De Dorlodot....	19 déc. 1838.	109	4.50	50	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	20	250 00	2½	600 00	49,892	16,749	2,163	
48	Id.	11 août.	Lentz de Tiennes (De Coron-Meuse.)	Id.				{ 171 } 209½ } 303½ } 247½ }	171 } 86½ } 125½ } 102½ }	{ 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }				171,000		
49	Id.	id.	Delloye.....	Id.			400	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }			19	600 00	400,000		19,000	
50	Id.	id.	Delloye.....	Id.			650	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	170	250 00				141,595		
51	N.	id.	De Dorlodot....	Id.			650	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }			27	600 00	650,250		27,209	
52	Id.	id.	De Dorlodot....	Id.			150	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }			6	600 00	151,598		6,228	
53	Id.	id.	Destombes..... (D'Hourpes.)	Id.				{ 333 } 209½ } 303½ } 247½ }	333 } 86½ } 125½ } 102½ }	{ 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }			330,661 } 209,250 } 305,925 } 249,058 }	330,661 } 86,500 } 125,243 } 102,877 }		
54	Id.	id.	Marcellis.....	Id.				{ 248 } 209½ } 303½ } 247½ }	248 } 86½ } 125½ } 102½ }	{ 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }			248,875 } 209,250 } 305,925 } 249,058 }	248,875 } 86,500 } 125,243 } 102,877 }		
55	DM.	id.	Dupont.....	Id.			600	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }	248	250 00	28	600 00	600,573	250,108	28,074	
56	Id.	id.	Goffart.....	Id.			663	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }					662,793	271,465	30,056	
57	Id.	id.	Goffart.....	Id.			200	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }					662,793	271,465	30,056	
58	Id.	id.	Henrard.....	Id.			831	{ 340 00 à P.m. 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }			39	600 00	434,334		16,576	
59	Id.	id.	Gendebien..... (De Châtelineau.)	Id.				{ 343 } 209½ } 303½ } 247½ }	343 } 86½ } 125½ } 102½ }	{ 250 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }			342,920 } 209,250 } 305,925 } 249,058 }	342,920 } 86,500 } 125,243 } 102,877 }		
60	M.	id.	Henrard.....	16 août 1836.				{ 10 } 209½ } 303½ } 247½ }	10 } 86½ } 125½ } 102½ }	{ 600 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }						
61	Id.	3 oct.	Henrard.....	Id.				{ 4 } 209½ } 303½ } 247½ }	4 } 86½ } 125½ } 102½ }	{ 600 00 à P.m. 600 00 à P.m. 690 00 }						
62	Id.	11 oct.	Marcellis.....	Id.				{ P.m. 250 00 }		250 00					20,741	
Ensemble....							18,309½					17,698,210	7,854,931	779,376		

DE RAILS ET ACCESSOIRES.

1^{er} octobre 1839 ou en cours de livraison.

ET VALEURS FOURNIES.			DÉSIGNATION DE L'EMPLOI.									
MONTANT TOTAL.			DATE DU DERNIER CERTIFICAT DE PAIEMENT.	SECTIONS LIVRÉES A L'EXPLOITATION.				SECTIONS EN COURS D'EXÉCUTION.				
DES LIVRAISONS EFFECTUÉES.	DES PAIEMENTS EFFECTUÉS JUSQU'AU 31 déc. 1840.	RESTANT A PAYER AU 31 DÉC. 1840.		Quantités rails fournies.	VALEUR TOTALE Y COMPRIS LES ACCESSOIRES.	Nombre de kilomét. simple voie.	DÉSIGNATION DES SECTIONS.	Quantités rails fournies.	VALEUR TOTALE Y COMPRIS LES ACCESSOIRES.	Nombre de kilomét. simple voie.	DÉSIGNATION DES SECTIONS.	
fr.	fr.	fr.	tonn.	fr.	kilom.		tonn.	fr.	kilom.			
2,022,135 09	1,979,902 27	42,232 82	29 déc. 1840. S.	2,323 1,185,100 00	53	Diverses en exploit.	1,675	837,035 09	38	Ans à la frontière.		
268,639 99	268,639 99	.	25 juin 1840. V.	480 268,639 99	11	Landen à S ^t -Trond.	.	.	.	.
229,743 76	229,743 76	.	22 mars 1840. N.	489 229,743 76	9½	Gand à Deynze-Peteghem.	.	.	.	.
167,819 33	167,819 33	.	22 id. N.	356 167,819 33	7	Gand à Deynze-Peteghem.	.	.	.	.
314,883 50	314,883 50	.	11 janv. 1840. M.	617 314,883 50	14½	Redoublement de voie.	.	.	.	.
306,287 68	306,287 68	.	25 mars 1840. S.	.	.	.	604	306,287 68	13½	Ans à la frontière.		
487,450 07	487,450 07	.	22 janv. 1840. G.	1,035 487,450 07	.	Forest à Tubise.	.	.	.	.
83,560 68	83,560 68	.	.	.	.	.	.	.	.	.
147,797 56	147,797 56	.	22 mars 1840. N.	1,018 492,166 00	21	Peteghem à Courtray.	.	.	.	.
147,897 32	147,897 32	.	.	.	.	.	.	.	.	.
112,910 44	112,910 44	.	.	.	.	.	.	.	.	.
101,684 89	101,684 89	.	22 mars 1840. N.	608 286,192 71	12	Peteghem à Courtray.	.	.	.	.
75,437 53	75,437 53	.	.	.	.	.	.	.	.	.
109,070 29	109,070 29	.	21 déc. 1840. V.	275 129,071 58	5½	Bruxelles à Forest.	.	.	.	.
129,071 58	129,071 58	.	20 mars 1840. G.	.	.	.	325	151,510 90	6½	Tubise à Soignies.		
151,510 90	132,572 03	18,938 87	10 juill. 1840. G.	.	.	.	400	188,650 00	8	Tubise à Mons.		
188,650 00	188,650 00	.	25 juin 1840. M.	1,974 915,637 13	39½	Redoublement.	.	.	.	.
915,637 13	915,637 13	.	13 juin 1840. M.	360 179,367 04	8	Redoublement.	.	.	.	.
179,367 04	179,367 04	.	10 déc. 1839. S.	.	.	.	150	74,849 97	3½	Liège à Chaufontaine.		
74,849 97	74,849 97	.	15 sept. 1840. S.	.	.	.	.	37,510 50	.	Liège à la frontière.
37,510 50	37,510 50	.	4 janv. 1840. N.	.	.	.	.	.	.	.
97,750 00	85,531 25	12,218 75	6 avril 1840. N.	.	.	.	765	356,482 62	15½	Courtray à la frontière.		
143,368 63	125,447 57	17,921 08	6 avril 1840. N.	.	.	.	.	.	.	.
115,363 97	100,943 47	14,420 50	22 mars 1840. N.	99 46,635 40	2	Gand à Deynze.	.	.	.	.
46,635 40	46,635 40	.	22 mars 1840. N.	.	.	Gand à Peteghem, Peteghem à Courtray.	.	.	.	.
1,175 00	1,175 00	.	.	3,525 00	.	.	.	.	.	.
2,350 00	2,350 00	.	7 nov. 1840. D.H.	.	.	.	250	118,420 19	5	Namur à Mornimont.		
118,420 19	111,018 93	7,401 26	27 déc. 1840. G.	.	.	Forest à Tubise.	.	.	.	.
880 50	880 50	.	16 janv. 1840. N.	.	.	.	.	35,543 62	.	Courtray à la frontière.
35,543 62	31,100 67	4,442 95	13 oct. 1839. N.	.	.	.	245	83,358 82	5	Courtray à la frontière.		
83,358 82	72,940 00	10,418 82	24 oct. 1840. D.	.	.	.	600	218,050 16	12	Mouscron à Tournay.		
218,050 16	190,793 89	27,256 27	25 juin 1840. V.	66 39,560 98	1½	Landen à St-Trond.	.	.	.	.
39,560 98	39,560 98	.	21 déc. 1840. V.	50 22,448 48	1	Bruxelles à Forest.	.	.	.	.
22,448 48	22,448 48	.	24 juill. 1840. D.H.	.	.	.	.	42,750 00	.	Namur à Mornimont.
42,750 00	37,406 25	5,343 75	24 oct. 1840. D.H.	.	.	.	400	147,400 00	8½	Namur à Mornimont.		
147,400 00	131,879 64	15,520 36	19 nov. 1840. D.H.	.	.	.	.	35,398 75	.	Namur à Mornimont.
35,398 75	30,973 91	4,424 84	24 mars 1840. N.	650 237,410 40	13½	Peteghem à Courtray.	151	55,286 12	3	Mouscron à Tournay.		
237,410 40	207,734 10	29,676 30	24 juill. 1840. D.	.	.	.	.	15,472 50	.	Mouscron à Tournay.
55,286 12	48,375 35	6,910 77	27 avril et juill. 1840 N. et D.	.	.	Deynze - Peteghem à Courtray.	.	62,218 75	.	Mouscron à Tournay.		
82,665 25	72,332 10	10,333 15	10 déc. 1840. D.	.	.	.	600	283,566 37	12½	Soignies à Mons.		
62,218 75	54,441 41	7,777 34	19 nov. 1840. G.	.	.	.	662	311,249 47	13½	Soignies à Mons.		
283,566 37	248,120 59	35,445 78	30 juill. 1840. G.	.	.	.	434	157,619 16	9	Braine-le-C ^{te} à Feluy.		
311,249 47	272,343 29	38,906 18	13 nov. 1840. G.	.	.	.	.	85,730 00	.	Idem.
157,619 16	137,916 76	19,702 40	14 avril 1840. G.	.	.	.	.	.	.	.
85,730 00	75,013 75	10,716 25	.	.	.	Entretien.	.	.	.	.
.	.	.	4 mai 1840. M.	5,185 25	.	Id.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	Au dépôt d'Ans.	.	.	.	.
5,185 25	5,185 25	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8,683,300 54	8,343,292 10	340,008 44	.....	10,430 5,078,909 87	219½	.....	7,261	3,604,390 67	153½	.....	

TAB. XIII.

C. — Marchés nouveaux contractés

NUMÉRO D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES MARCHÉS.											QUANTITÉS			
	Direction chargée de la réception et emploi.	DATE DE L'APPROBATION.	NOMS DES ENTREPRENEURS.	CAHIER DES CHARGES servant de base à l'entreprise.		OBJET DES MARCHÉS.						POIDS FOURNI.			
				DATE DU CAHIER DES CHARGES.	ESPÈCE DE RAILS.	RAILS.		COUSSINETS.		CHEVILLES ET CLAVETTES.		RAILS.	COUSSINETS.	CHEVILLES ET CLAVETTES.	
						Quantités.	Prix.	Quantités.	Prix.	Quantités.	Prix.				
				tonn.	fr.	tonn.	fr.	tonn.	fr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.			
63	M.	1839. 9 dec.	Henrard.....	19 déc. 1838.	109	4.50	200	340 00	97	250 00	10	600 00	200,144	96,888	10,127
64	N.	" 14 déc.	Marcellis.....	24 déc. 1838.	112½	4.50	"	"	164	250 00	11	600 00	"	163,384	10,093
65	V.	1840 3 janv.	Cockerill.....	"	"	"	"	"	1470	304 50	230	706 00	"	1,470	230
66	M.	" 6 fév.	Henrard.....	"	"	"	"	"	285	900 00	541	1,200 00	"	285	541
67	M.	" 11 fév.	Id.	19 déc. 1838.	109	4.50	200	340 00	97	250 00	10	600 00	202,720	71,007	6,341
68	.....	" 5mars.	Id.	16 fév. 1840.	112½	4.50	395	274 90	126½	189 90	10½	549 90	271,047	"	"
		" id.	Id.	"	"	"	550	274 90	227½	189 90	25	549 90	"	"	"
		" id.	Id.	"	"	"	550	274 90	227½	189 90	25	549 90	564,239	231,016	24,912
		" id.	Id.	"	"	"	170	259 90	70½	174 90	7½	539 90	"	"	"
		" id.	Id.	"	"	"	500	259 90	206½	174 90	22½	539 90	"	"	"
69	"	" 6mars.	De Dorlodot....	16 fév. 1840.	112½	4.50	800	259 90	331	174 90	36	539 90	"	"	"
70	DH.	" 10mars.	Henrard.....	Id.	112½	4.50	500	259 90	206½	174 90	22½	539 90	"	"	"
		" 21mars.	Destombes.....	Id.	112½	4.50	"	"	248½	174 90	"	"	"	165,506	"
71	G.	" id.	Michiels.....	Id.	"	"	800	259 90	331	174 90	36	539 90	336,006	138,423	15,312
		" id.	Desoer.....	Id.	"	"	600	259 90	248½	174 90	"	"	302,108	"	15,139
		" id.	Delloye.....	Id.	"	"	"	"	"	"	27	539 90	"	"	"
72	M.	" 21 août.	Henrard.....	"	"	"	"	"	"	"	"	"	9,888	"	
73	M.	" 29 oct.	Marcellis.....	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2,989	
74	.....	" 7 nov.	Henrard.....	17 septembre.	123½	4.57	891	"	393	"	38	"	"	"	"
		" id.	Delloye.....	"	"	"	648	247 25	286	156 50	28	481 50	"	"	"
		" id.	Goffart.....	"	"	"	675	"	298	"	29	"	"	"	"
		" id.	De Dorlodot....	"	"	"	767	"	339	"	33	"	"	"	"
		" id.	Pastor.....	"	"	"	1,053	244 00	464	154 00	45	480 00	369,676	"	"
75	M.	" id.	Id.	"	"	"	1,219	239 00	535	149 00	51	475 00	"	"	"
		" id.	Id.	"	"	"	486	257 00	204	164 00	13	489 00	"	"	"
		" 16 déc.	De Dorlodot....	14 août 1838.	125	5.00	15	274 90	P.m.	174 90	P.m.	539 90	"	"	"
Ensemble							11,019	.....	.....	.....	.....	.....	2,245,940	877,867	85,684

RÉCAPITULATION.		
	tonn.	kilogr.
A. Marchés soldés antérieurement au 1 ^{er} octobre 1839	13,600	13,399,318
B. Anciens marchés soldés depuis le 1 ^{er} octobre 1839, ou en cours de livraison	18,309½	17,698,210
C. Marchés nouveaux contractés depuis le 1 ^{er} octobre 1839	11,019	2,245,940
TOTAL GÉNÉRAL.	42,928½	33,343,468

depuis le 1^{er} octobre 1839.

ET VALEURS FOURNIES.			DÉSIGNATION DE L'EMPLOI.							
MONTANT TOTAL.			DATE DU DERNIER CERTIFICAT DE PAIEMENT.	SECTIONS LIVRÉES A L'EXPLOITATION.			SECTIONS EN COURS D'EXÉCUTION.			
DES LIVRAISONS EFFECTUÉS.	DES PAIEMENTS EFFECTUÉS JUSQU'AU 31 DÉC. 1840.	RESTANT A PAYER AU 31 DÉC. 1840.		Quantités rails fournies.	VALEUR TOTALE Y COMPRIS LES ACCESSOIRES.	Nombre de kilomèt. simple voie.	DÉSIGNATION DES SECTIONS.	Quantités rails fournies.	VALEUR TOTALE Y COMPRIS LES ACCESSOIRES.	Nombre de kilomèt. simple voie.	DÉSIGNATION DES SECTIONS.
fr.	fr.	fr.	tonn.	fr.	kilom.		tonn.	fr.	kilom.	
98,347 16	98,347 16	.	200	98,347 16	4	Redoublem ^t de voie.	.	.	.	.
46,901 80	41,039 08	5,862 72	.	.	.	.	.	46,901 80	.	Mouscron à Tournay.
1,515 70	1,515 70	.	.	1,515 70	.	Landen à St-Trond.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	Gand à Bruges.	.	.	.	.
90,481 15	90,481 15	.	202	90,481 15	4	Depôt de Wetteren.	.	.	.	.
74,510 82	65,187 50	9,323 32	.	.	.	.	271	74,510 82	5 ¹ / ₂	Mouscron à Tournay.
212,678 56	121,417 77	91,260 79	.	.	.	.	.	.	.	Mons à Quiévrain.
.	.	.	.	.	.	.	564	212,678 56	11 ¹ / ₂	Id.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Namur à Mornimont.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Mornimont à Charleroy
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Charleroy à Braine-le-Comte.
28,947 04	25,328 66	3,618 38	.	.	.	.	.	23,947 04	.	Mornimont à Charleroy
119,805 09	104,829 45	14,975 64	.	.	.	.	336	119,805 09	6 ¹ / ₂	Braine-le-Comte à Charleroy.
83,972 45	.	83,972 45	.	.	.	.	.	.	.	Id.
1,877 73	1,877 73	.	.	1,877 73	.	Station de Hal.	.	.	.	.
1,461 62	1,461 62	.	.	1,461 62	.	Louvain à Tirlemont.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	P ^r redoublem ^t de voie en dépôt à Louvain.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	Id.	.	.	.	.
88,352 56	81,726 12	6,626 44	369	88,352 56	6 ¹ / ₂	Redoublem ^t à Landen	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	Id. à Ans.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	Id. à Malines	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	Deynze à Courtray.	.	.	.	.
848,851 68	633,211 94	215,639 74	771	282,035 92	14 ¹ / ₂		1,473	566,815 76	29 ¹ / ₂	
fr.	fr.	fr.	tonn.	fr.	kilom.		tonn.	fr.	kilom.	
7,782,558 09	7,782,558 09	.	12876	7,471,254 09	307 ¹ / ₂		517	311,304 00	11 ¹ / ₂	
8,683,300 54	8,343,292 10	340,008 44	10430	5,078,909 87	219 ¹ / ₂		7261	3,604,390 67	153 ¹ / ₂	
848,851 68	633,211 94	215,639 74	771	282,035 92	14 ¹ / ₂		1473	566,815 76	29 ¹ / ₂	
17,314,710 31	16,759,062 13	555,648 18	24077	12,832,199 88	541 ¹ / ₂		9251	4,482,510 43	194 ¹ / ₂	

Les coussinets revenaient à 520 F la tonne.

Les chevilles et clavettes à 700 F la tonne.

Les traverses en bois blanc de 2,70 m de long, largeur 0,52 m, hauteur 0,16m en sapin, bouleau, orme, à 5,75 F/pièce.

La crise industrielle et commerciale des derniers mois de 1836 a déterminé le gouvernement belge à passer des marchés de rails pour des quantités qui excédaient les besoins du moment.

Du 13 mai 1834 jusqu'en octobre 1839, 62 marchés de rails et accessoires ont été passés englobant un tonnage de 51 584 tonnes.

*
* *

A partir de 1869, l'on procéda comme suit :

- soit par échange de vieux métal contre du neuf,
- soit par cession du métal usagé contre de l'argent.

Le tableau ci-après indique les prix des rails pendant la période correspondante (1834 à 1868) ainsi que le nombre de rails déposés.

