

# LES PROGRÈS DE LA MÉCANISATION DE L'ENTRETIEN COURANT DE LA VOIE DEPUIS DIX ANS

2959

## Les progrès en matière de meulage

Avant d'aborder les progrès technologiques récents réalisés en matière de meulage et de reprofilage des rails, il nous a semblé utile de faire tout de suite la relation entre bourrage et meulage et d'en montrer tout l'intérêt pour la SNCF. Nous reviendrons en conclusion sur les autres pôles d'intérêt issus de cette technique.

### Influence du meulage sur la qualité et l'espacement des bourrages

La géométrie de la voie se dégrade sous l'influence de trois causes principales :

- le tassement aléatoire du ballast (provenant du ballast lui-même ou des variations de la rigidité de la plate-forme) ;
- le manque de rectitude des rails ;
- la variation des sollicitations dynamiques des véhicules sur la voie.

Le rétablissement de la géométrie de la voie est réalisé comme décrit précédemment par des bourreuses modernes qui corrigent les défauts ayant une longueur d'onde comprise entre 3 et 25 mètres ou plus lorsqu'on utilise une base de référence absolue. Par contre, le bourrage mécanique est pratiquement

sans effet sur les défauts ayant une longueur d'onde inférieure à 3 mètres ; or ces défauts sont à l'origine de sollicitations dynamiques importantes et contribuent à la dégradation ultérieure de la géométrie de la voie. Ces défauts de courte longueur d'onde peuvent, pour la majeure partie d'entre eux, être éliminés par meulage.

Ainsi le meulage constitue-t-il une opération complémentaire au bourrage et permet tout à la fois une amélioration de la géométrie de la voie et une diminution de son taux de dégradation.

Le meulage n'est nécessaire en complément du bourrage que lorsqu'on se trouve en présence de défauts de courte longueur d'onde. Une information importante pour décider d'une opération de meulage est fournie par un enregistrement de l'accélération des boîtes d'essieux, de même l'efficacité du meulage peut être appréciée à partir d'un second enregistrement de l'accélération des boîtes d'essieux.

Le meulage peut également contribuer à réduire le taux de dégradation de la géométrie de la voie et des attaches et donc contribuer à accroître l'intervalle de temps entre deux opérations d'entretien. Cette contribution sera d'autant plus importante si :

- la structure d'assise de la voie est de bonne qualité ;

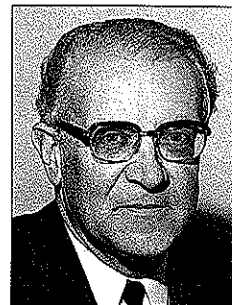


Alain GUIDAT

Ingénieur Principal  
Hors Classe, Chef de  
la Division de l'Entretien,  
Direction de l'Équipement à la  
SNCF.

Jean ALIAS

Directeur Honoraire à  
la SNCF.



- les défauts de faible longueur sont prépondérants ;
- le taux de dégradation de la géométrie de la voie est élevé.

Le tableau figure 26 représente les résultats obtenus sur quatre zones-tests contiguës sur la voie de ligne de Reding à Metz, Gr.UIC 4, V : 150 km/h. Ces quatre zones-tests ont les mêmes caractéristiques du point de vue type de rail (LRS 50 kg), trafic, et qualité de structure d'assise (les zones 3 et 4 ayant subi un relevage de 10 cm de ballast en 1988).

Sur certaines zones de la ligne à grande vitesse Paris-Sud-Est où la périodicité des opérations de bourrage était élevée, des opérations bourrage plus meulage ont permis de réduire le taux de dégradation de la voie jusqu'à 50 % (fig. 27 et 28).

### Les stratégies récentes de meulage

Fruit de nombreuses années d'expérience à la SNCF et dans les réseaux étrangers, la technique du meulage est aujourd'hui adaptée aux exigences les plus sévères en matière de fiabilité, de précision et de capacité des équipements de meulage.

La gamme des prestations fournies par les deux entreprises concurrentes Speno et Loram s'est considérablement accrue notamment pendant les

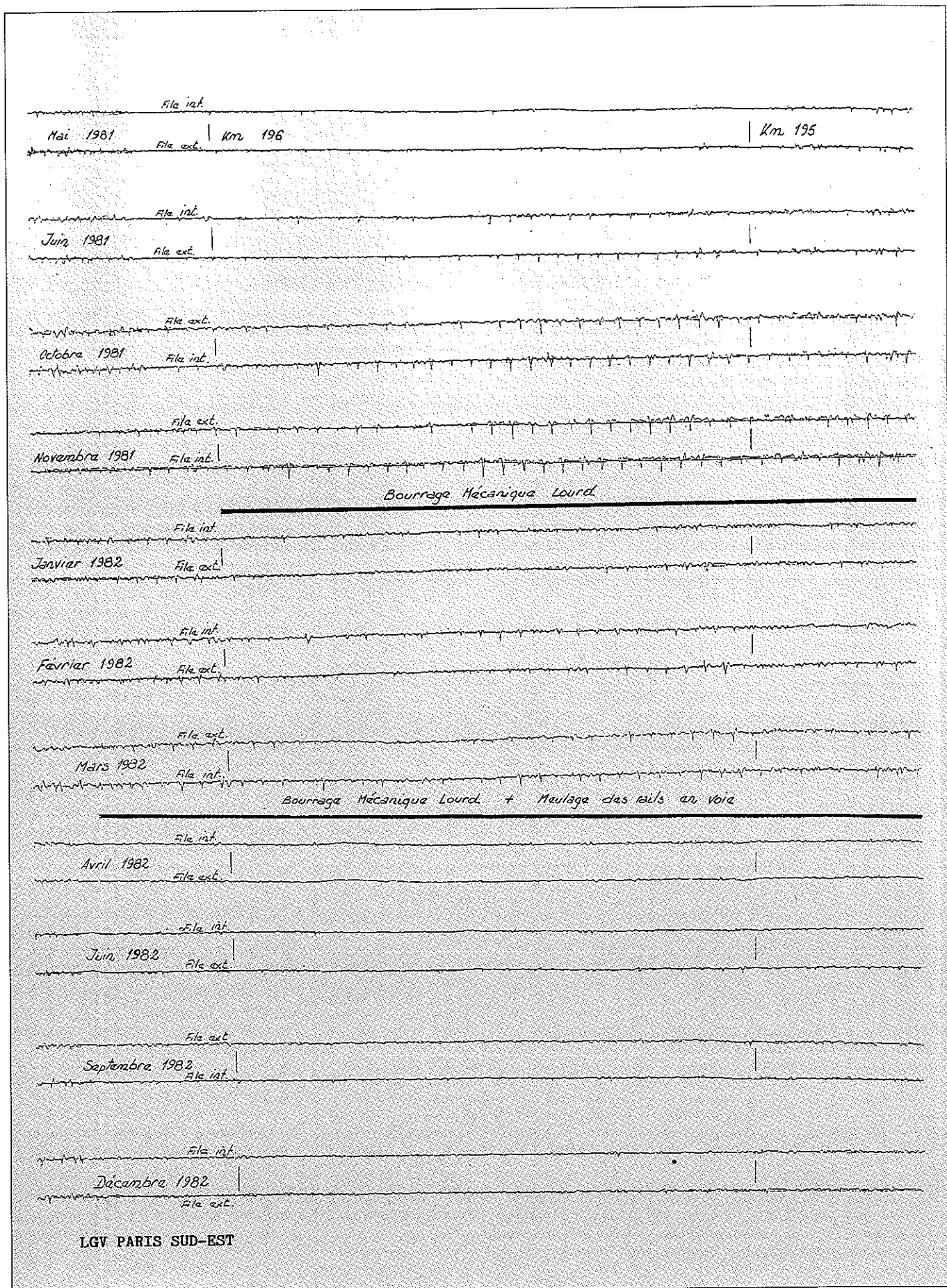


Fig. 30. - Nivellement longitudinal (Enregistrement Mauzin).

sont plus importantes. Cette situation provoque une usure latérale du rail du grand rayon et un écrasement de la table de roulement du rail de la file basse.