Année	Prix par rail (francs)	Quantité (rails)	Total (francs)	Année	Prix par rail (francs)	Quantité (rails)	Total (francs)	Année	Prix par rail (francs)	Quantité (rails)	Total (francs)	Total	
												Année	Prix par rail (francs)
1834	100	100	10000	1844	100	100	10000	1854	100	100	10000	18	1800
1835	100	100	10000	1845	100	100	10000	1855	100	100	10000	18	1800
1836	100	100	10000	1846	100	100	10000	1856	100	100	10000	22	2200
1837	100	100	10000	1847	100	100	10000	1857	100	100	10000	24	2400
1838	100	100	10000	1848	100	100	10000	1858	100	100	10000	28	2800
1839	100	100	10000	1849	100	100	10000	1859	100	100	10000	32	3200
1840	100	100	10000	1850	100	100	10000	1860	100	100	10000	36	3600
1841	100	100	10000	1851	100	100	10000	1861	100	100	10000	40	4000
1842	100	100	10000	1852	100	100	10000	1862	100	100	10000	44	4400
1843	100	100	10000	1853	100	100	10000	1863	100	100	10000	48	4800
1844	100	100	10000	1854	100	100	10000	1864	100	100	10000	52	5200
1845	100	100	10000	1855	100	100	10000	1865	100	100	10000	56	5600
1846	100	100	10000	1856	100	100	10000	1866	100	100	10000	60	6000
1847	100	100	10000	1857	100	100	10000	1867	100	100	10000	64	6400
1848	100	100	10000	1858	100	100	10000	1868	100	100	10000	68	6800
1849	100	100	10000	1859	100	100	10000					72	7200
1850	100	100	10000	1860	100	100	10000					76	7600
1851	100	100	10000	1861	100	100	10000					80	8000
1852	100	100	10000	1862	100	100	10000					84	8400
1853	100	100	10000	1863	100	100	10000					88	8800
1854	100	100	10000	1864	100	100	10000					92	9200
1855	100	100	10000	1865	100	100	10000					96	9600
1856	100	100	10000	1866	100	100	10000					100	10000
1857	100	100	10000	1867	100	100	10000					104	10400
1858	100	100	10000	1868	100	100	10000					108	10800
1859	100	100	10000									112	11200
1860	100	100	10000									116	11600
1861	100	100	10000									120	12000
1862	100	100	10000									124	12400
1863	100	100	10000									128	12800
1864	100	100	10000									132	13200
1865	100	100	10000									136	13600
1866	100	100	10000									140	14000
1867	100	100	10000									144	14400
1868	100	100	10000									148	14800
1869	100	100	10000									152	15200
1870	100	100	10000									156	15600
1871	100	100	10000									160	16000
1872	100	100	10000									164	16400
1873	100	100	10000									168	16800
1874	100	100	10000									172	17200
1875	100	100	10000									176	17600
1876	100	100	10000									180	18000
1877	100	100	10000									184	18400
1878	100	100	10000									188	18800
1879	100	100	10000									192	19200
1880	100	100	10000									196	19600
1881	100	100	10000									200	20000
1882	100	100	10000									204	20400
1883	100	100	10000									208	20800
1884	100	100	10000									212	21200
1885	100	100	10000									216	21600
1886	100	100	10000									220	22000
1887	100	100	10000									224	22400
1888	100	100	10000									228	22800
1889	100	100	10000									232	23200
1890	100	100	10000									236	23600
1891	100	100	10000									240	24000
1892	100	100	10000									244	24400
1893	100	100	10000									248	24800
1894	100	100	10000									252	25200
1895	100	100	10000									256	25600
1896	100	100	10000									260	26000
1897	100	100	10000									264	26400
1898	100	100	10000									268	26800
1899	100	100	10000									272	27200
1900	100	100	10000									276	27600
1901	100	100	10000									280	28000
1902	100	100	10000									284	28400
1903	100	100	10000									288	28800
1904	100	100	10000									292	29200
1905	100	100	10000									296	29600
1906	100	100	10000									300	30000
1907	100	100	10000									304	30400
1908	100	100	10000									308	30800
1909	100	100	10000									312	31200
1910	100	100	10000									316	31600
1911	100	100	10000									320	32000
1912	100	100	10000									324	32400
1913	100	100	10000									328	32800
1914	100	100	10000									332	33200
1915	100	100	10000									336	33600
1916	100	100	10000									340	34000
1917	100	100	10000									344	34400
1918	100	100	10000									348	34800
1919	100	100	10000									352	35200
1920	100	100	10000									356	35600
1921	100	100	10000									360	36000
1922	100	100	10000									364	36400
1923	100	100	10000									368	36800
1924	100	100	10000									372	37200
1925	100	100	10000									376	37600
1926	100	100	10000									380	38000
1927	100	100	10000									384	38400
1928	100	100	10000									388	38800
1929	100	100	10000									392	39200
1930	100	100	10000									396	39600
1931	100	100	10000									400	40000
1932	100	100	10000									404	40400
1933	100	100	10000									408	40800
1934	100	100	10000									412	41200
1935	100	100	10000									416	41600
1936	100	100	10000									420	42000
1937	100	100	10000									424	42400
1938	100	100	10000									428	42800
1939	100	100	10000									432	43200
1940	100	100	10000									436	43600
1941	100	100	10000									440	44000
1942	100	100	10000									444	44400
1943	100	100	10000									448	44800
1944	100	100	10000									452	45200
1945	100	100	10000									456	45600
1946	100	100	10000									460	46000
1947	100	100	10000									464	46400
1948	100	100	10000									468	46800
1949	100	100	10000									472	47200
1950	100	100	10000									476	47600
1951	100	100	10000									480	48000
1952	100	100	10000									484	48400
1953	100	100	10000									488	48800
1954	100	100	10000									492	49200
1955	100	100	10000									496	49600
1956	100	100	10000									500	50000
1957	100	100	10000									504	

ANNÉES.	NOMBRE de KILOMÈTRES EXPLOITÉS.		DÉVELOPPEMENT DES VOIES EXPLOITÉES PAR ANNÉE. (MÈTRES COURANTS.)			MÈTRES COURANTS DE RAILS EMPLOYÉS									
	1 ^{re} VOIE.	2 ^e VOIE.	VOIES PRINCIPALES et doubles voies.	VOIES ACCESSOIRES et des stations.	TOTAL.	A LA CONSTRUCTION.				A L'ENTRETIEN.					
						ONDULÉS.	PARALLÈLES.	A DEUX BOURRELETS inégaux.	Vignoles.	ONDULÉS.	PARALLÈLES.	A DEUX BOURRELETS inégaux.	A DEUX BOURRELETS symétriques.	VIGNOLES.	
1835	20	»	20,500	10,200	30,700	64,300	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1836	24	»	44,700	11,300	56,000	51,000	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1837	99	2	146,000	15,000	161,000	211,000	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1838	113	44	304,000	33,000	337,000	317,416	33,920	»	»	»	»	»	»	»	»
1839	53	27	386,000	45,000	431,000	118,105	132,946	»	»	»	»	»	»	»	»
1840	23	41	447,000	50,000	497,000	19,800	49,734	»	»	226	2,789	»	»	»	»
1841	46	78	570,000	53,000	623,000	32,400	218,792	»	»	296	9,122	»	»	»	»
1842	78	6	656,000	69,000	725,000	50,647	152,055	»	»	9,789	71,949	»	»	»	»
1843	100	39	796,000	76,000	872,000	72,894	221,848	»	»	1,935	1,985	»	»	»	»
1844	»	5	799,000	79,000	878,000	»	11,300	»	»	233	3,637	»	»	»	»
1845	»	»	799,000	79,000	878,000	»	»	»	»	531	5,193	»	»	»	»
1846	»	59	858,000	91,000	949,000	12,000	61,663	69,067	»	819	9,135	18,596	»	»	»
1847	30	49	939,000	107,600	1,046,600	»	74,518	100,200	»	»	27	129,668	»	»	»
1848	35	44	987,500	121,700	1,109,200	»	91,206	72,029	»	2,405	2,841	98,996	»	»	»
1849	»	34	1,020,800	130,700	1,151,500	7,000	2,850	66,000	»	»	3,462	79,866	»	»	»
1850	»	52	1,076,600	136,700	1,213,300	»	95,299	8,000	»	»	644	109,133	»	»	»
1851	»	»	1,076,600	143,700	1,220,300	»	»	»	»	»	386	101,097	»	»	»
1852	»	9	1,104,600	149,800	1,254,400	29,700	21,000	51,000	»	»	30	150,282	»	»	»
1853	»	31	1,115,400	155,700	1,271,100	»	»	31,500	»	»	164	104,267	»	»	»
1854	»	7	1,121,400	166,500	1,287,900	504	7,413	16,210	»	»	92	142,113	»	»	»
1855	»	28	1,147,500	175,500	1,323,000	»	»	69,666	»	»	»	157,696	»	»	»
1856	»	»	1,147,500	190,300	1,337,800	»	»	5,907	»	»	217	170,862	»	»	»
1857	116	138	1,369,000	200,500	1,569,500	»	612	539,147	»	»	452	232,238	»	»	»
1858	32	32	1,432,200	225,300	1,657,500	»	142,285	16,004	»	»	32	164,542	»	»	»
1859	»	»	1,432,200	232,600	1,664,800	»	»	4,470	»	»	77	149,727	»	»	»
1860	2	»	1,433,900	248,800	1,682,700	»	»	11,524	7,368	»	»	150,143	»	48,307	»
1861	»	33	1,457,511	282,173	1,739,684	»	»	21,432	56,514	»	»	87,259	»	106,757	»
1862	»	»	1,458,167	293,410	1,756,577	»	»	12,741	262	»	»	79,935	»	153,482	»
1863	»	»	1,458,667	312,234	1,770,901	»	»	12,918	71	»	»	117,404	18,598	53,722	»
1864	»	»	1,458,939	332,757	1,791,696	»	»	24,128	72	»	»	135,110	16,732	784	»
1865	»	»	1,458,939	357,859	1,816,798	»	»	23,086	»	»	»	208,699	145	2,017	»
1866	45	45	1,547,196	410,632	1,957,828	»	»	246,824	1,768	»	»	239,337	240	3,263	»
1867	85	85	1,704,382	432,785	2,137,167	»	»	367,338	516	»	»	258,527	287	1,287	»
1868	»	»	1,704,382	440,330	2,144,712	»	»	3,568	635	»	»	222,423	4,878	57,330	»
	901	858				983,736	4,317,441	1,772,459	67,206	46,264	112,234	3,307,920	40,880	396,946	
	27	»	A déduire pour Landen à Hasselt.			23,963	39,479	43	206	»	»	»	»	»	
	874	858				959,773	1,278,262	1,772,416	67,206	46,264	112,234	3,307,920	40,880	396,946	
	4,732					4,077,657				3,874,244					
7,951,901															

PRIX PAR ANNÉE ET PAR TONNEAU.

RAILS HORS DE SERVICE OTÉS DES VOIES.

(MÈTRES COURANTS.)

RAILS.	COUSSINETS.	CHEVILLES ET CLAYETTES.	COINS EN BOIS. (PRIX PAR PIÈCE.)	ONDULÉS.	PARALLÈLES.	A DEUX		VIGNOLES	TOTAL.
						BOURRELETS inégau.	BOURRELETS symétriques.		
300 Fr. » à 380 »	255 Fr. » à 265 »	550 Fr. » à 600 »	»	»	»	»	»	»	»
400 » à 450 »	315 » à 325 »	720 » à 730 »	»	»	»	»	»	»	»
448 » à 457 50	320 » à 367 50	700 » à 740 »	»	»	»	»	»	»	»
370 » à 448 »	250 » à 328 »	590 » à 708 »	»	»	»	»	»	»	»
340 » à 416 »	245 » à 302 »	590 » à 692 »	»	»	»	»	»	»	»
239 » à 240 »	149 » à 304 50	475 » à 600 »	»	3,000	36	»	»	»	3,036
239 » à 257 »	149 » à 164 »	400 » à 489 »	»	9,485	307	»	»	»	9,492
234 »	156 » à 172 »	414 » à 489 »	»	84,471	865	»	»	»	82,336
491 » à 252 25	125 » à 174 90	315 » à 420 »	»	2,510	4,484	»	»	»	3,994
»	»	»	»	1,092	2,890	»	»	»	3,982
297 » à 321 »	215 » à 231 »	351 »	0.10 à 0.42	4,386	4,492	»	»	»	5,878
320 »	194 90 à 209 80	378 »	0.40 à 0.1275	20,159	8,854	»	»	»	29,013
214 90 à 320 »	153 94 à 184 »	367 » à 370 »	0.09	98,793	32,725	»	»	»	431,518
490 »	153 »	292 50 à 298 »	0.09	94,200	44,059	428	»	»	405,387
470 » à 190 »	128 » à 143 »	298 » à 299 »	0.08 à 0.09	61,058	22,741	504	»	»	84,273
470 »	128 »	285 »	0.095	53,638	49,851	226	»	»	73,715
472 »	»	244 » à 285 »	0.075 à 0.40	58,055	74,400	687	»	»	433,442
464 » à 180 »	128 »	295 »	0.09	54,234	82,648	647	»	»	437,529
222 » à 240 »	138 » à 163 50	282 » à 294 »	0.0775 à 0.4175	44,447	49,090	2,798	»	»	96,335
206 50 à 234 »	148 80 à 174 90	270 80 à 279 80	0.125	44,281	73,706	4,867	»	»	422,854
205 » à 220 »	147 » à 150 »	278 80 à 288 »	0.095 à 0.0975	62,088	89,216	6,259	»	»	457,563
207 40 à 220 30	153 70	267 80 à 289 96	0.08 à 0.09	38,063	120,461	6,047	»	»	464,574
184 90 à 290 40	131 60 à 138 67	227 » à 267 80	0.0796 à 0.09	80,766	95,693	46,894	»	»	493,350
459 99	112 60	219 70	0.08 à 0.099	67,231	32,744	24,925	»	»	424,900
»	»	»	»	17,060	83,856	30,346	»	»	431,262
458 30 à 162 30	102 49 à 102 80	204 70	0.079 à 0.1099	9,196	78,698	50,365	»	»	438,259
454 » à 159 70	»	218 » et 295 »	0.107 à 0.41	7,394	93,501	144,425	»	»	212,320
439 50 à 459 70	101 70 à 109 40	219 70 à 234 70	0.085 à 0.4145	6,529	157,493	78,362	»	898	243,282
439 50 à 446 30	97 92 à 110 »	213 70 à 223 40	0.0987 à 0.1075	5,263	44,891	406,197	6	3,292	459,649
454 90 à 159 80	97 92 à 119 »	213 70 à 223 40	0.0945 à 0.40	4,608	43,694	76,947	443	673	96,035
449 39 à 169 90	104 » à 125 80	232 10 à 257 »	0.0785 à 0.0899	3,868	23,106	437,827	49	7,410	471,930
468 80 à 469 90	128 10 à 129 70	227 30 à 239 49	0.0785 à 0.0859	5,912	23,525	244,491	1,803	6,364	282,095
437 70 à 469 37	128 77 à 129 20	227 30 à 229 »	0.068 à 0.0815	6,081	27,675	228,768	225	27,603	290,352
437 70	94 10	199 50 à 204 »	0.065 à 0.08	4,700	12,485	499,462	4,618	34,384	249,346
				943,268	1,281,853	4,328,469	3,784	80,324	3,637,395

MÈTRES COURANTS DE RAILS EN SERVICE, AU 31 DÉCEMBRE 1868.

	ONDULÉS de 19 à 22 kilogr.	PARALLÈLES de 25 à 27 kilogr.	A DEUX BOURRELETS inégau. de 34 kilogr.	A DEUX BOURRELETS symétriques de 38 1/2 kilogr.	VIGNOLES de 37 kilogr.	TOTAL.
Voies principales.....	»	5,285	2,989,249	35,631	359,270	3,389,435
Voies accessoires et des stations.....	32,576	402,504	705,492	»	7,676	848,245
Rails de remploi en réserve.....	493	837	57,426	4,465	46,885	76,826
TOTAUX.....	32,769	408,643	3,752,167	37,096	383,831	4,314,506

10.2. Les fournitures de rails de 1838 à 1868

Les tonnages de rails ci-après (calculés d'après les longueurs fournies) ont été livrés au cours de la période sous rubrique.

Année	Rails ondulés 19 - 22 kg/m	Rails parallèles 25 - 27 kg/m	à bourre- lets asy- métriques 34 kg/m	Vignole 37 kg/m	à bourre- lets symé- triques 38,5 kg/m
1834	203,0				
1835	19kg/m 1 221,7				
1836	969,0				
1837	22kg/m 4 642,0				
1838	6 983,0	25kg/m 848,0			
1839	2 598,0	3 323,6			
1840	440,5	27kg/m 1 418,1			
1841	719,3	5 153,6			
1842	1 328,9	6 048,1			
1843	1 646,2	5 773,4			
1844	5,1	403,2			
1845	11,7	140,2			
1846	282,6	1 911,5	2 980,5		
1847	-	2 012,7	7 815,5		
1848	-	2 539,2	5 814,8		
1849	154,0	170,3	4 959,4		
1850	-	2 590,4	3 982,5		
1851	-	10,4	3 437,2		
1852	553,4	567,8	5 282,9		
1853	-	4,4	4 616,0		
1854	11,08	202,6	8 782,9		
1855	-	-	7 730,3		
1856	-	5,8	6 010,1		
1857	-	28,7	26 227,0		
1858	-	3 842,5	6 138,-		
1859	-	2,07	5 242,6		
1860	-	-	391,8	273,2	
1861	-	-	3 685,2	6 040,2	
1862	-	-	3 150,9	5 022,5	
1863	-	-	4 430,7	1 990,3	716,0
1864	-	-	5 414,0	31,5	544,1
1865	-	-	7 880,6	74,3	5,5
1866	-	-	16 529,4	186,3	9,2
1867	-	-	21 279,4	65,97	11,5
1868	-	-	7 683,6	2 144,7	187,8

Jusqu'à fin 1868, l'Administration cédaient les vieux fers moyennant fourniture de neufs.

Quantités totales consommées (fer et acier) (Échelle 0.002 par 1,000 tonnes).
 Sommes totales dépensées (- - -) (- 0.01 par 1,000,000 de francs).
 Prix moyen par tonne (- - -) (- 0.002 par 10 francs).

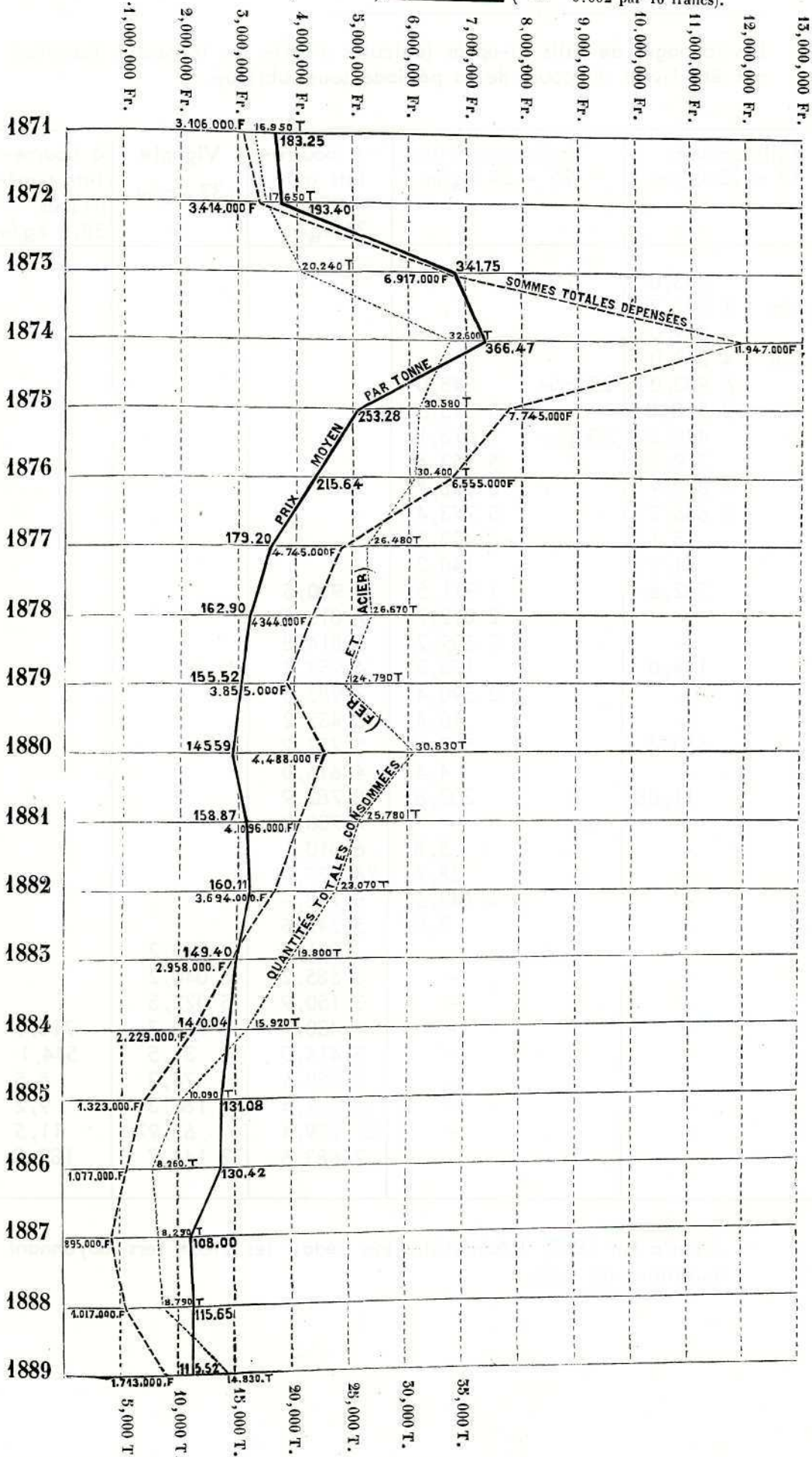
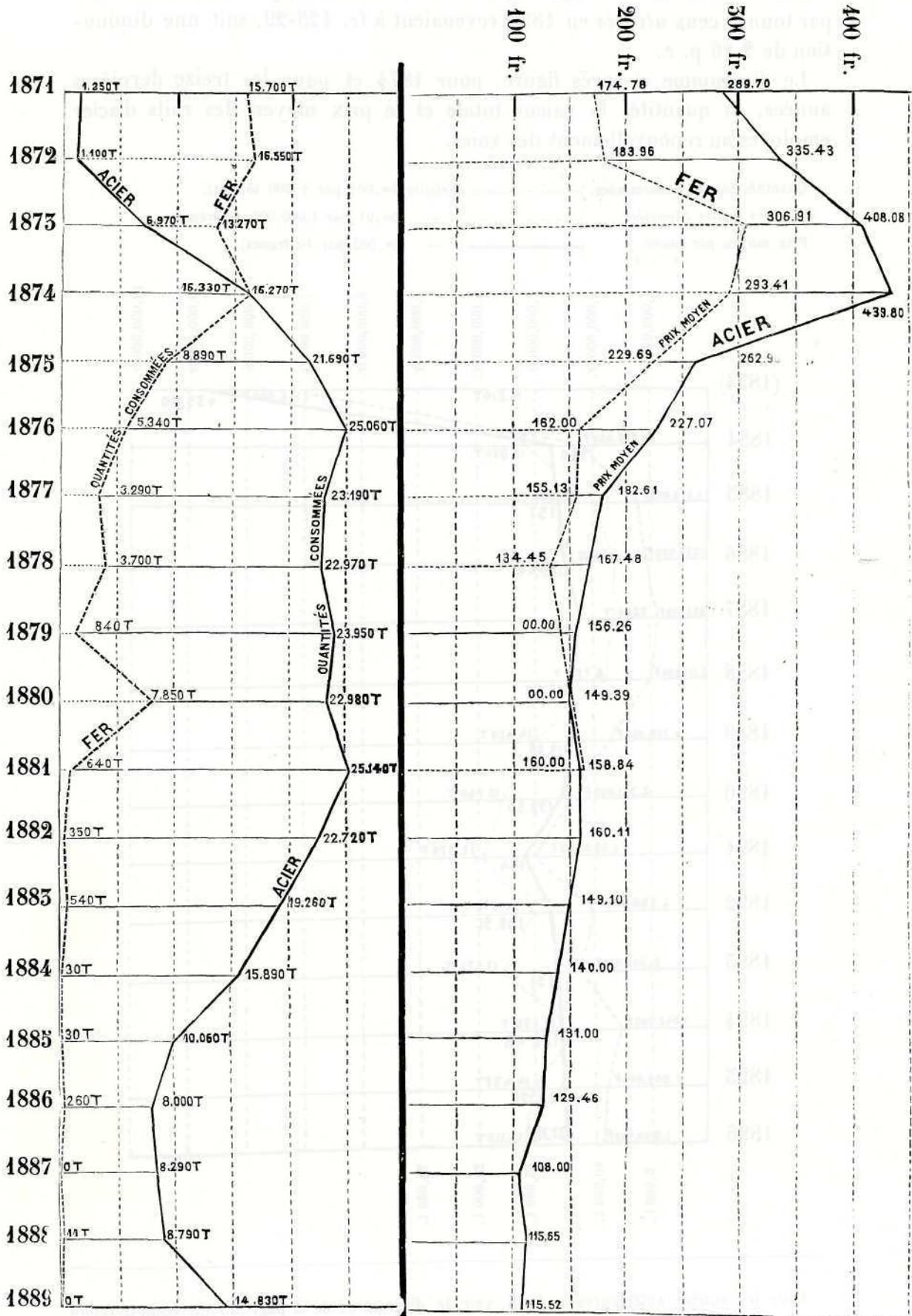


Figure 10.1

Quantités consommées en fer et en acier (échelle 0,002 par mille tonnes.)
 Prix moyen par tonne (échelle 0,002 par 10 francs) (¹).



(¹) D'après les marchés de l'année antérieure.

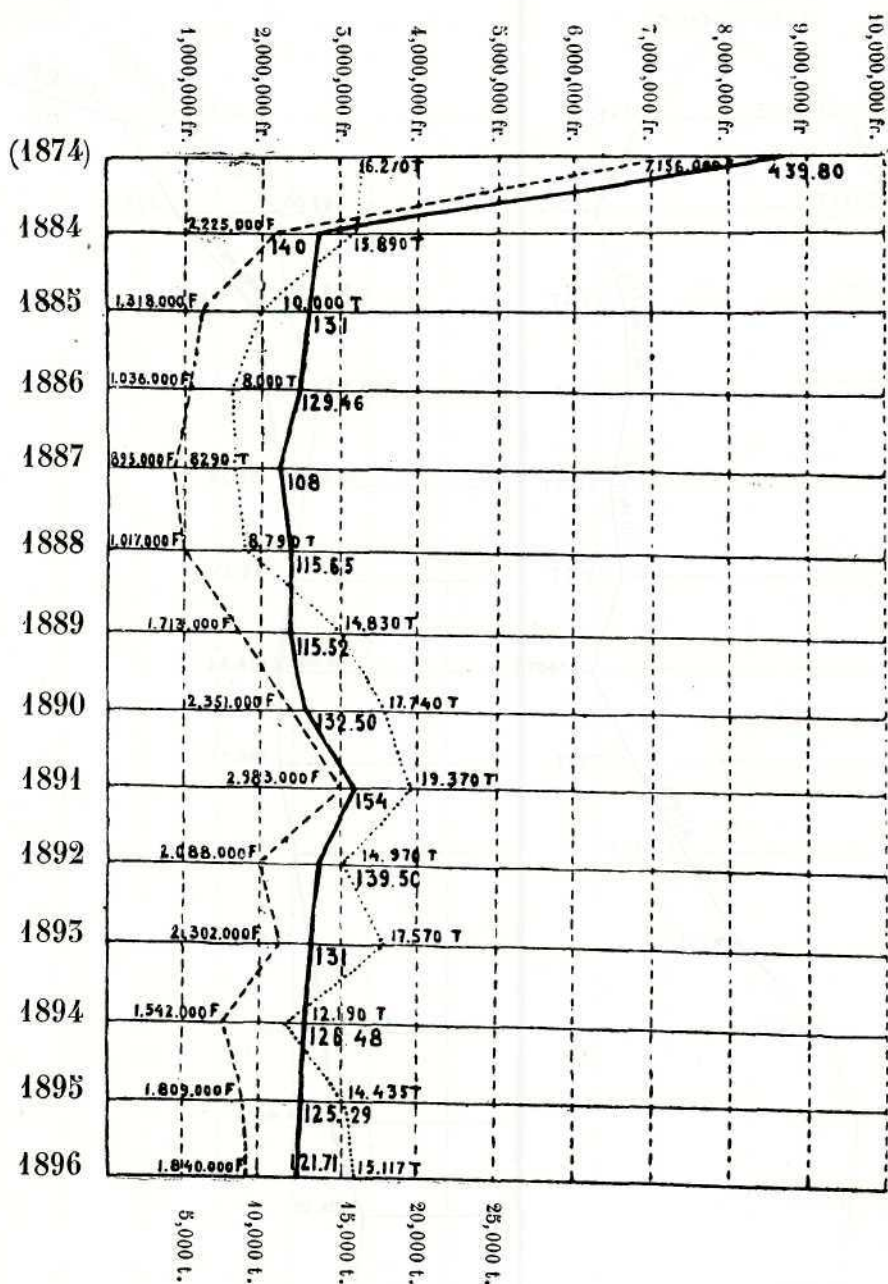
Figure 10.2

Figure 10.3

Les rails d'acier *utilisés* en 1896 ont une valeur moyenne de fr. 121-71 par tonne; ceux *utilisés* en 1895 revenaient à fr. 125-29, soit une diminution de 2.86 p. c.

Le diagramme ci-après figure, pour 1874 et pour les treize dernières années, la quantité, la valeur totale et le prix moyen des rails d'acier employés au renouvellement des voies.

Quantités totales consommées (Échelle 0^m.002 par 1,000 tonnes).
 Sommes totales dépensées - - - - - (- 0^m.01 par 1,000,000 de francs).
 Prix moyen par tonne ———— (- 0^m.002 par 10 francs).

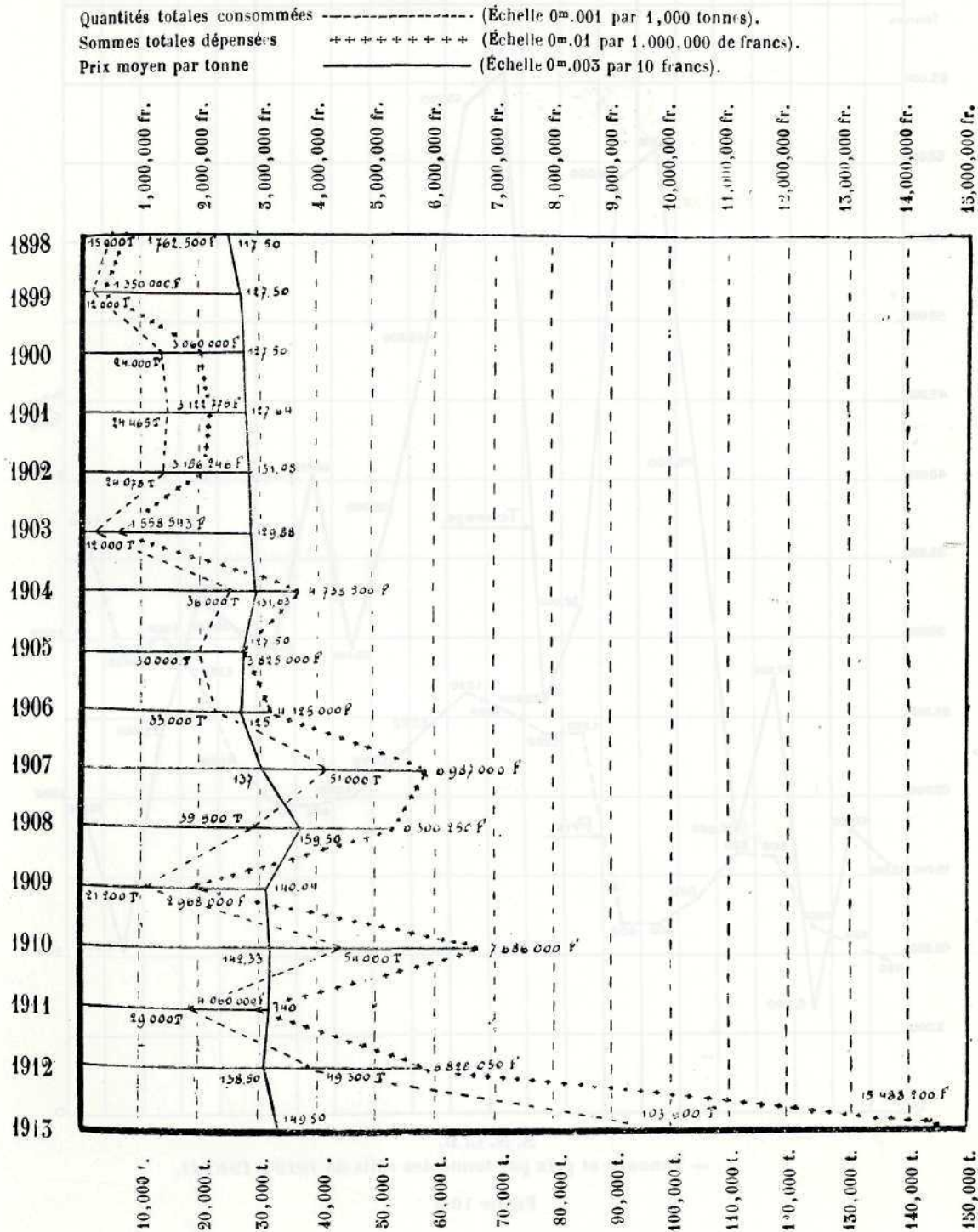


Pour les années antérieures à 1884, voir le diagramme de la page 25 du compte rendu de 1889.

Figure 10.4

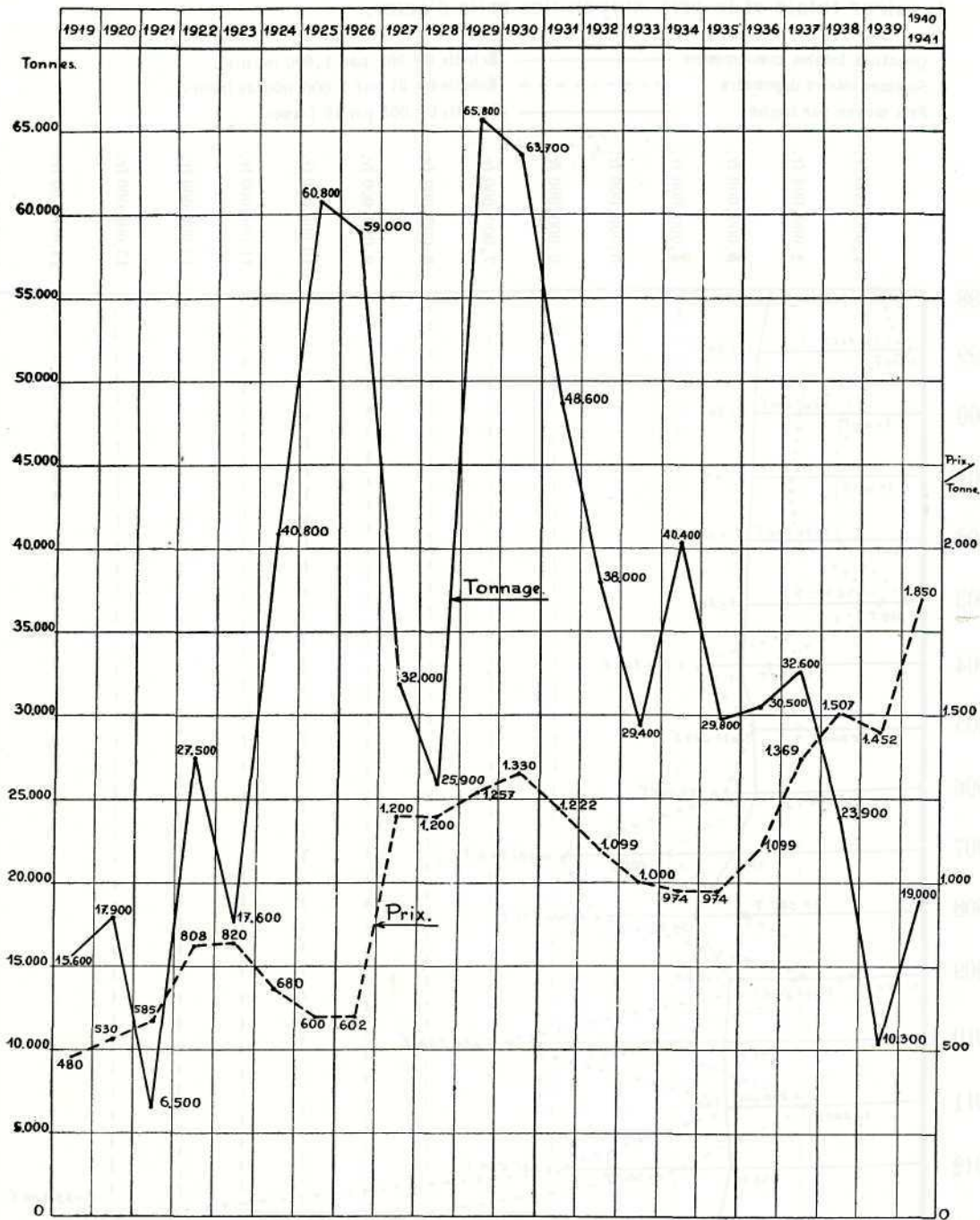
Rails.

Le diagramme ci-après figure, pour les années 1898 à 1913, la quantité, la valeur totale et le prix moyen des rails d'acier.



Pour les années antérieures à 1886, voir le diagramme de la page 24 du compte rendu de 1889, et pour celles de 1886 à 1897, voir le diagramme de la page 14 du compte rendu de 1906.

Figure 10.5



S. N. C. B.
 — Tonnage et prix par tonne des rails de 1919 à 1940/41.

Figure 10.6

10.3. Les fournitures de rails de 1871 à 1888

Le prix des rails de 1871 à 1889 est repris au diagramme fig.10.1.

Sur le diagramme de la fig.10.2, on notera la mise en oeuvre du rail en acier dès 1872, son importance grandissante et la disparition du rail en fer en 1884.

C'est en 1879 que l'acier supplanta définitivement le fer, comme l'indique le diagramme de la fig.10.3.

10.4. Les fournitures de rails de 1888 à 1896

Le diagramme de la fig.10.4 indique les prix et les quantités de rails commandés entre 1888 et 1896.

Il a été conclu en 1889 pour l'entretien et les renouvellements de 1890, un marché de 15 000 tonnes de rails Vignole en acier de profil renforcé du type "Goliath" pesant 52 kg/m, au prix de 132,50 F la tonne.

Quant aux rails du profil Vignole ordinaire pesant 38 kg/m, il n'en a pas été acheté en 1889.

10.5. Les fournitures de rails de 1896 à 1913

En 1897, on a acheté 15 641 tonnes de rails au prix de 118,69 F/t.

Le diagramme de la fig.10.5 indique les prix et les quantités commandées de 1898 à 1913.

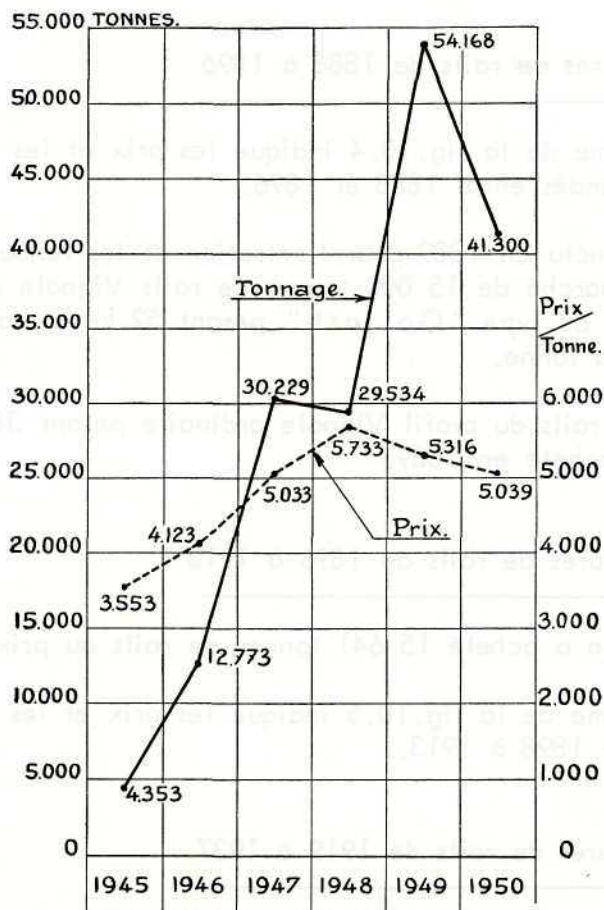
10.6. Les fournitures de rails de 1919 à 1937

Le diagramme de la fig.10.6 donne le relevé des tonnages et des prix par tonne des rails de 1919 à 1940

10.7. Les fournitures de rails de 1937 à 1950

Les usines ci-après fabriquent des rails dans l'Union Economique belgo-luxembourgeoise :

- S.A. John Cockerill à Seraing;
- S.A. Métallurgique de Sambre et Moselle à Montigny-sur-Sambre;



— Tonnages fournis et prix payés par tonne pour les rails par la S. N. C. B. de 1945 à 1950.

Figure 10.7

- S.A. Forges de la Providence à Marchienne-au-Pont;
- S.A. Usine Gustave Boël à La Louvière;
- S.A. Usine Métallurgique du Hainaut à Couillet;
- S.A. ARBED (Aciéries Réunies de Burbach-Eich-Dudelange) Grand-Duché de Luxembourg;
- S.A. Minière et Métallurgique de Rodange à Rodange - Grand-Duché de Luxembourg.

Celles-ci sont groupées au sein du "Comptoir des Aciéries Belges" à Seraing.

Le Comptoir remettait prix pour la fourniture des rails à la S.N.C.B. et répartissait les commandes entre ses affiliés.

Le diagramme de la fig.10.7 donne le relevé des tonnages et prix payés de 1945 à 1950.

10.8. Fournitures de rails à la S.N.C.B. de 1950 à nos jours

La rationalisation des fabrications a engendré un processus de regroupement des producteurs de rails.

Le tableau fig.10.8 indiquant les tonnages de rails fournis de 1949 à nos jours à la S.N.C.B. illustre avec éloquence le phénomène.

On note dans la colonne observations, les dates des arrêts des fabrications de rails dans les laminoirs belgo-luxembourgeois.