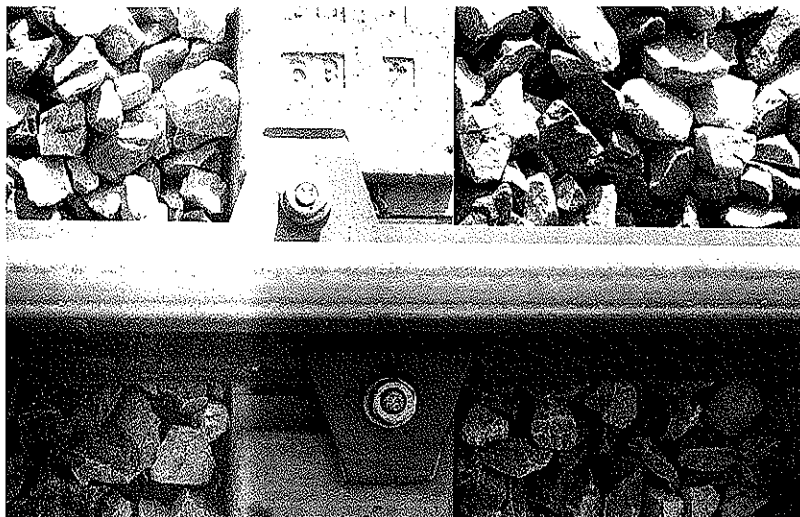
Nous nous bornerons ici à décrire le processus d'usure des rails en courbe et à donner quelques éclairages sur le meulage asymétrique qui n'a pas fait pour le moment l'objet d'étude approfondie à la SNCF. Un premier essai a été réalisé en mai 1992 sur la Région de Chambéry (ligne de Lyon à Genève entre le kilomètre 65 et le kilomètre 68, voie 1, dans des courbes de rayon inférieur à 500 mètres fig. 34).

#### a) L'usure des rails dans les courbes

L'usure la plus accusée se produit sur la face latérale interne et sur le congé du champignon de la file haute dans les courbes de faible rayon. L'usure latérale est d'autant plus sévère et rapide que le graissage est délaissé ou peu suivi. Elle apparaît assez rapidement, se développe en fonction du trafic et à terme nécessite le remplacement du rail.

Elle s'accompagne d'écrasement et d'usure ondulatoire (ondes courtes) sur le petit rayon quand le glissement des roues se produit.

Les taux d'usure sur les voies en courbe sont également fonction du dévers et de l'écartement. On pourrait supposer qu'un écartement plus large, du fait qu'il autorise une



▲ Défaut courant : Ligne Paris-Marseille, Voie 1, File droite - km 748,385. Hayange 89 IX UIC 60 = C 586 A 39.

Fig. 31. - Vues de défauts de surface d'origine fabrication

▼ Défaut exceptionnel (profondeur 0,1 mm) : Ligne Paris-Marseille, Voie 1, File gauche - km 748,310. Hayange 89 IX UIC 60 = C 586 A 22.



Fig. 32. - Train 1455 Speno en action pour effectuer du meulage préventif sur la LGV Atlantique.

plus grande différence des diamètres de contact entre les roues d'un même essieu roulant sur la file haute et sur la file basse, entraînerait une usure moindre, mais ce n'est généralement pas le cas. Tout surécartement de la voie, qu'il soit intentionnel ou dû à l'usure, tendra à augmenter l'angle d'attaque du boudin de roue contre le rail de la file haute, ce qui augmentera l'usure du rail.

#### b) Notions de meulage asymétrique

Dans une courbe où le rail s'use par le frottement des boudins, la position de contact de la roue sur la surface de roulement de la file haute se décale vers l'extérieur à mesure que l'usure totale du champignon augmente.