Année	Tonnage (t)	Prix (M.F.)	Observations
1949	11.148	3.400	
1950	11.148	3.400	
1951	11.148	3.400	
1952	11.148	3.400	
1953	11.148	3.400	
1954	11.148	3.400	
1955	11.148	3.400	
1956	11.148	3.400	
1957	11.148	3.400	
1958	11.148	3.400	
1959	11.148	3.400	
1960	11.148	3.400	
1961	11.148	3.400	
1962	11.148	3.400	
1963	11.148	3.400	
1964	11.148	3.400	
1965	11.148	3.400	
1966	11.148	3.400	
1967	11.148	3.400	
1968	11.148	3.400	
1969	11.148	3.400	
1970	11.148	3.400	
1971	11.148	3.400	
1972	11.148	3.400	
1973	11.148	3.400	
1974	11.148	3.400	
1975	11.148	3.400	
1976	11.148	3.400	
1977	11.148	3.400	
1978	11.148	3.400	
1979	11.148	3.400	
1980	11.148	3.400	
1981	11.148	3.400	
1982	11.148	3.400	
1983	11.148	3.400	
1984	11.148	3.400	
1985	11.148	3.400	
1986	11.148	3.400	
1987	11.148	3.400	
1988	11.148	3.400	
1989	11.148	3.400	
1990	11.148	3.400	
1991	11.148	3.400	
1992	11.148	3.400	
1993	11.148	3.400	
1994	11.148	3.400	
1995	11.148	3.400	
1996	11.148	3.400	
1997	11.148	3.400	
1998	11.148	3.400	
1999	11.148	3.400	
2000	11.148	3.400	
2001	11.148	3.400	
2002	11.148	3.400	
2003	11.148	3.400	
2004	11.148	3.400	
2005	11.148	3.400	
2006	11.148	3.400	
2007	11.148	3.400	
2008	11.148	3.400	
2009	11.148	3.400	
2010	11.148	3.400	
2011	11.148	3.400	
2012	11.148	3.400	
2013	11.148	3.400	
2014	11.148	3.400	
2015	11.148	3.400	
2016	11.148	3.400	
2017	11.148	3.400	
2018	11.148	3.400	
2019	11.148	3.400	
2020	11.148	3.400	
2021	11.148	3.400	
2022	11.148	3.400	
2023	11.148	3.400	
2024	11.148	3.400	
2025	11.148	3.400	

Rails — Tonrages fournis.

Année	ARBED	Boël	Cockerill	Hainaut-Sambre	Providence	Rodange	Total	Observations
1949	26.031	2.002	15.754	—	897	8.608	53.292	
1950	17.029	4.530	13.101	—	—	6.088	40.748	
1951	16.624	6.925	6.580	—	—	8.892	39.021	
1952	12.191	3.400	6.954	—	—	6.769	29.314	
1953	14.269	7.497	5.249	—	527	6.707	34.249	
1954	10.481	6.998	8.250	—	—	3.849	29.578	
1955	14.496	7.289	11.275	—	1.265	3.968	38.293	
1956	16.545	7.819	15.474	—	471	3.530	43.839	
1957	11.880	6.512	9.353	—	627	1.249	29.621	
1958	11.805	8.431	7.331	—	334	2.502	30.403	
1959	19.558	8.751	18.456	1.506	1.514	3.890	53.675	
1960	10.048	3.311	17.495	1.000	1.491	2.902	36.247	
1961	18.491	—	22.514	3.481	1.000	7.880	53.366	
1962	19.176	1.461	28.013	—	—	4.373	53.023	Arrêt des fabrications de Hainaut-Sambre.
1963	9.950	5.785	15.881	—	—	2.094	33.710	
1964	8.881	5.712	12.370	—	399	2.803	30.165	Arrêt des fabrications de La Providence.
1965	12.267	3.992	3.714	—	—	3.016	22.989	
1966	12.150	3.401	18.294	—	—	3.099	36.944	
1967	13.406	—	23.232	—	—	3.458	40.096	Arrêt des fabrications de Boël.
1968	15.130	—	21.889	—	—	3.360	40.379	
1969	14.902	—	21.847	—	—	3.379	40.128	
1970	13.488	—	19.854	—	—	6.613	39.955	
1971	9.996	—	15.888	—	—	6.366	32.250	
1972	1.748	—	15.769	—	—	9.759	27.276	
1973	—	—	16.821	—	—	11.746	28.567	Arrêt des fabrications de Belval.
1974	—	—	4.471	—	—	29.379	33.850	Arrêt des fabrications de Cockerill.
1975	—	—	—	—	—	30.128	30.128	
1976	—	—	—	—	—	38.645	38.645	
1977	—	—	—	—	—	58.534	58.534	
1978	—	—	—	—	—	50.145	50.145	
1979	—	—	—	—	—	52.012	52.012	
1980	—	—	—	—	—	60.000	60.000	Tonnage commandé

Figure 10.8

A titre documentaire, le prix des rails s'établissait comme suit en mai - juillet 1958 :

	26 à 30 m	15 à 18 m	15 m	Courts
<u>1. Parité de base</u>				
Parité propre	6 200 F	6 200 F	6 200 F	6 200F
<u>2. Extras par tonne</u>				
Profil	145 F	145 F	145 F	145F
Grandes longueurs	345F	-	-	-
Réception	365F	365 F	365 F	365F
Prix des rails non traités départ usines	7 055 F	6 710 F	6 710 F	6 710F
Rabais 2%	141 F	134 F	134 F	134F
	6 914 F	6 576F	6 576 F	6 576F

3. Extras spéciaux

Traitement thermique à
1 bout

195F

Traitement thermique à
2 bouts

165F

par about

Forage supplémentaire aux
6 trous d'éclissage

7,00 F par trou

Prix effectif CECA des rails 50kg de 27 m prix hors T.V.A.

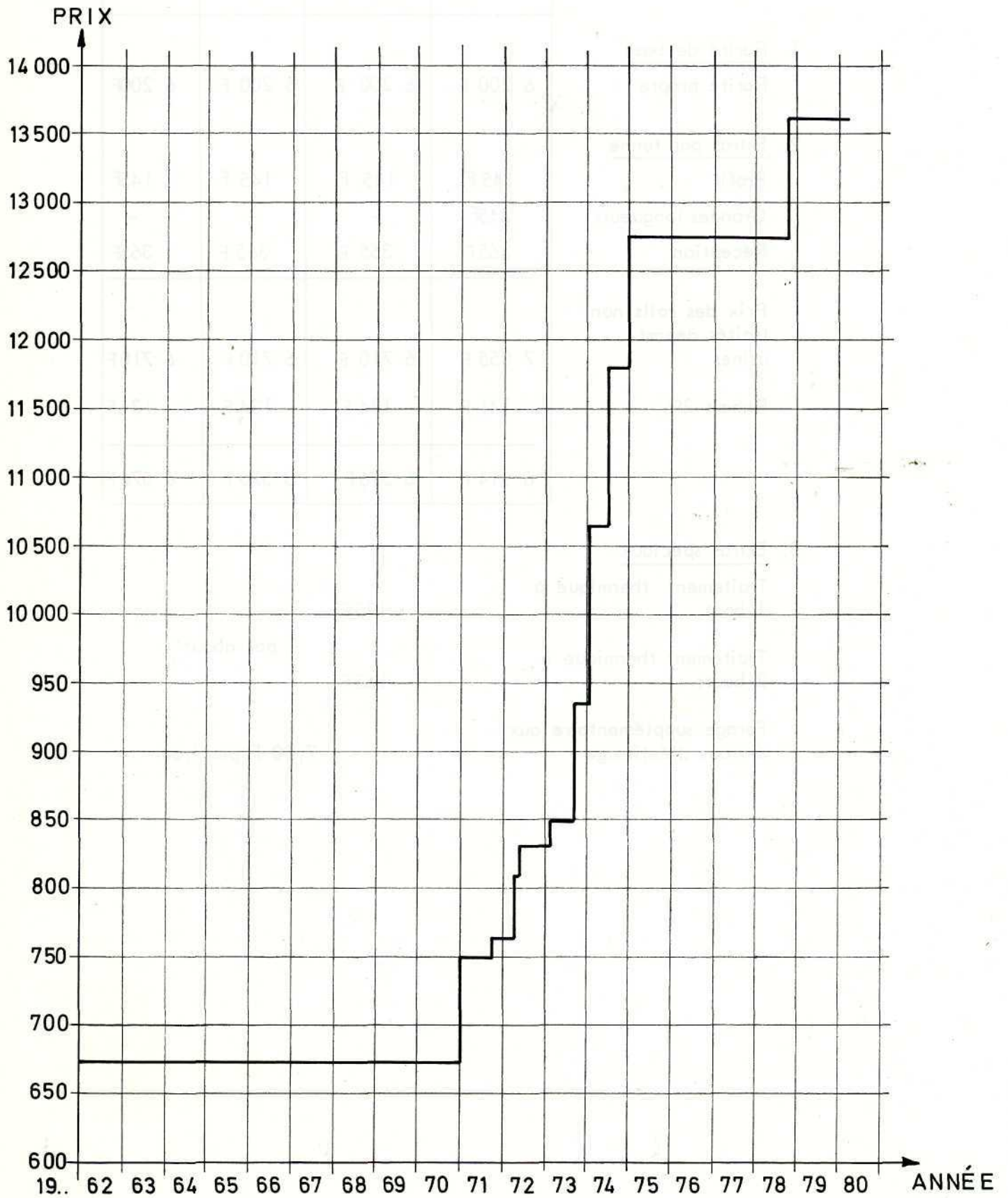


Figure 10.9

10.9. Les achats actuels de rails

Le contrat avec le Comptoir des Aciéries belges a été résilié le 15.02.1974.

Le seul fournisseur actuel de rails de la S.N.C.B. est la Métallurgique et Minière de Rodange- Athus qui a repris en 1975 des intérêts financiers dans la Société des Laminoirs de Villerupt (SLV).

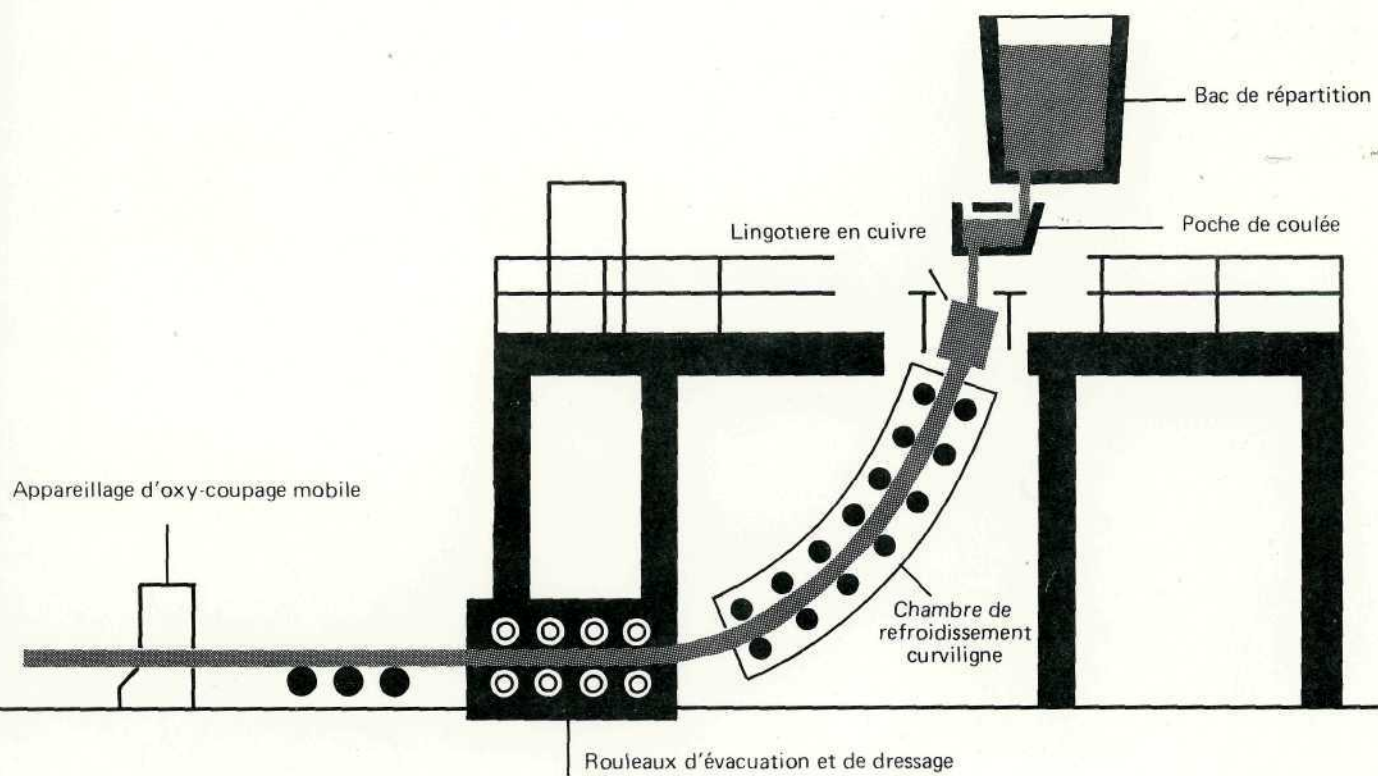
De ce fait un tonnage de rails est laminé à Villerupt, en particulier les rails en acier naturellement durs élaborés dans le four électrique de la S.L.V.

L'évolution du prix des rails au cours de la dernière décennie est donnée par le diagramme de la fig.10.9.

Le prix de base des rails, sans extras s'élève actuellement à 13 600 F/t pour la qualité courante 680/830 N/mm² (70/85 kg/mm²) et de 14 000 F/t pour l'acier naturellement dur de 880 N/mm² minimum (90 kg/mm²) nuance A.

Le montant des achats de rails par la S.N.C.B. s'élève annuellement à environ 600 millions de francs.

11. EVOLUTION ET PERSPECTIVES D'AVENIR



11. Evolution et perspectives d'avenir du rail

11.1. L'élaboration de l'acier

11.1.1. Généralités

Il est peu probable que des modifications transcendantes interviendront à court terme dans le mode d'élaboration de l'acier.

L'acier soufflé à l'oxygène pur gagnera de l'importance. Les dimensions des cornues augmenteront encore, principalement avec la généralisation de la coulée continue.

Celle-ci sera de plus en plus incorporée dans le cycle de fabrication des rails.

C'est déjà le cas à la British Steel, où depuis 1974, des convertisseurs de 250 t produisent de l'acier à l'oxygène qui est transformé en blooms à rails dans l'installation de coulée continue de Lachenby (Teesside). Les blooms refroidis sont transportés par fer à Workington, situé à 200 km de là, où ils sont réchauffés et laminés dans l'ancienne usine à rails du pays de Galle, où les installations en amont du laminoir ont été arrêtées.

Au Canada et en Suède, on lamine également des rails en partant de blooms issus de la coulée continue.

11.1.2. Principe de fonctionnement de la coulée continue

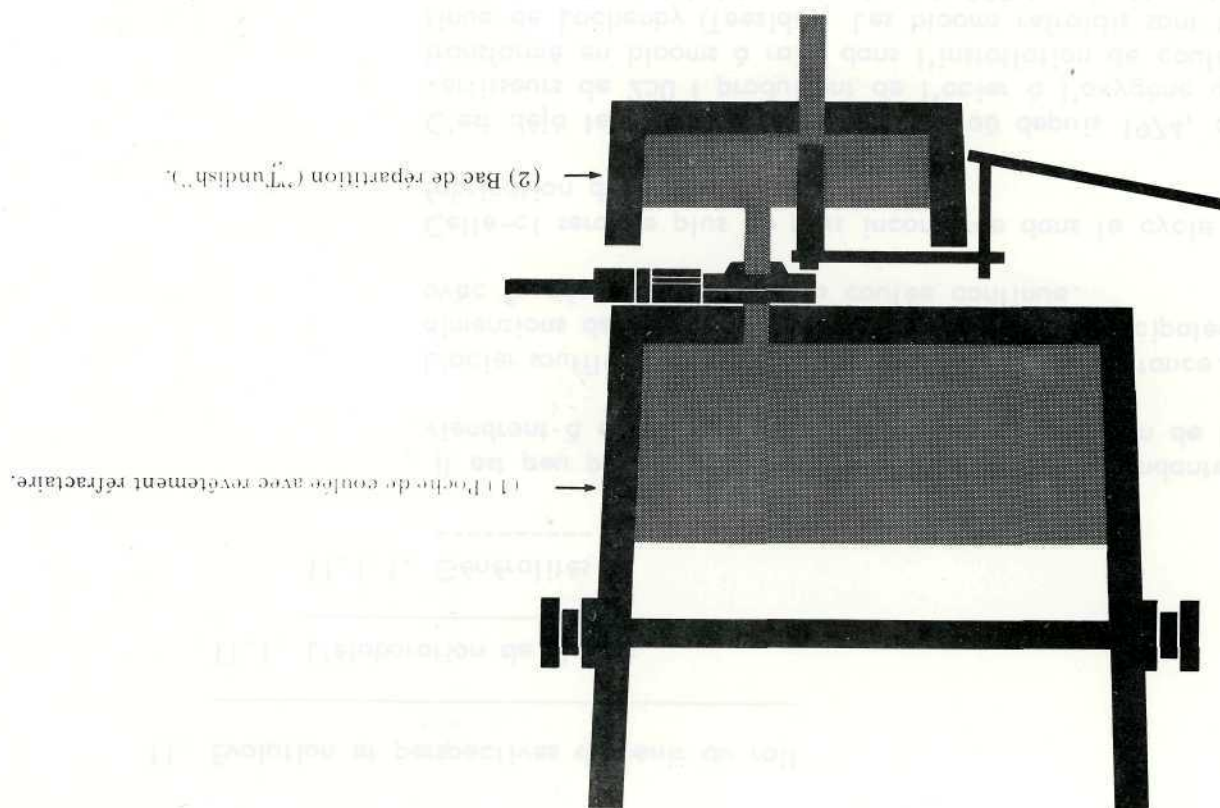
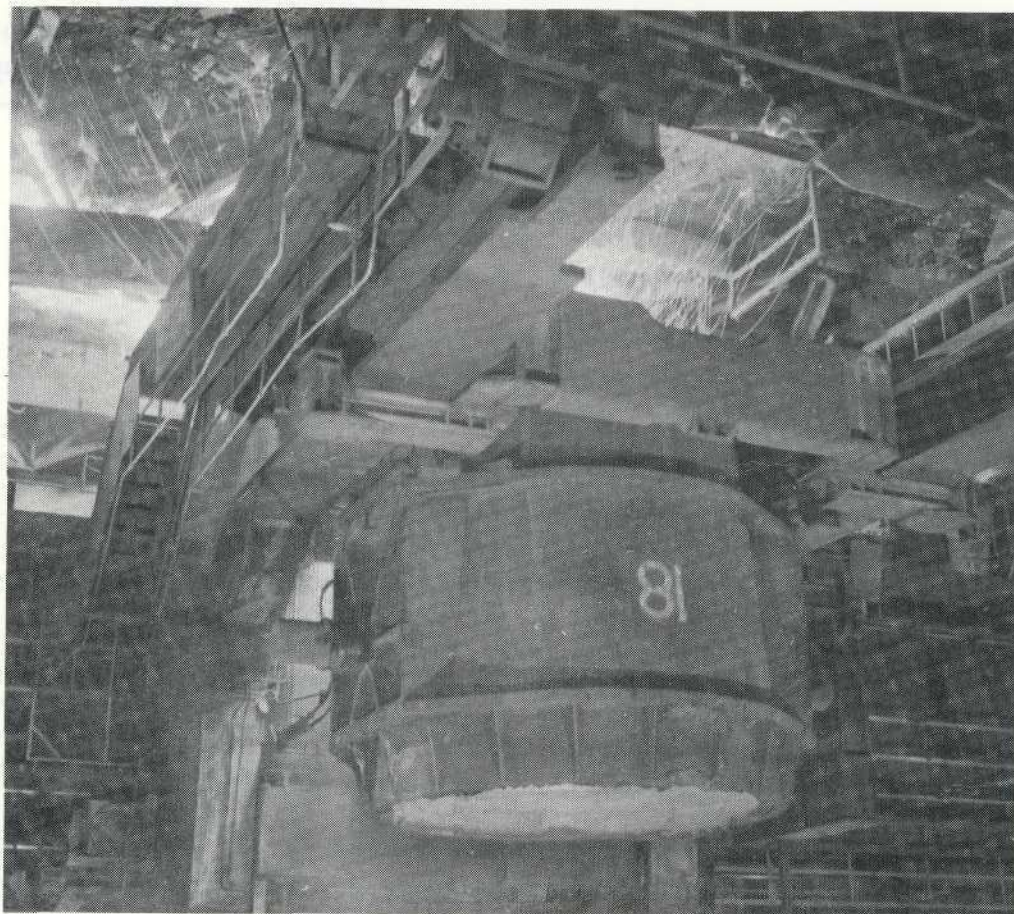
A Lachenby (1), l'acier contenu dans la poche de coulée (fig. 11.1, repère 1) est vidé, via un bac de répartition où le métal est maintenu à hauteur constante (fig. 11.1, repère 2) dans huit lingotières courbes en cuivre (fig. 11.2) refroidies par circulation intense d'eau et animées d'un mouvement sinusoïdal (ayant une course de 10,9 mm et une fréquence de 50 cycles/min.) pour éviter que le métal ne colle à la paroi.