Le meulage asymétrique (fig. 35) consiste alors à enlever le métal sur les endroits où l'on souhaite qu'aucun contact rail/roue ne puisse avoir lieu afin d'obtenir la plus grande différence possible entre le rayon de roulement de la roue extérieure et celui de la roue intérieure.

Kopp et Schoch ont montré que, de cette manière, on diminue l'angle d'attaque  $\alpha$ , c'est-à-dire l'angle existant entre la direction de roulement de l'essieu et la direction, à l'instant  $t$ , de la courbure de la voie, déterminée par la tangente au point d'attaque. Le produit : force de guidage  $P \times$  angle d'attaque  $\alpha$  définit l'importance de l'agression de congé du rail. Plus  $P$  et  $\alpha$  sont petits, plus l'usure du congé provoquée par les roues est petite. Le meulage asymétrique permet de diminuer l'angle d'attaque entre la roue et le rail. Cependant le reprofilage asymétrique du rail extérieur ne permet pas d'empêcher la formation d'usure ondulatoire due au glissement des roues mais devrait freiner sa progression.

#### c) Considérations économiques

D'après les essais effectués en Autriche le meulage asymétrique augmente significativement la durée de vie du rail dans les courbes de faible rayon.

C'est donc avec un certain intérêt que la SNCF suit cette technique.

Tout en apportant les avantages du meulage classique de l'usure ondulatoire, le meulage asymétrique en apporte de nouveaux principalement du fait de la réduction de l'usure latérale des rails et aussi de l'usure des boudins de roues.