Les lingotières sont, en fait, des moules ayant les dimensions de la barre désirées et elles lui confèrent directement sa section définitive en fonction du produit final à obtenir.

Les blooms sortent en continu par le fond de chaque lingotière et doivent se solidifier à coeur le plus rapidement possible avant d'être redressés. Pour cela, on utilise une aspersion contrôlée d'eau; cette opération conditionne en grande partie la qualité du produit obtenu.

(1) Continuous casting plant at Lachenby Teesside par A. TROWER.
Iron and Steel International, December 1973.

Figure 11.1 Poche de coulée déversant le métal dans le bac de réparation.



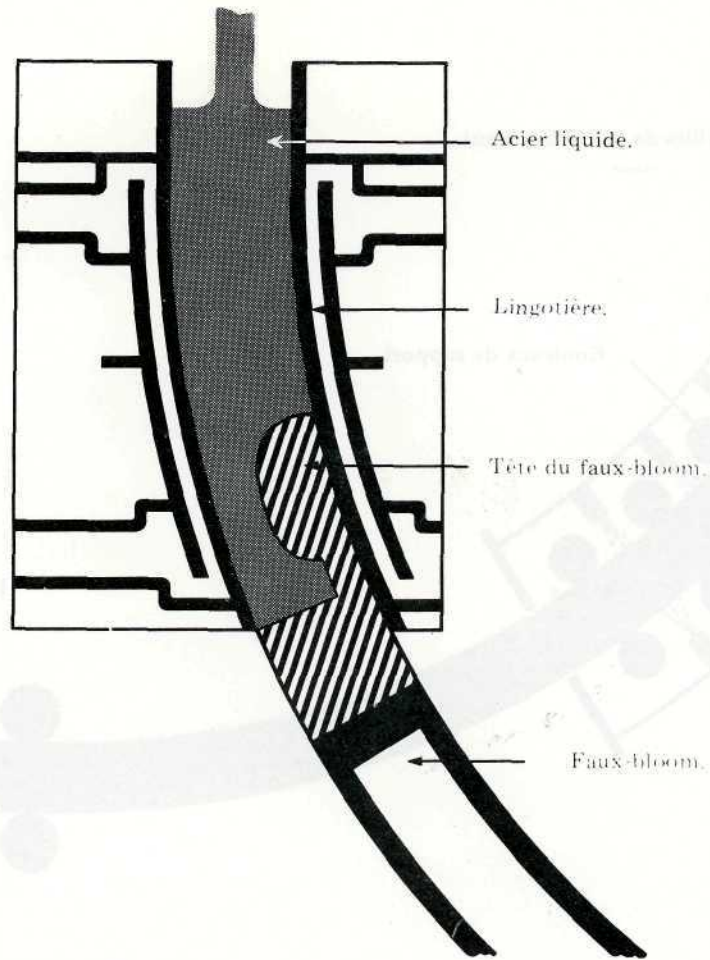


Figure 11.2 Lingotière courbée en cuivre.

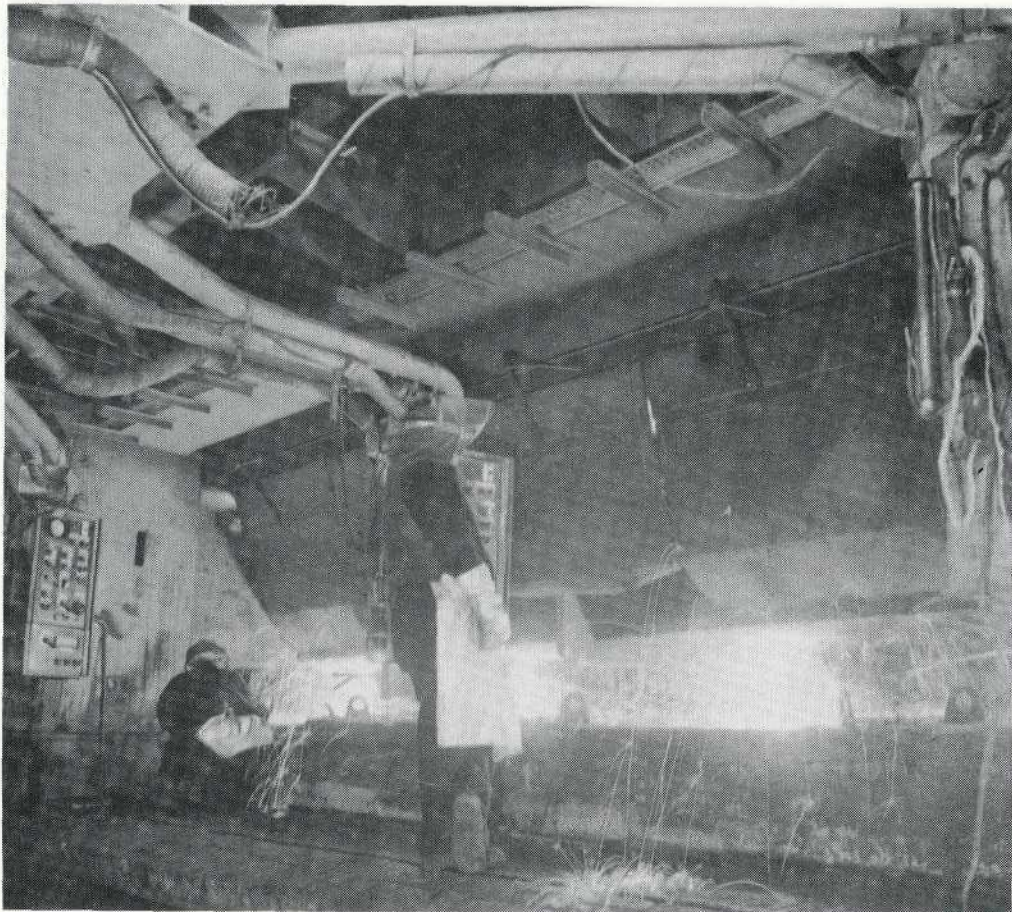


Figure 11.3 Coulée dans la lingotière

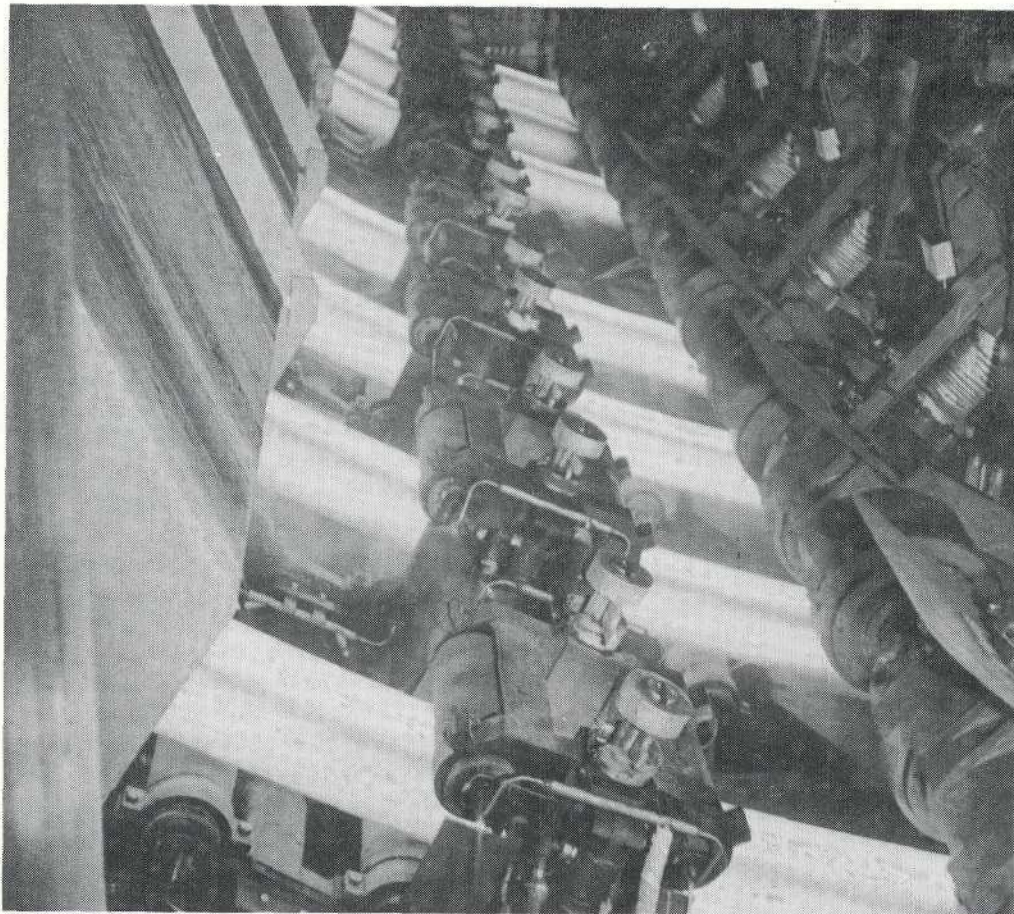
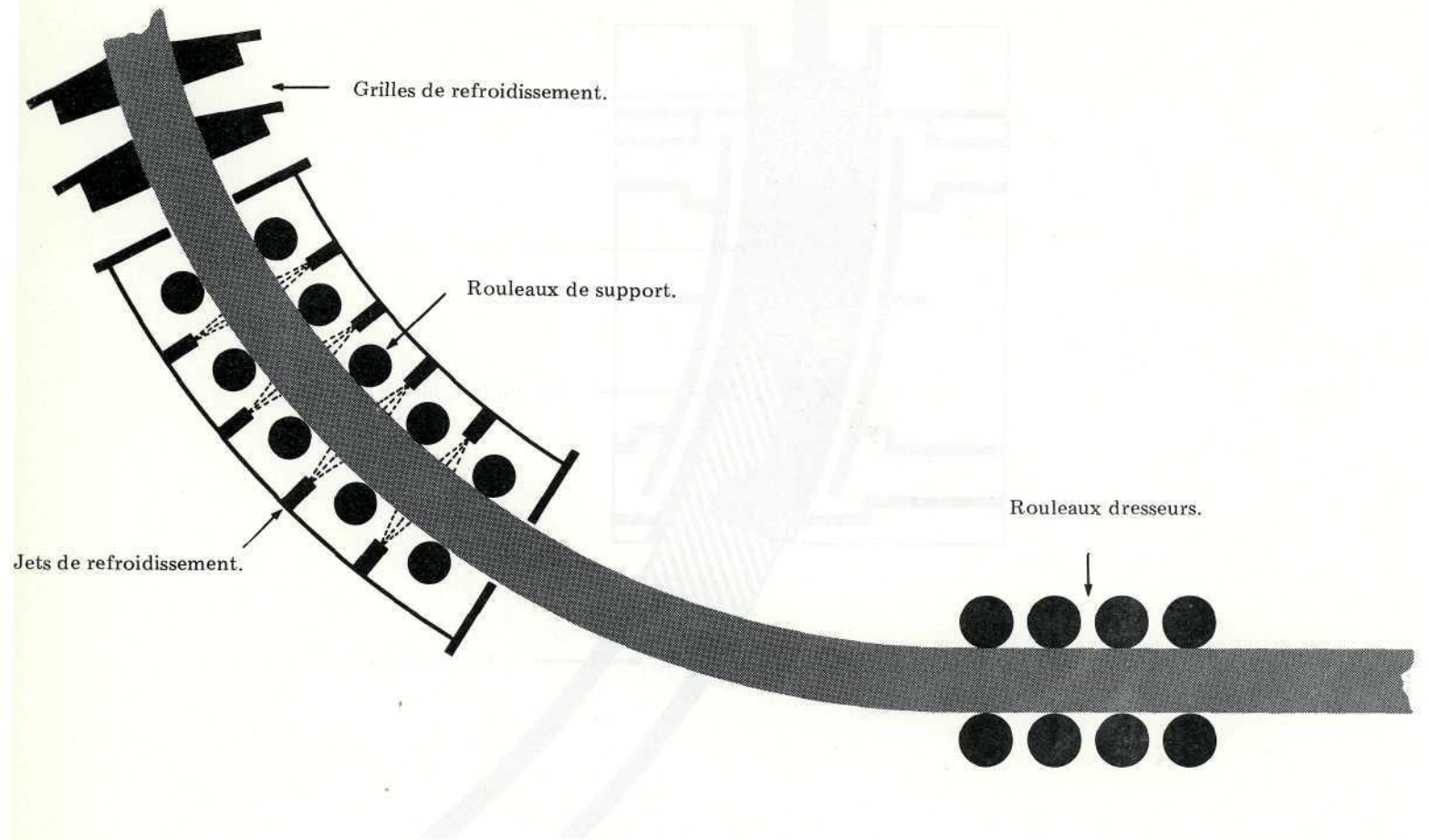


Figure 11.4 Grille de refroidissement et cage entraineuse.

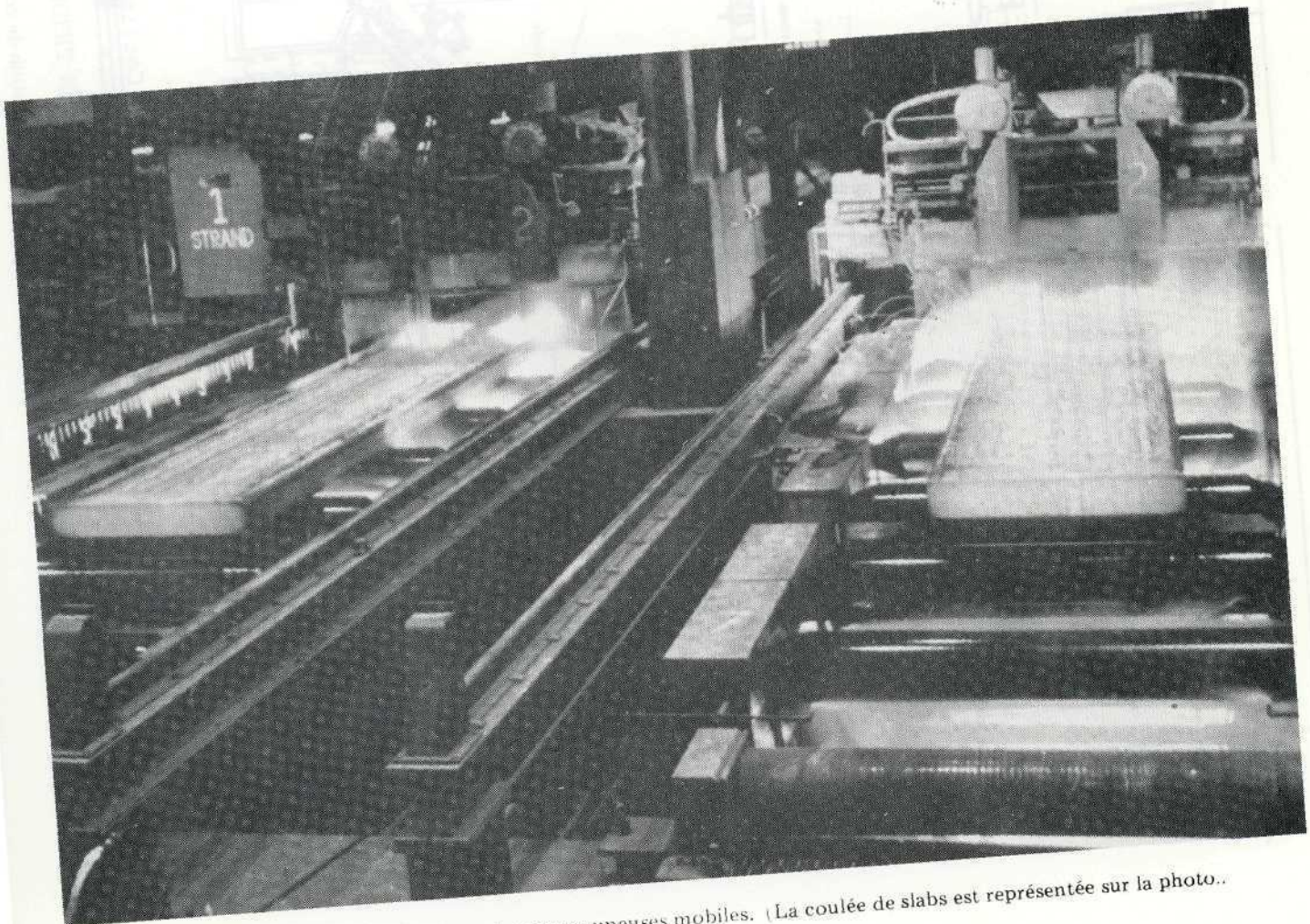
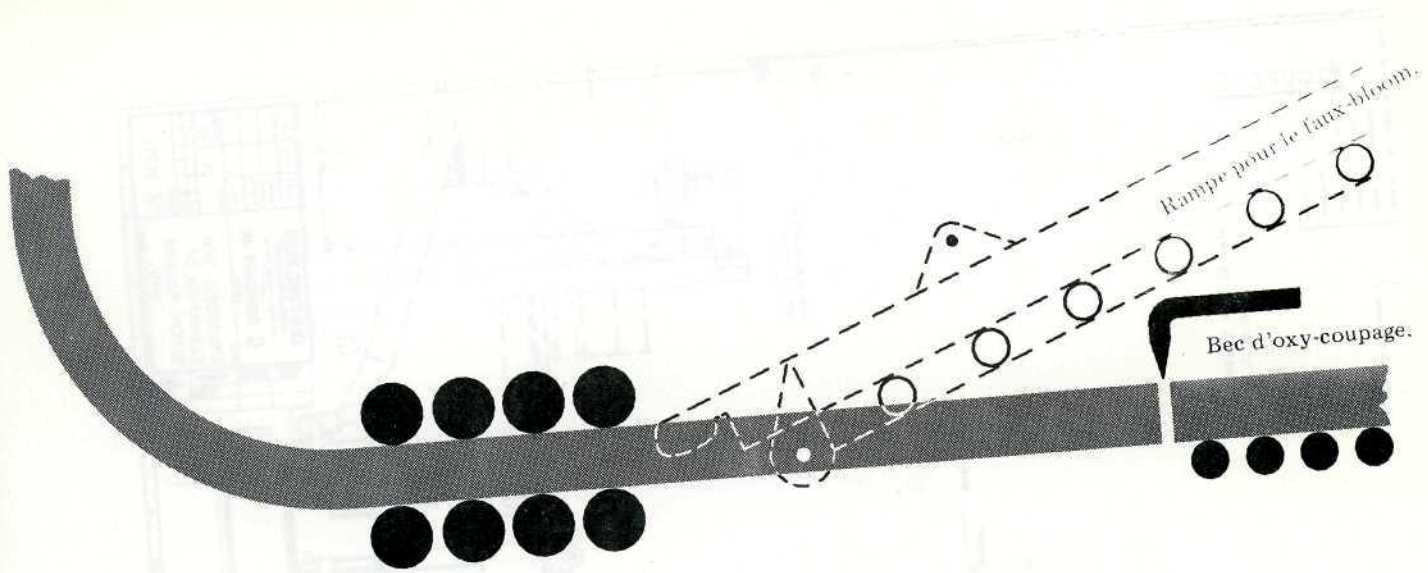


Figure 11.5 Découpage à dimensions par des oxy-coupeuses mobiles. (La coulée de slabs est représentée sur la photo., celle de blooms a rails est identique).

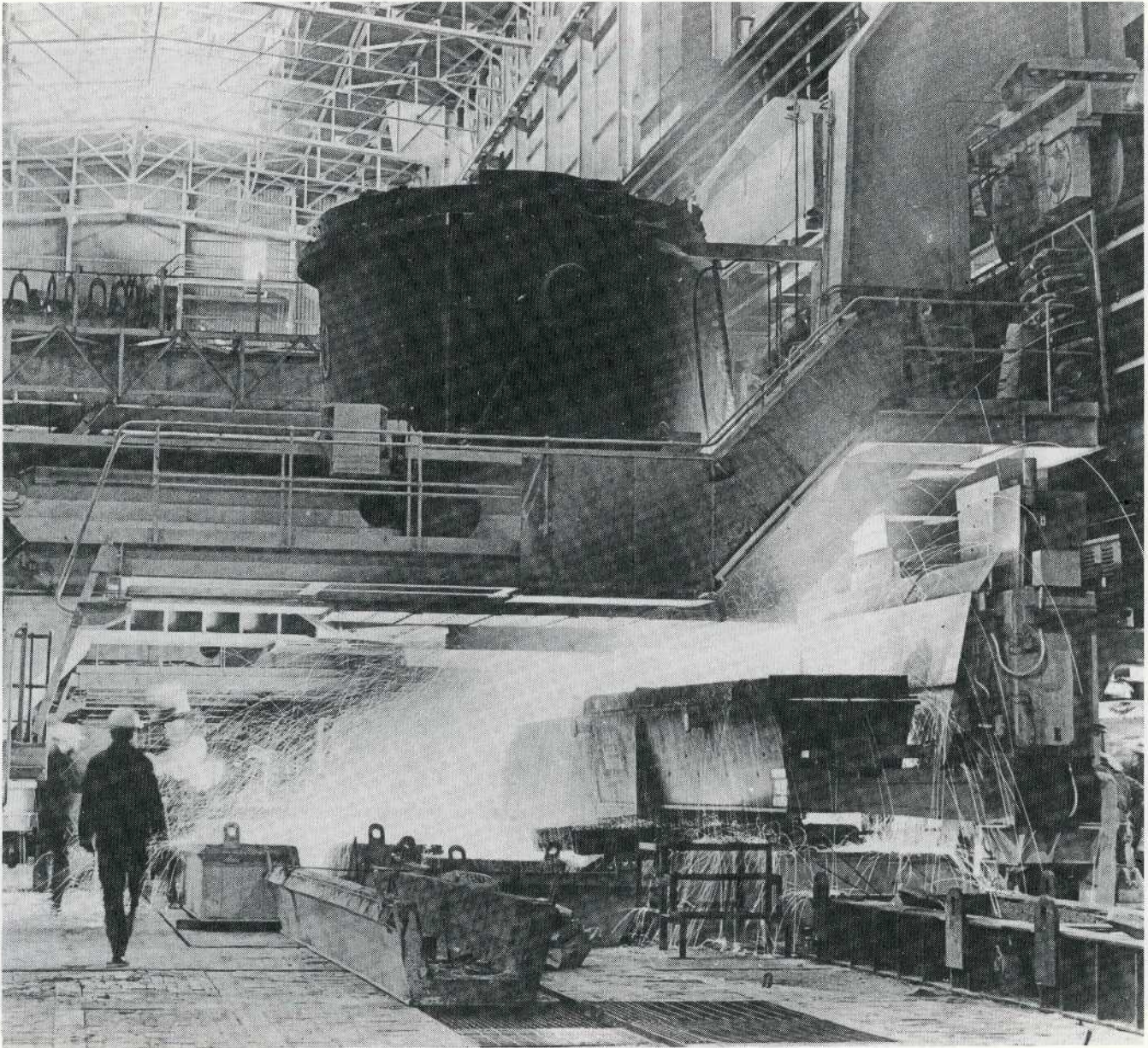


Figure 11.7 Vue du hall de coulée des blooms.



Figure 11.8 Blooms à rails de coulée continue ayant une section de 330 x 254 mm.

Au début de la coulée, un faux-bloom obture le fond de chaque lingotière et sert d'amorce pour l'extraction de la veine de métal solidifié.(fig.11.3)

Le faux-bloom et la veine qui s'y accrochent passent dans les cages entraînuses (fig.11.4) qui les tirent ou les freinent et les décintrent et où s'opère l'aspersion contrôlée d'eau (0,75 l/kg de métal). Les blooms passent ensuite dans les rouleaux dresseurs d'où ils sortent parfaitement rectilignes. Ils sont coupés à dimensions par des oxy-coupeuses mobiles automatiques (fig.11.5) et dirigés vers le refroidisseur. Après refroidissement complet, les blooms sont dirigés vers les différents laminoirs (Shinningrove, Cargo Fleet et Workington de la British Steel Corporation) où ils sont réchauffés et laminés en produits finis. La fig.11.6 montre une élévation de l'installation de coulée continue de Lachenby, fig.11.7 la vue du hall de coulée et fig.11.8 les blooms à rails de section 330 x 254 mm.

11.2. Le laminage

Les procédés de laminage ne vont pas évoluer sensiblement au cours des années à venir.

La mise en oeuvre de la coulée continue nécessitera toutefois la construction de fours de réchauffage de capacité appropriée en amont du laminoir.

11.3. Le parachèvement et la réception

Etant donné le rythme de la production engendré par la coulée continue, on sera amené de modifier le parachèvement et la visite des rails.

La procédure discontinue qui est actuellement d'usage courant est très coûteuse en main-d'oeuvre.

Certaines usines, notamment en Allemagne, étudient présentement le moyen de rationaliser ce stade de leur fabrication.

En effet une fabrication "en continu" ne peut se concevoir que si l'on intercale un appareillage permettant d'effectuer automatiquement, outre la vérification de la santé interne, comme c'est le cas actuellement, le repérage des anomalies dimensionnelles ainsi que des défauts de surface.

Les caractéristiques mécaniques devraient également être déterminées en continu en partant des éléments d'analyse recueillis au cours de l'élaboration du métal.

Spécification	Procédé d'élaboration de l'acier	Propriétés mécaniques		Analyse chimique en %							Poids métrique kg/m
		résistance à la rupture N/mm ²	allongement %	C	Si	Mn	P	S	Cr		
	fer puddlé	350	10	0,02	0,37	0,07	0,36	0,05			19
UIC 860 - O Europe	qualité ordinaire	690 à 830	$\delta_5 \geq 14$	0,40/0,60	$\leq 0,35$	0,80/1,20	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	—		
BS 11 Angleterre	acier à l'oxygène	≥ 710	$\delta_5 \geq 11$	0,50/0,60	0,08/0,20	0,95/1,25	$\leq 0,06$	$\leq 0,06$	—		
JRS Japon	Siemens-Martin	≥ 780	$\delta_5 \geq 10$	0,60/0,75	0,10/0,30	0,70/1,10	$\leq 0,035$	$\leq 0,040$	—		60
GOST 6944-63 GOST 8160-63 USSR	Siemens-Martin	≥ 820 ≥ 820	$\delta_{10} \geq 4$ $\delta_{10} \geq 4$	0,67/0,80 0,69/0,82	0,13/0,28 0,13/0,28	0,75/1,05 0,75/1,05	$\leq 0,035$ $\leq 0,035$	$\leq 0,045$ $\leq 0,045$	—		51,5 64,6
ASIM USA, Canada		—	—	0,67/0,80 0,69/0,82	0,10/0,23 0,10/0,23	0,70/1,00 0,70/1,00	$\leq 0,04$ $\leq 0,04$	—	—		45,5/60 ≥ 60
UIC 860 V Europe	A B C	≥ 880 ≥ 880 ≥ 880	$\delta_5 \geq 10$ $\delta_5 \geq 10$ $\delta_5 \geq 10$	0,60/0,75 0,50/0,70 0,45/0,65	$\leq 0,5$ $\leq 0,5$ $\leq 0,4$	0,80/1,30 1,30/1,70 1,70/2,10	$\leq 0,05$ $\leq 0,05$ $\leq 0,03$	$\leq 0,05$ $\leq 0,05$ $\leq 0,03$	—		
Qualités spéciales.											
USA Japon KRUPP	Si-Mn acier Si-Mn acier Si-Mn acier	— — ≥ 990	— — $\delta_5 \geq 10$	0,69/0,82 0,60/0,77 0,67/0,80	0,60/0,95 0,50/0,80 0,70/1,10	0,70/1,00 0,60/0,95 0,90/1,30	— — $\leq 0,04$	— — $\leq 0,04$	—		
KRUPP	Cr-Mn acier	≥ 1080	$\delta_5 \geq 9$	0,65/0,80	0,30/0,90	0,80/1,30	$\leq 0,03$	$\leq 0,03$			0,70/1,20

Figure 11.9 Propriétés mécaniques et composition chimique des aciers à rails.

Avec un tel système, les barres seraient expédiées au fur et à mesure de leur sortie du parc avant que l'on dispose des résultats des essais classiques tels la traction, la macrographie, etc...qui demandent le temps matériel de confectionner les éprouvettes d'essais.

11.4. Les nuances d'acier

Les premiers rails en fer puddlé avaient une résistance de 350 N/mm². Progressivement, on a été amené à utiliser en Europe des rails de qualité courante ayant une résistance à la traction d'au moins 690 N/mm² (70/85 kg/mm²).

Des rails ayant une résistance minimale de 820 N/mm², conformément aux spécifications ASTM et GOST sont utilisés aux Etats-Unis, au Canada et en U.R.S.S.

Des rails naturellement durs de 880 N/mm² (90 kg/mm²) de résistance minimum de qualité A, conformément à la fiche U.I.C. 860-0 sont mis en oeuvre dans les voies en courbe de la S.N.C.B. et aux endroits où les problèmes d'usure sont aigus.

Mentionnons que tous les rails fournis actuellement à la D.B. sont de cette nuance.

Des aciers ayant une résistance de 1 080 N/mm² (110 kg/mm²) ont été développés dans les usines à rails européennes. Ils sont utilisés dans des tronçons très chargés, tels par exemple la ligne du Gottard en Suisse et des voies utilisées pour le transport de minerais.

Des coulées d'essai en acier naturellement dur de résistance minimum de 1 200 N/mm² (130 kg/mm²) ont été élaborées par l'usine de Krupp à Rheinhausen.

Le tableau fig. 11.9 donne un aperçu des caractéristiques mécaniques et des analyses chimiques des aciers naturellement durs qui sont actuellement élaborés dans différents pays.

Certains pays, tels les Etats-Unis et le Japon ont cherché à augmenter la dureté du métal par des traitements thermiques appropriés. Les deux voies adoptées, l'utilisation d'alliages spéciaux ou les traitements thermiques, semblent avoir atteint un niveau de dureté tel qu'il n'est plus envisageable d'aller encore beaucoup plus loin dans cette direction.

Le marché des rails de dureté exceptionnelle de 1 080 N/mm² (110 et 130 kg/mm²) étant limité d'une part et les problèmes engendrés par la soudure de rails traités thermiquement n'ayant pas encore trouvé de solution satisfaisante, d'autre part, les réseaux confrontés avec des problèmes d'usures anormales se tournent de préférence vers les aciers alliés.

Après un tel système, les parties seraient exposées au feu et à des
vires de leur sortie du port-avant que l'on dispose des réserves des
essais classiques tels la traction, la compression, etc., qui de-
pendent le temps matériel de construction les éprouvettes d'essai.

11.4. Les machines d'acier

Les premiers rails en fer puddlé avaient une résistance de
350 N/mm². Progressivement, on a été amené à utiliser en Europe
des rails de qualité supérieure ayant une résistance à la traction
d'un ordre de 500 N/mm² (70/85 kg/mm²).

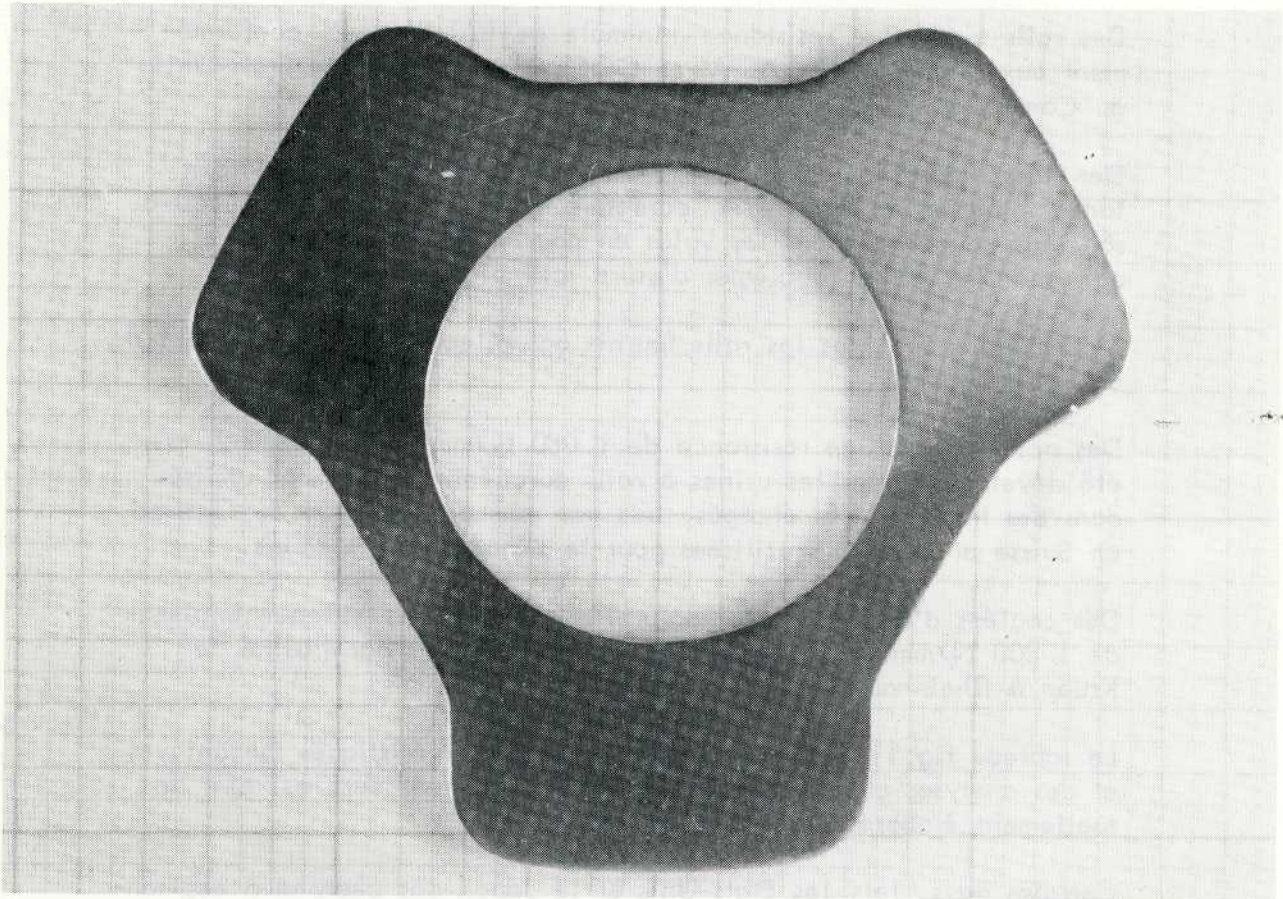


Figure 11.10 Section de rail extrudé
Andrienne à trois champignons.

Le fer puddlé de métal
Les deux rails ont été
travaux dans le niveau de durée
tel qu'il n'est plus envisageable d'aller encore beaucoup plus loin
dans cette direction.

La traction des rails de durée exceptionnelle de 1 000 N/mm²
(110 et 130 kg/mm²) est limitée d'une part et les rails en
général par la solution de cette traction. L'augmentation n'est pas
encore possible de solution technique, d'une part, les rails
confortés avec des profils d'acier laminés se trouvent de
préférence vers les aciers alliés.

C'est la solution adoptée par les usines allemandes qui ne disposent pas d'installation de traitement thermique.

En U.R.S.S. et aux U.S.A. par contre, les rails de 1 080 N/mm² (110 kg/mm²) de résistance sont obtenus uniquement par traitement thermique.

11.5. Le profil

Au chapitre traçant l'historique des profils mis en oeuvre depuis la naissance du chemin de fer jusqu'à nos jours, nous avons pu nous rendre compte du chemin parcouru.

C'est finalement le profil inventé par l'ingénieur américain VIGNOLE qui s'est avéré le meilleur. Toutes les innovations, même celle du rail extrudé à trois champignons (fig. 11.10) inventée par notre ingénieur ANDRIANNE n'ont pas donné les résultats escomptés.

Le rail Vignole de 50 kg/m sera progressivement remplacé par le profil U.I.C. 60 qui armera les voies à trafic important.

Le nouveau profil U.I.C. 71 et les profils P.S.155 et A.R.E.A.136 qui sont actuellement utilisés aux Etats-Unis, semblent couvrir présentement les besoins des trafics les plus lourds, tels ceux des voies minières.

11.6. Evolution des moyens de production dans le bassin lorrain

La crise économique qui sévit actuellement donne lieu à un vaste programme de restructuration et de rationalisation.

C'est dans cette optique que l'on a fermé les minières non-rentables et que les hauts-fourneaux vétustes ont été arrêtés.

L'aciérie de Rodange est actuellement alimentée en fonte liquide en provenance des hauts-fourneaux modernes de l'ARBED.

L'arrêt de l'aciérie de RODANGE est prévu pour fin 1979.

A ce moment, le train à rails sera alimenté en blooms venant de l'ARBED et réchauffés dans un four à longerons Stein.

Si la conjoncture devenait favorable, on pourrait envisager de construire une unité centrale de coulée continue alimentant tous les laminoirs à rails de la Lorraine et du Luxembourg.

12. Conclusions

Au terme de cet exposé, le lecteur a pu apprécier l'évolution remarquable du rail au cours des 145 années d'existence du chemin de fer belge.

Résumons brièvement les différentes étapes qui ont été développées dans les chapitres précédents.

Le profil, initialement à ventre de poisson, puis à bords parallèles, ensuite à double champignon, est devenu le rail Vignole toujours utilisé de nos jours.

Le poids métrique se situant au début à 19 kg/m, était de 37 kg/m pour les premiers rails Vignole et atteint présentement 60 kg/m.

Le métal de nos premiers rails était constitué par du fer puddlé, bientôt supplanté, dès 1879, par l'acier fondu Bessemer. Ce dernier fut à son tour remplacé par l'acier Thomas qui, lui-même fit place à l'acier soufflé à l'oxygène.

D'autre part, les nuances successives des aciers mis en oeuvre ont donné des duretés croissantes.

Si au départ, le fer puddlé offrait une résistance de 392 N/mm² (40 kg/mm²), la dureté du métal se situe actuellement à 690 N/mm² (70 kg/mm²) pour les rails courants et 880 N/mm² (90 kg/mm²) pour les rails naturellement durs. On élabore déjà des aciers à 1 200 N/mm² (130 kg/mm²) pour des rails posés en des endroits où l'usure est intense.

Au fil des années, les capacités de production des laminoirs ont également progressé : d'une part la longueur des barres, initialement de 4,57 m est passée à 27 m et pourrait être portée à 60 m si le besoin s'en faisait sentir; d'autre part, les quantités laminées au cours d'une même campagne, jusqu'à la limite d'usure d'une paire de cylindres, peuvent atteindre 1 200 t.

Le regroupement des unités de production de rails ont permis aux ensembles actuellement en activité de disposer de lignes de fabrications parfaitement équipées.

L'acier lui-même est produit par de grosses entités à haute productivité parfois très distantes des usines à rails; celles-ci d'ailleurs se transforment progressivement en unités de relaminage, au départ de blooms froids.

La coulée continue est déjà utilisée en Europe, notamment en Angleterre et en Suède pour la fabrication de rails.

L'adoption de ce procédé dans le bassin lorrain pourrait engendrer de nouvelles mutations.

Les spécifications techniques régissant les fournitures de rails ont suivi pas à pas les progrès de la technique.

La dernière fiche U.I.C. 860 a été mise à jour le 01.01.1979 pour tenir attachement des nouvelles techniques et notamment de la coulée continue.

Les procédés modernes d'élaboration de l'acier, contrôlés par des appareillages puissants d'analyse en temps réels, permettent de garantir la qualité intrinsèque et la régularité de la nuance de l'acier produit. Les contrôles continus de la santé interne du métal de toutes les barres laminées par les méthodes ultra-sonoscopiques assurent en permanence le niveau qualitatif désiré de la production.

Ce mode opératoire doit en principe écarter les rails susceptibles de bris et avaries en service résultant de défauts internes.

Certaines usines européennes étudient des appareillages qui permettraient d'enregistrer les variations dimensionnelles du profil dans la barre.

Les bris et avaries de rails ont toujours été une source de soucis pour les ingénieurs responsables de la sécurité du trafic.

Les divers défauts inhérent à la fabrication ou résultant de la fatigue en service, ont été, grâce aux travaux de l'O.R.E., parfaitement répertoriés et codifiés.

La fiche U.I.C. 712 comprend le catalogue des défauts et la fiche de retrait unifiés.

Partant de cette base, les réseaux sont en mesure de comparer les résultats de la tenue en service de leurs propres rails et peuvent fournir le "feed back" nécessaire aux producteurs en vue de leur permettre l'étude des améliorations souhaitables.

En dehors des fluctuations monétaires, l'effet sur les prix dû à l'ascendance dans le temps de la courbe de productivité des usines à rails est symptomatique et incontestable, du début du chemin de fer à nos jours.

En monnaie actualisée, la variation du coût de la tonne de rails, va de 36 000 F en 1834, 14 939 F en 1880, 12 750 F en 1900, 11 648 F en 1920, 13 760 F en 1960 pour atteindre 12 750 F en 1978.

Le montant annuel des achats de rails à la S.N.C.B. s'élève à plus de 500 millions de francs, il varie évidemment en fonction des programmes de renouvellement établis par le service de la Voie.

Cette évolution se poursuivra-t-elle à l'avenir ?

Des modifications transcendantes à court terme tant dans le mode d'élaboration de l'acier que du profil ou des nuances sont peu probables.

Mais l'évolution se poursuivra malgré tout inexorablement et nécessitera des nouvelles adaptations si le rail veut survivre à la concurrence des autres modes de transport.