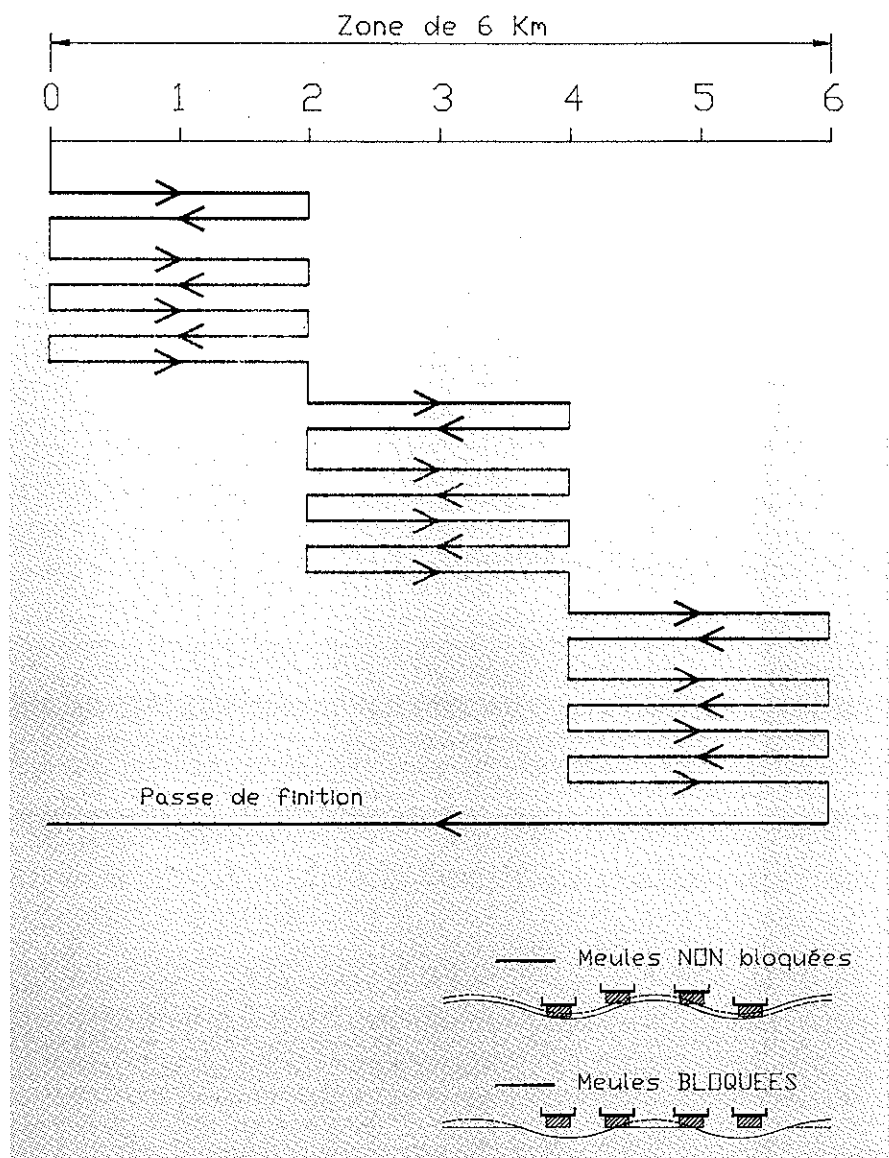


Fig. 33. - Programme journalier de meulage préventif sur LGV.

#### Meulage des appareils LGV sur la ligne Paris-Sud-Est

Une première campagne a eu lieu, début juin 1992, en vue de meuler

les empreintes de ballast présentes sur les appareils, qui ne peuvent pas être éliminées par les trains meuleurs travaillant habituellement sur LGV. C'est le train rectifieur - repro-



File haute

File basse

Fig. 34. - Meulage asymétrique.



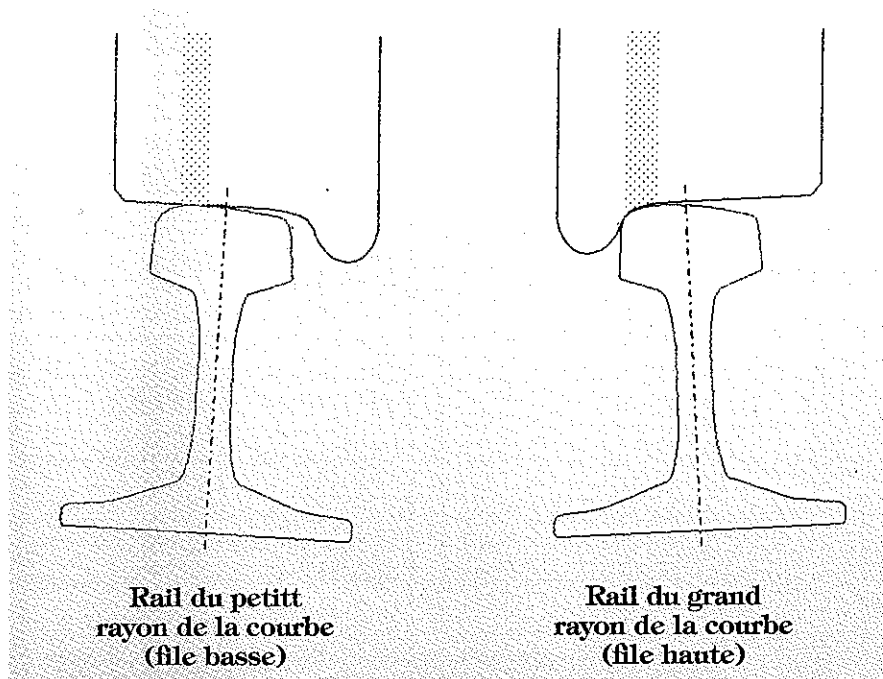


Fig. 35. - Profil asymétrique après moulage en voie des rails des grand et petit rayons de la courbe.

fileur RR 24 MC 6 de Speno qui a été choisi pour cette opération (fig. 36).

Un examen des appareils *in situ* dans chaque PRS concerné a eu lieu préalablement pour déterminer l'ampleur des travaux à réaliser, les préparations à envisager et le programme d'exécution.

Chaque appareil a fait l'objet d'une révision de matériel et d'un nivellement par bourrage mécanique avant l'opération de meulage.