- Les vitesses des convois seront encore relevées, nécessitant une plus grande régularité de la géométrie du profil;
- Les charges par essieux augmenteront également, ce qui accroîtrait à nouveau les tensions internes dans le rail;
- La recherche de réduction des coûts d'infrastructure sera certes poursuivie et pourra être notamment obtenue par l'espacement des renouvellements.

Ces impératifs impliqueront des exigences accrues en matière de résistance à l'usure, une meilleure tenue à la fatigue et une susceptibilité moindre à la rupture fragile.

Les efforts conjugués des producteurs et des utilisateurs devront converger en vue d'assurer au rail une meilleure tenue en voie, d'accroître le confort du roulement et particulièrement de concourir à une sécurité et une régularité renforcée de nos transports.

L'amélioration de la santé du métal enregistrée ces dernières années, la mise en oeuvre du profil 60 kg/m assurant une meilleure transmission des contraintes que le profil 50 kg/m, jointes à la suppression des joints par la généralisation des longs rails soudés, sont incontestablement des étapes marquantes qui permettront d'atteindre les objectifs assignés.

Un long avenir lui est certainement encore réservé et la recherche de toute amélioration, si minime soit-elle, doit néanmoins être poursuivie sans relâche.

Bruxelles, le 15 septembre 1979.

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes. The signature is positioned below the date and is underlined with a single horizontal line.

LA NAISSANCE D'UNE UNITE DE RELAMINAGE DE BLOOMS A RAILS.

Depuis 1978, la Métallurgique et Minière de Rodange-Athus a successivement arrêté :

- l'extraction du minerai de fer de ses minières;
- ses hauts-fourneaux obsolètes;
- l'aciérie Thomas et la cornue LD.

Les mélangeurs mis hors service ainsi que le hall qui les abritaient ont été démolis fin 1979 pour libérer l'emplacement où l'on allait ériger le nouveau four à réchauffer les blooms.

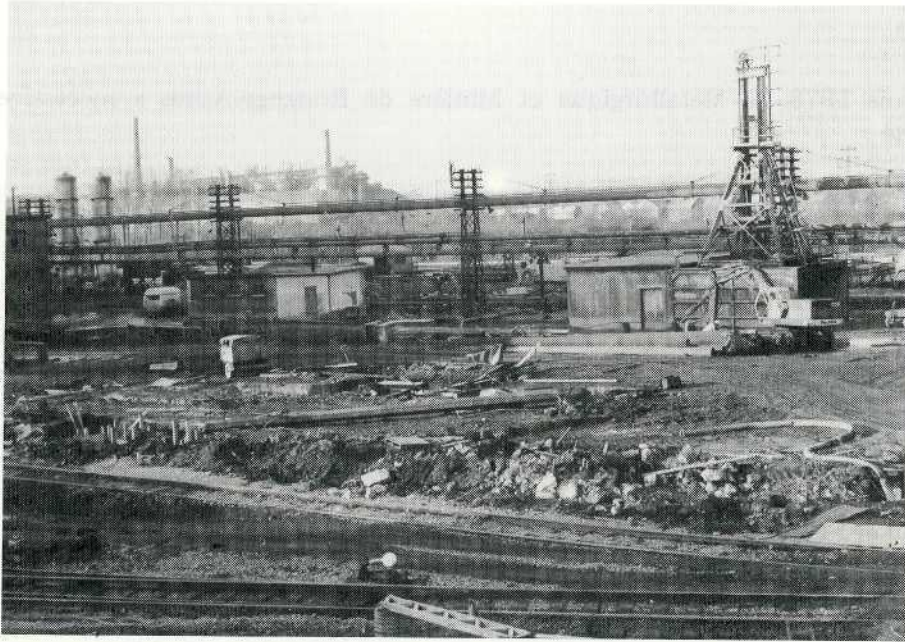
Celui-ci a été mis en service en avril 1980.

Les images qui suivent illustrent les diverses phases de la rénovation de cette section de l'usine. En regard, la phase des travaux et les installations en ordre de marche.

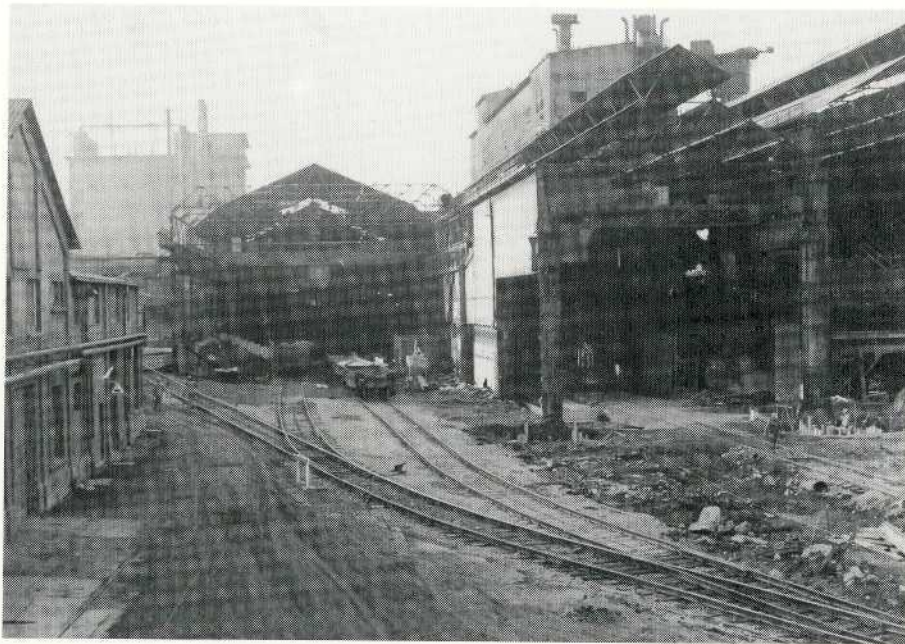


Les images qui suivent illustrent les diverses phases de la rénovation de cette section de l'usine. En regard, la phase des travaux et les installations en ordre de marche.

LA NAISSANCE D'UNE UNITÉ DE RÉPARATION DE WAGONS À RAILES



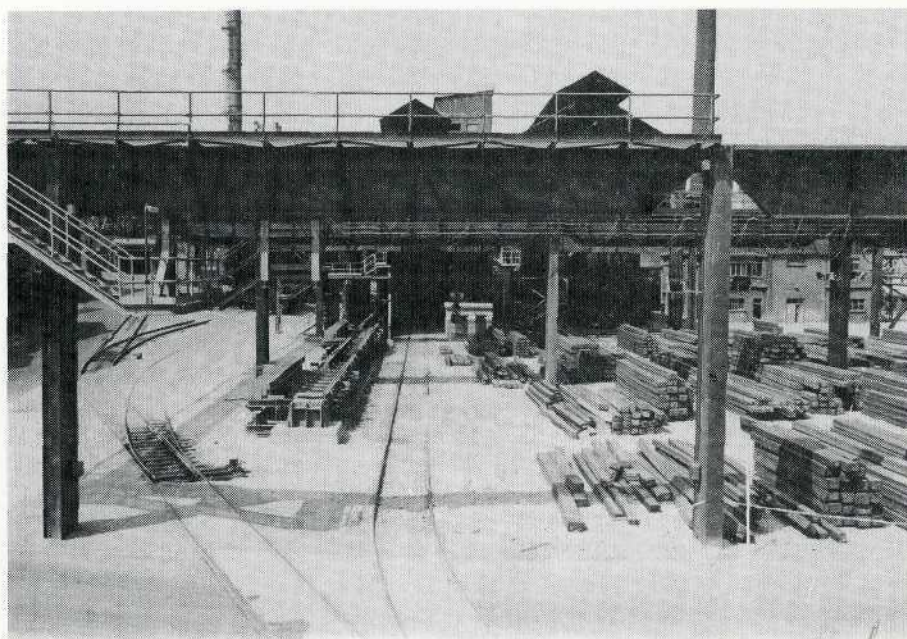
Le chantier vu du côté de l'ancien mouton de choc.



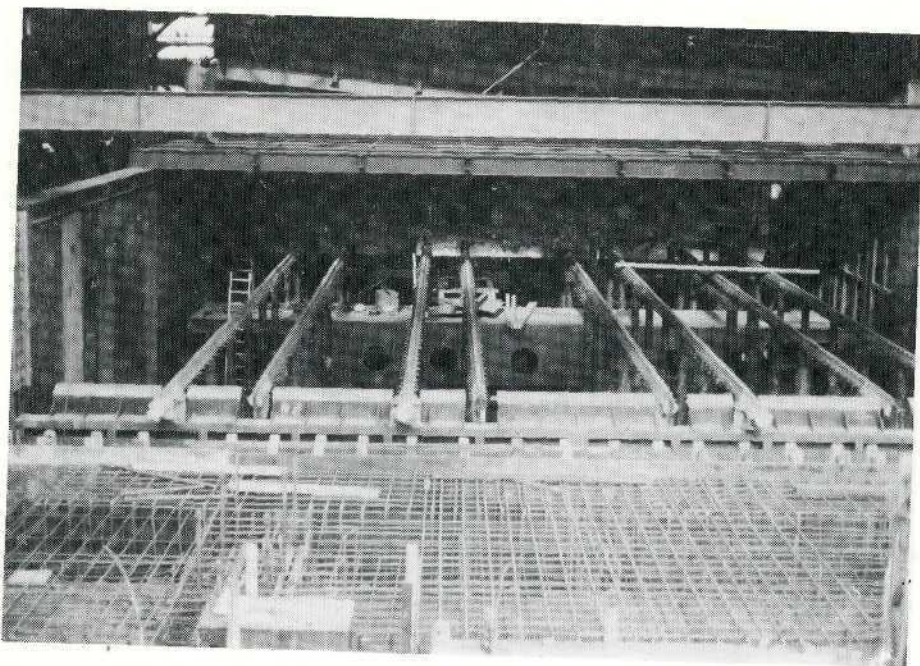
Le chantier vu du côté mélangeur et du parc à ferrailles.



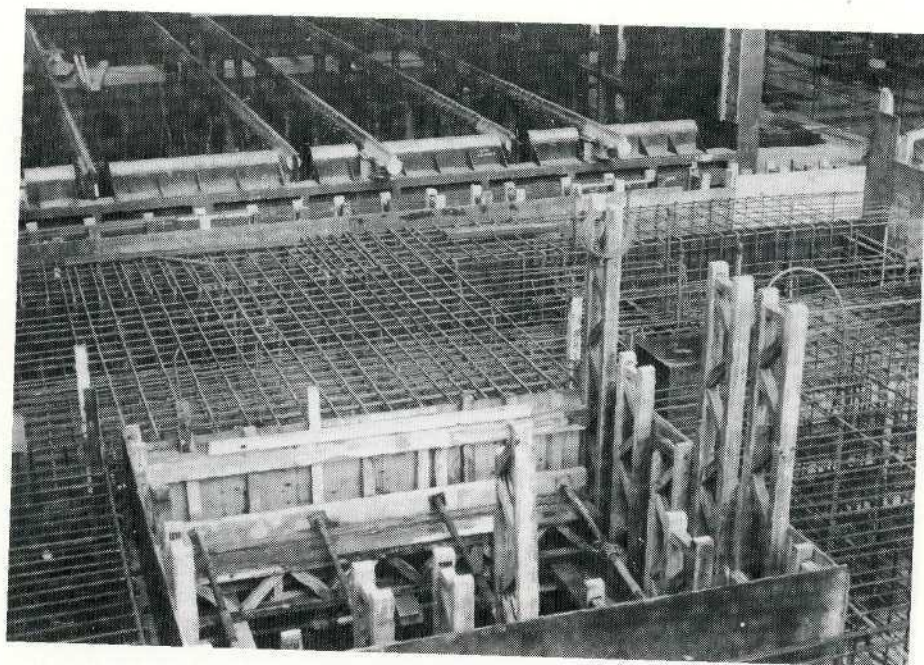
Le parc à blooms après les travaux.



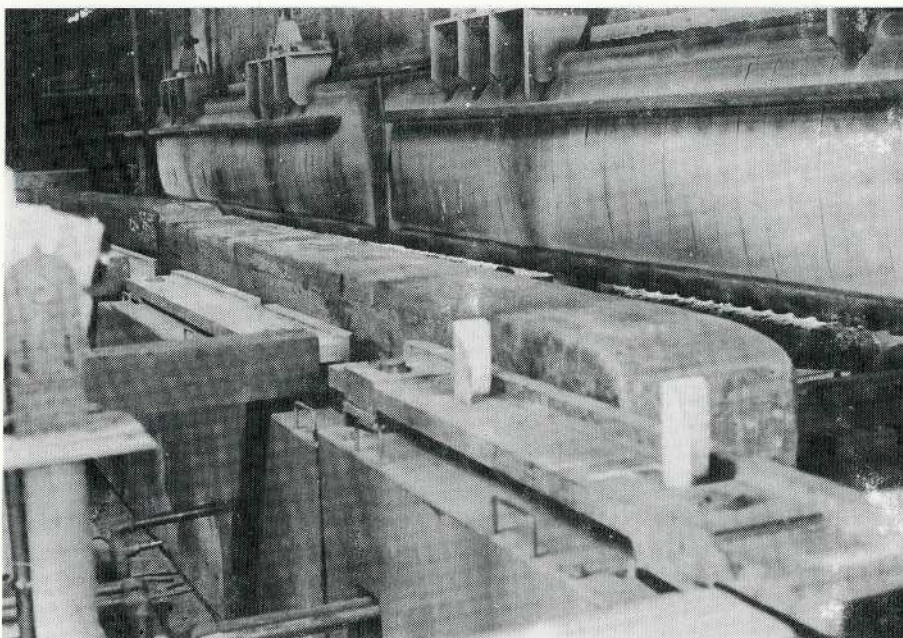
Vue du chemin de roulement amenant les blooms froids stockés sur le parc au four à réchauffer.



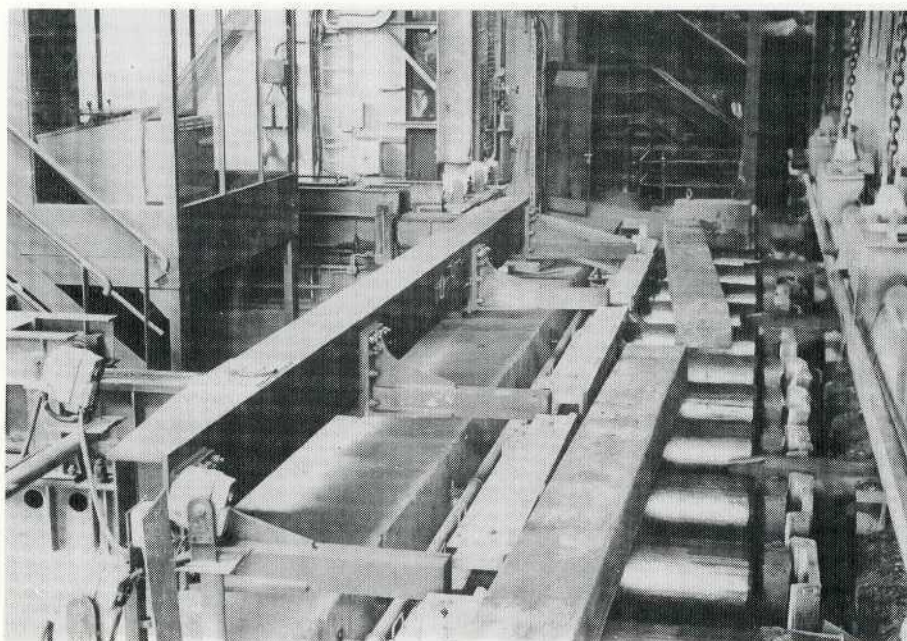
Les fondations du four à rechauffer du côté de l'enfournement.



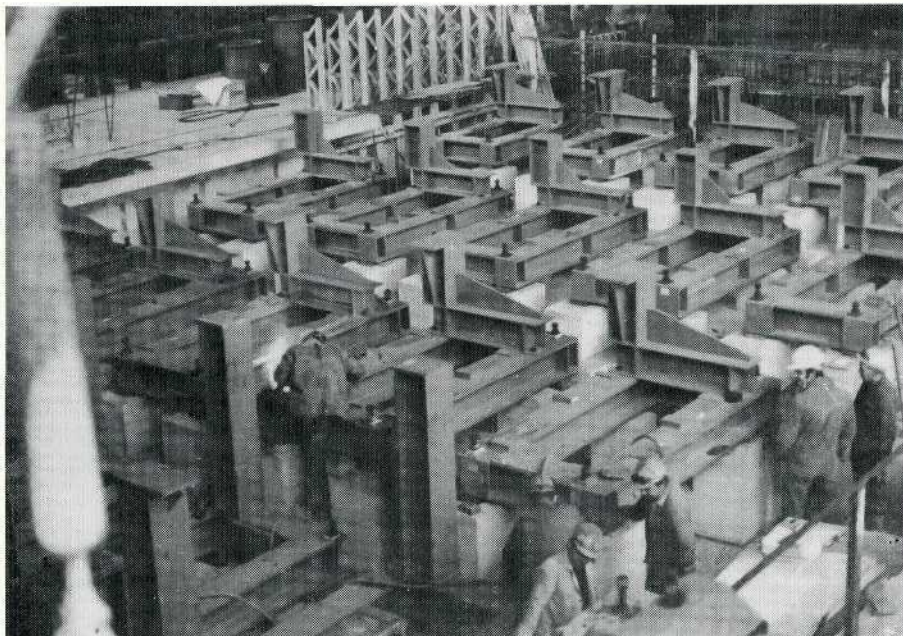
Les fondations de la cabine de commande de l'enfournement et de l'aire entre le four et celle-ci.



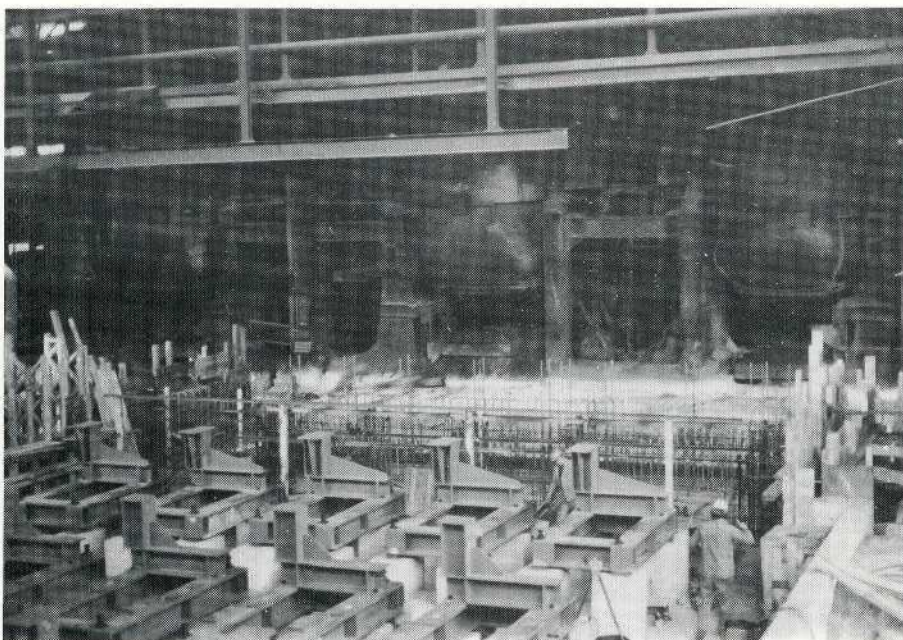
Blooms froids en attente devant les trappes d'enfournement.



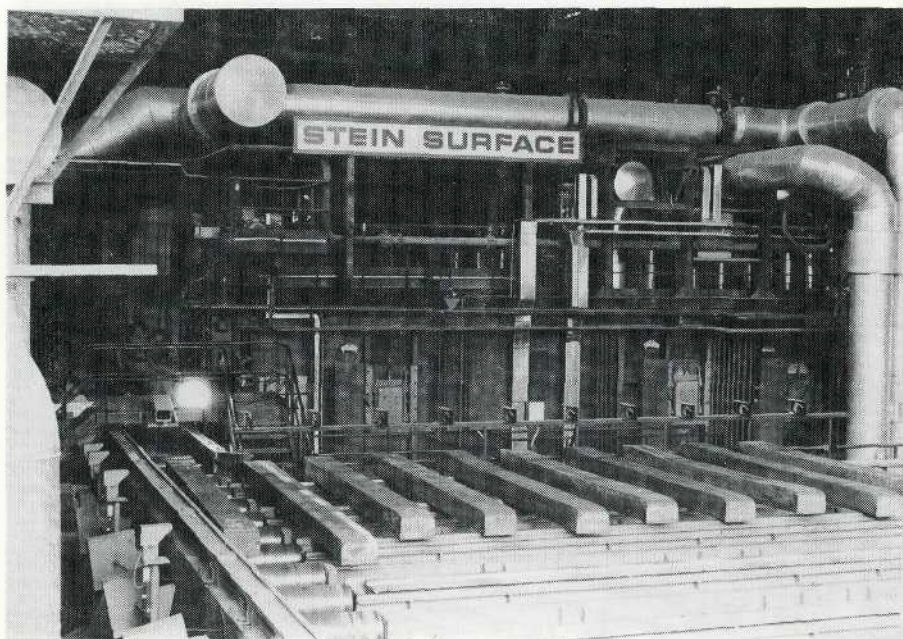
Vue de la cabine de commande de l'enfournement et du chemin de roulement amenant les blooms froids devant les trappes d'enfournement.