Les empreintes de ballast ne sont présentes que sur la voie directe qui seule a été meulée à l'exclusion des aiguilles et du cœur.

#### Travaux réalisés :

Date	Situation	PK	Nbre d'appareils meulés
Nuit 15/16 juin	PRS Sully	247,4	4 (V1 - V2)
Nuit 16/17 juin	Gare de Monchanin PRS Vaux-en-Pré	273,7	2 (V1 - V2)
		292,2	1 (V1)
Nuit 17/18 juin	PRS Cluny PRS Macon	315,5	2 (V2 - V1)
		333,9	1 (V1)
Nuit 18/19 juin	PRS Ceisseins	361,1	4 (V2 - V1)

#### Nombre de passes :

Le meulage du premier appareil à Sully, qui par comparaison était visi-

blement plus fortement marqué d'empreintes que les autres, a nécessité dix passes ; ce nombre relativement élevé de passes par rapport aux autres appareils s'explique également du fait de la prudence observée pour le premier meulage.

Au cours des quatre nuits, l'expérience a montré que l'élimination des empreintes sur chaque appareil a pu être réalisée par sept à huit passes, suivants le cas.

En finition la rugosité résiduelle est acceptable.

Le temps nécessaire pour meuler un appareil LGV (uniquement en voie directe) est compris entre 1 heure et 1 heure 15 minutes selon la longueur de l'appareil.

Les zones non meulées des appareils ont été repérées par des traits de peinture pour le relevage puis l'abaissement des unités de meulage.

Cette première expérience a montré que le meulage des empreintes de ballast sur les rails intermédiaires des appareils LGV était pleinement réalisable au moyen du train meuleur de 24 meules de Speno, ceci avec un coût intéressant et un très bon résultat qualitatif.

Cette opération va maintenant être intégrée dans le cycle d'entretien des appareils LGV.

Nous avons décidé de meuler à titre d'essais certains appareils de la LGV Nord-Europe.

Les critères de qualité de la SNCF repris dans les marchés sont les suivants :

- profil en long du rail : en fin de travail, l'amplitude « a », des défauts résiduels mesurés dans l'axe du rail sur une longueur  $\lambda$ , doit être inférieure à :

- $\lambda \leq 0,10 \text{ m}$   $a \leq 1/100 \text{ mm}$  ;
  - $0,10 \text{ m} < \lambda \leq 1,00$   $a \leq 10^{-4} \lambda$
- (les défauts de profil en long du rail avant travail étant inférieurs à 0,3 mm).

- profil en travers du rail : en début et en fin de travail le profil en travers de la partie supérieure du champignon du rail est le profil théorique avec une tolérance de  $\pm 0,3 \text{ mm}$  ;

- les facettes en fin de travail ne doivent pas avoir une largeur supérieure à 5 mm sauf dans la partie située à  $\pm 15 \text{ mm}$  de l'axe vertical du rail ;

- rugosité : en fin de travail, la rugosité  $R_a$  des parties meulées doit être inférieure à 10  $\mu\text{m}$  ( $R_a$  : moyenne arithmétique des écarts de rugosité par rapport à une médiane) ;

- coloration : en fin de travail, les parties meulées ne doivent présenter aucune trace de bleuissement.

Les exigences de production sont ensuite imposées en fonction du type de train utilisé de manière à obtenir des prix de revient du meulage compétitifs.

#### Les trains de meulage actuels

Un train de meulage est caractérisé par :

- sa production, fonction de sa puissance installée et du nombre d'unités de meulage ;