Fondations de l'aire d'attente des blooms froids.



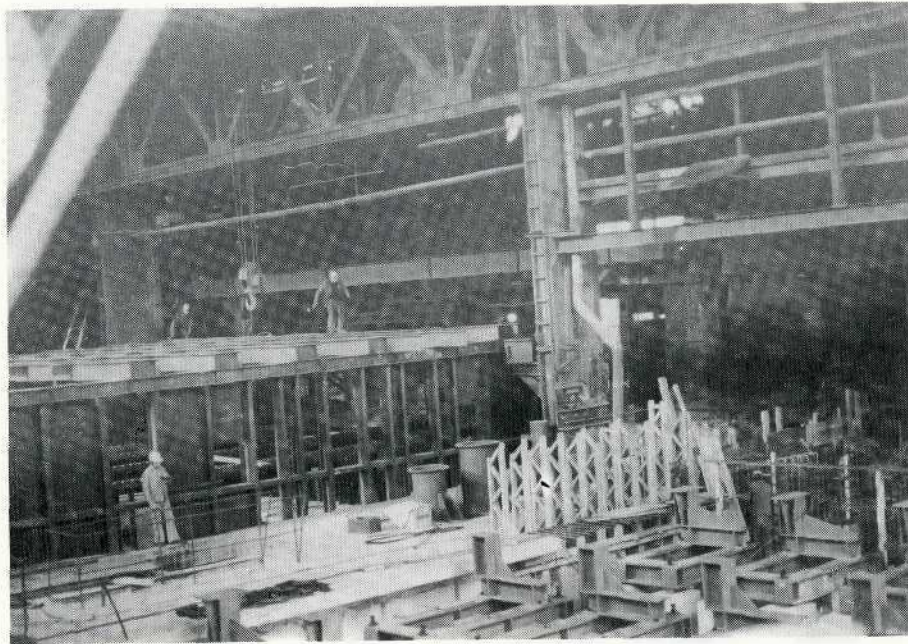
Fondations de la cabine de commande du defournement des blooms avec, a l'arriere plan, les anciens convertisseurs Thomas en cours de démolition.



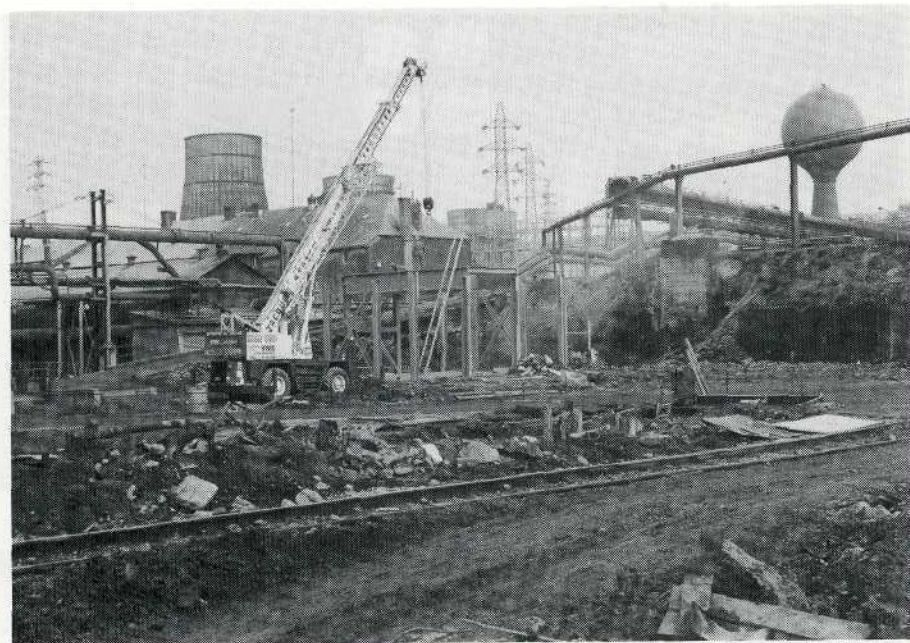
Blooms froids en attente devant la face longitudinale du four.



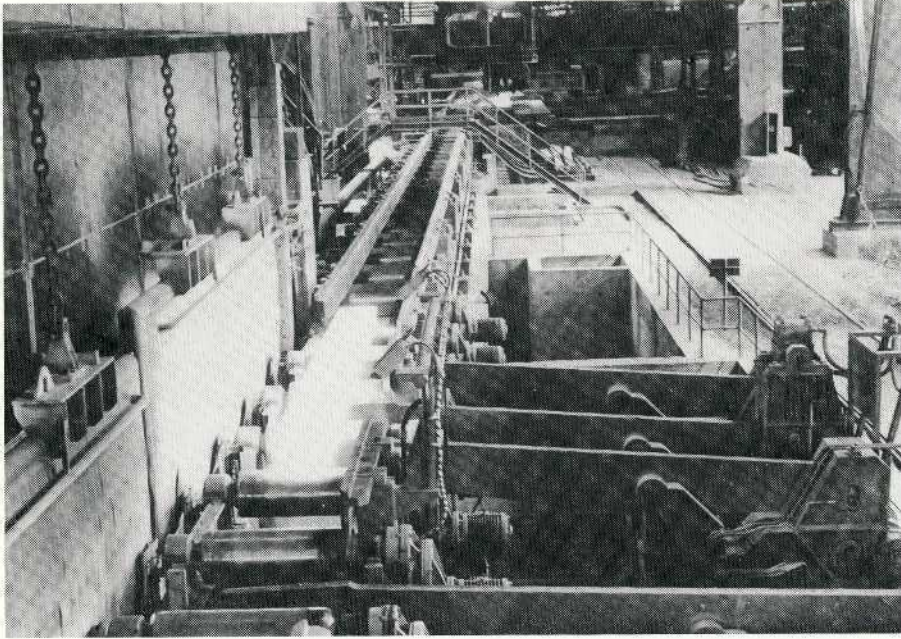
Intérieur de la cabine de commande du défournement des blooms chauds. Vue en direction des trappes de défournement.



Construction de la paroi longitudinale du four.



Mise en place de l'ossature du mouton de choc.



Sortie d'un bloom chaud qui est dirigé vers le blooming pour y être laminé en rails comme antérieurement. Cadence de sortie toutes les 3 minutes.



Vue extérieure du nouveau mouton de choc.

POST-SCRIPTUM

"L'internationale Schienentagung 1979" a organisé des conférences les 18 et 19 octobre 1979 à Heidelberg, en présence d'une centaine de spécialistes, délégués des producteurs et des utilisateurs de rails provenant non seulement de tous les pays européens, mais aussi de l'Afrique du Sud. Elles permirent des échanges de vue très intéressants relatifs aux derniers développements des techniques afférentes aux rails.

Certaines lignes directrices importantes peuvent en être dégagées, elles s'apparentent toutes dans un concept commun.

L'ensemble des grands réseaux s'oriente résolument vers l'augmentation des vitesses en construisant de nouvelles lignes dont le tracé a été conçu pour permettre la circulation de trains de voyageurs à la vitesse de 250 km/h et de marchandises à 120 km/h.

En France : la ligne Paris-Lyon longue de 430 km (mise en service prévue 1982).

En Italie : la direttissima Rome - Florence, longue de 254 km.

En Yougoslavie : la ligne Belgrade - Bar, longue de 476 km.

En Allemagne :

pour 1990, on prévoit la mise en service de trains T.E.E. et Inter-City circulant à 200 km/h sur les nouvelles lignes à construire entre :

Mannheim - Stuttgart
Hanovre - Würzburg
Cologne - Gross-Gerau.

L'augmentation de la vitesse à 250 km/h après cette date correspondra avec la mise en service de nouvelles lignes entre

Rastatt - Offenburg
Offenburg - Bâle
Stuttgart - Munich

Elles seront équipées de rails du profil U.I.C.60 dans la nuance d'acier à 880 N/mm² ou encore celle à 1 100 N/mm² aux endroits fortement sollicités.

L'acier à rail élaboré actuellement est presque exclusivement soufflé à l'oxygène pur. La coulée continue gagne de plus en plus de terrain; c'est ainsi que des quantités importantes de rails sont laminés hors de blooms issus de la coulée continue et notamment :

- L'usine suédoise de Domnarvet en Suède fabrique 100% des rails destinés au chemin de fer suédois.
- Lachenby livre 90% des rails de la B.R.
- La Thyssen Hütte de Duisburg fabrique depuis peu des blooms à rails à partir de coulées continues.

5 000 tonnes de tels rails ont été posés à titre d'essai par la D.B. et les N.S. en ont acquis 500 tonnes.

- La Highveld Steel Cie en Afrique du Sud fabrique depuis 12 ans des rails suivant les mêmes errements et 60 000 tonnes en ont été posés sur les lignes du réseau d'Afrique du Sud.
- La S.N.C.B. a également posé quelques longueurs de rails à titre d'essai dans ses voies.

Il faut mentionner qu'une unité de coulée continue ne se justifie que pour une production de \pm 70 000 tonnes de blooms à rails par mois.

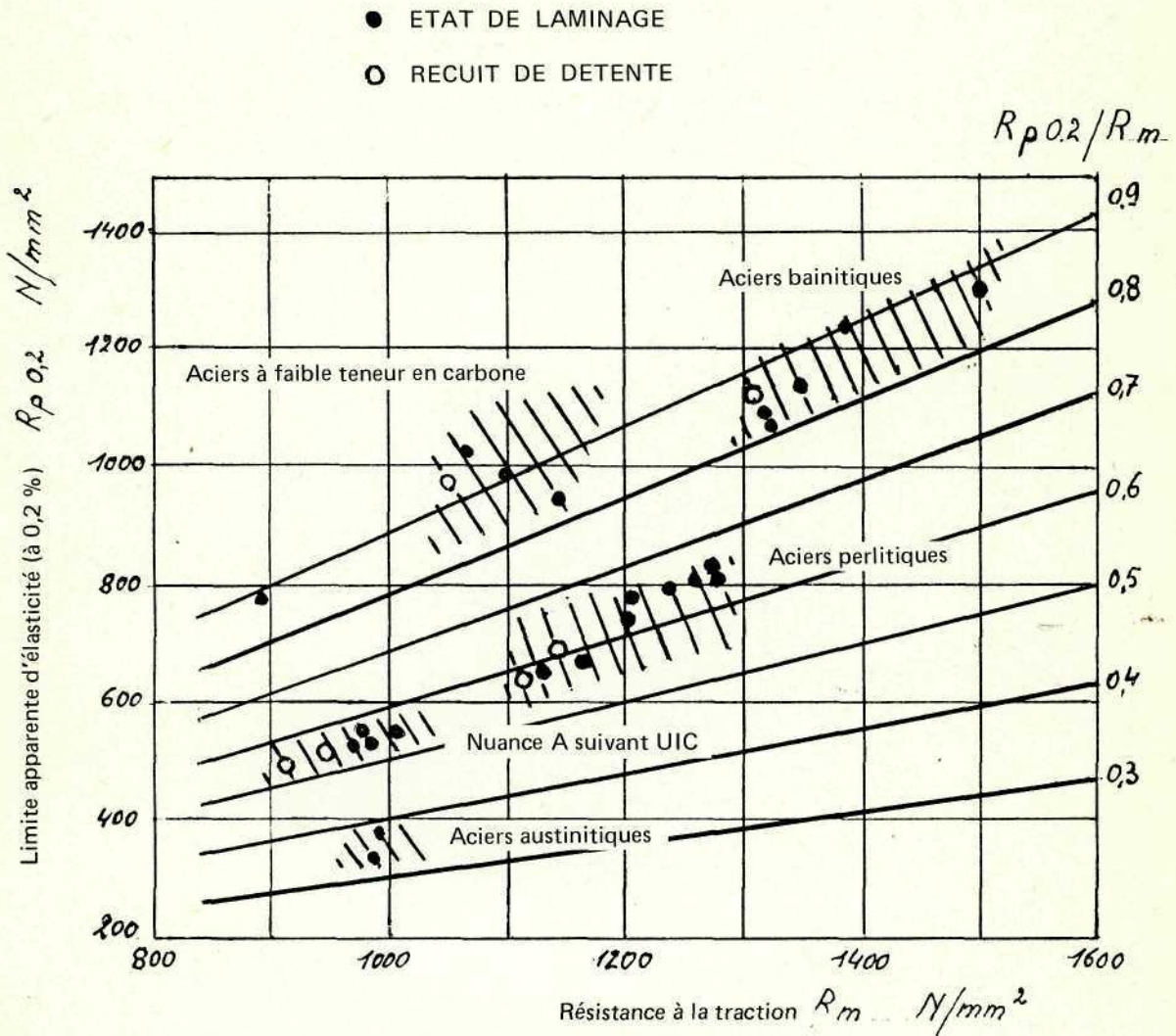
- L'usine Krupp de Rheinhausen a mis de nouveaux aciers de qualité naturellement dure au point.

Il s'agit :
- d'aciers perlitiques
- d'aciers bainitiques
- d'aciers à bas carbone
- d'aciers austénitiques (type Hadfield)

Le tableau ci-dessous en donne la composition :

	Aciers perlitiques	Aciers bainitiques	Aciers à bas carbone	Aciers austénitiques
Analyse chimique en %				
C	0,75	0,3	0,07	0,7
Si	0,7	1,0	0,3	0,4
Mn	1,0	0,7	4,5	14,0
Cr	1,0	2,7	-	-
Autres éléments	0,1 V	0,2 Mo	0,5 Mo 0,1 Nb	-

La fig. ci-dessous donne l'allure du diagramme résistance/limite élastique à 0,2 %.



Des rails de ces différentes nuances ont été posés dans des tronçons d'essais.

Il semblerait que les aciers perlitiques et les aciers bainitiques puissent seuls trouver des applications lorsque les conditions de service sont particulièrement sévères.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont collaboré à la réalisation de ce travail.

En particulier la Direction de l'Usine de Rodange qui nous a autorisé à prendre librement les photographies illustrant le présent ouvrage et qui de plus a mis à notre disposition les clichés des planches en couleur.

Nous remercions également nos collègues du bureau d'étude du Service de la Voie qui ont établi les dessins des profils de rails et les schémas illustrant ce mémoire, ainsi que la Direction Générale et le Service Ciné-Photo dont l'aide et les encouragements nous ont facilité la tâche.

Nous voudrions enfin remercier les dames auteurs de l'ordonnancement et de la reproduction du texte ainsi que le personnel de l'Imprimerie qui a excellé dans ce travail assez inhabituel.

BIBLIOGRAPHIE

1. Mémoire à l'appui du projet d'un chemin à ornières de fer à établir entre Anvers, Bruxelles, Liège et Verviers, destiné à former la première section de la nouvelle route d'Anvers à Cologne.

Rédigé en exécution des ordres de Monsieur le Ministre de l'Intérieur, par les ingénieurs des Ponts et Chaussées :

SIMONS et DE RIDDER

Mars 1833

Imprimerie de P.M. DE VROOM,
rue de Louvain , Bruxelles.

2. Travaux Publics en Belgique

Comptes-rendus des opérations effectuées.

Pour satisfaire à l'obligation imposée au gouvernement par l'article 6 de la loi du 1er mai 1834, il a été successivement rendu compte aux Chambres des opérations du Chemin de fer.

Les rapports ci-après ont été publiés :

4 août 1835

1 mars 1837

Concerne la mise en service des divers tronçons.

26 octobre 1837

1 juin 1838

Concerne le rattachement de Namur au système général des chemins de fer belges

26 novembre 1838

12 novembre 1839

Concerne la période de 1830 à 1839.
Le texte de ce document est repris en annexe.

31 décembre 1840

Période 1840 - 41

2 février 1841

Opérations effectuées à la date du 31.12.1840.

2 juin 1842

Période jusqu'au 31.12.1841.

12 avril 1843

Période 1842 - 43. - Historique des projets.

Note : les photos ont été réalisées par l'auteur.

Un rapport annuel a pratiquement été publié jusqu'en 1914, d'abord par le Ministre des Travaux Publics et ensuite par le Ministre du Chemin de Fer, Postes et Télégraphes et ce, en exécution de l'article 6 de la loi du 1er mai 1834.

Le dernier rapport publié concerne la période 1913 - 1914.

(Voir tome 4 - document n° 272)

3. Traité théorique et pratique de la fabrication du fer

B. VALERIUS,

Docteur en sciences et professeur de Chimie Appliquée à l'Ecole Militaire de Bruxelles.

Paris à la librairie scientifique et industrielle de l'Augustin MATHIAS

Quai Malaquais, 15

Bruxelles - 1843.

4. Traité théorique et pratique de la fabrication de la fonte

B. VALERIUS

Leipzig

Editeurs : KIESSLING & Compagnie.

1851

Dépôt Bruxelles

Chez l'auteur, rue de la Montagne, 69

5. Traité complet de Métallurgie en 5 volumes

par le Docteur J. PERCY,

Professeur de l'Ecole des Mines du Gouvernement à Londres.

Traduit sous les auspices de l'auteur avec introduction, notes et appendice par

E. PETITGRAND et A. RONNA, ingénieurs.

Librairie Polytechnique de J. BAUDRY, éditeur

Paris et Liège - 1867.

6. Traité théorique et pratique de la fabrication du fer et de l'acier

B. VALERIUS

Gauthiers - Villars

Quai des Augustins, 55, Paris.

Gustave MAYOLEZ

15, rue de l'Impératrice, Bruxelles.

Gand et Leipzig CLEMM
1875

Deuxième édition originale française publiée d'après le manuscrit de
l'auteur et augmenté de plusieurs articles, par

H. VALERIUS,
Professeur à l'Université de Gand.

7. Traité d'Exploitation des Chemins de fer

A. FLAMACHE et A. HUBERTI

Tome premier 1885

Librairie - Editeur Gustave MAYOLEZ

8. Fabrication et emplois industriels de l'acier

par Louis KNAB

Steinheil Editeur 1889

Rue Casimir Delavigne, Paris.

9. Cours d'Exploitation des Chemins de fer

par Ulysse LAMALLE

Tome III La Voie fascicule I

Deuxième édition 1951

Librairie Universitaire

Ch. Uystpruyst.

10, rue de la Monnaie, Louvain
Dunod, 12, rue Bonaparte, Paris.

10. Petit Historique du rail

Alfred Jacops, Ingénieur principal à la Direction de la Voie de la
S.N.C.B.

Rail et Traction - septembre - octobre 1955.

11. Histoire des Chemins de fer belges

Joseph DELMELLE 1977

Editeur Paul LEGRAIN

72, rue Defacqz
1050 Bruxelles.

12. Historique du rail

Editeur L. CUYPERS, Bruxelles.

13. Historique de la Voie

Au fil du rail par F. LEBBE

XXIV L'Histoire des Chemins de fer en Belgique - 1949.

14. N.V. Nederlandse Spoorwegen

Dienst van Personeelzaken

2e afdeling, sector C

Cursus Bovenbouw - januari 1966.

15. Algemene Metallurgie

Deel I

door Ir Albert DE SY

Gewoon Hoogleraar aan de Rijksuniversiteit te Gent - 1947

Uitgeverij N.V. Standaard Boekhandel

Antwerpen - Brussel - Gent - Leuven

16. Siderurgie en Elektrosiderurgie

Deel II band 1 en 2

door Ir Albert DE SY

Gewoon Hoogleraar aan de Rijksuniversiteit te Gent - 1947

Uitgeverij N.V. Standaard Boekhandel

Antwerpen - Brussel - Gent - Leuven

17. Nouveaux procédés techniques dans l'industrie du fer et de l'acier.

Manuels destinés à la formation du personnel de l'industrie du fer et de l'acier :

Tome 1 - Les appareillages de mesure

Tome 2 - Mécanisation, automatisation et techniques de mesures
dans les hauts-fourneaux

Luxembourg - février 1969

Tome 3 - Nouveaux procédés dans les aciéries

Luxembourg - avril 1971

Tome 4 - Nouveaux procédés dans les laminoirs

Bruxelles - janvier 1972

Commission des Communautés européennes

Office des publications officielles des Communautés Européennes

Luxembourg 1 Case postale 1003