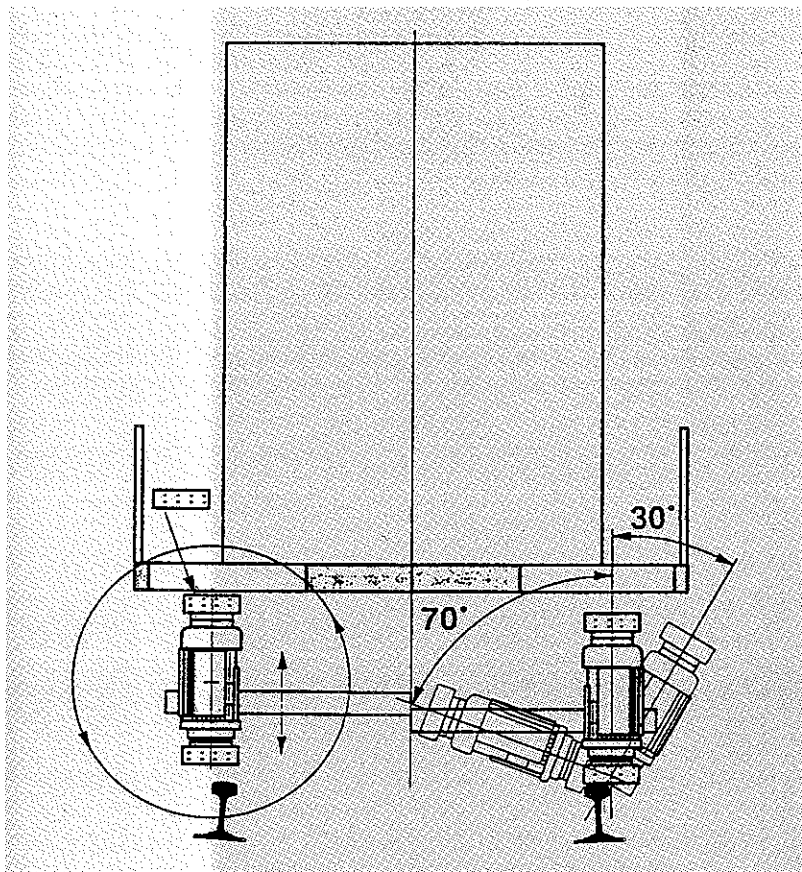
Fig. 36. - Train de 24 meules avec aspiration des poussières et catalyseur chimique.

- le type d'entraînement des meules annulaires rotatives : électrique chez *Speno*, hydraulique chez *Loram* ;
- les équipements obligatoires : pare-étincelles, dispositif de lutte contre l'incendie, dispositifs d'enregistrement du profil longitudinal, moniteurs d'obstacles ;
- les équipements facultatifs : dispositif d'enregistrement transversal, aspiration des poussières, recyclage des gaz d'échappement.

L'inclinaison des groupes de meulage d'un train moderne, pour *Speno* par exemple, sont réglables selon la figure 37, ceci permet de privilégier l'enlèvement du métal sur certaines zones du champignon du rail et donc de rétablir rapidement le profil souhaité.

Les meules, dont les fonctions sont la coupe du métal, l'évacuation des matériaux et de la chaleur, sont de type boisseaux.

Fig. 37. - Train Speno RPS 32. Inclinaison possible des meules.



L'apparition récente de meules plus performantes montées sur chacun des trains modernes (fig. 38 et 39) des entreprises *Speno* et *Loram* a permis d'obtenir des productions améliorées (réduction du temps de traitement) pour un programme qui augmente d'années en années avec les travaux nécessités par les LGV actuellement en service et les voies armées de traverses en béton lesquelles entraînent la prolongation de la durée de vie des rails au maximum des possibilités.

Les paramètres d'utilisation de ces meules sont leur force d'application, leur vitesse de rotation périphérique et la vitesse d'avancement du train.

Une passe de meulage est définie par :

- la combinaison d'inclinaisons des meules assistée par ordinateurs ;
- la pression des meules sur le rail et leur vitesse de rotation ;
- la vitesse d'avancement du train.

On effectue successivement :

- la réfection du profil en travers ;
- la réfection du profil en long ;
- une passe de finition éventuelle.



Fig. 38. - Train Speno RR 32 M4 (32 meules) avec aspiration des poussières.



Fig. 39. - Train Loram SPM-L-12-14 (32 meules).

L'utilisation de trains de conception moderne et l'évolution des techniques de meulage ont permis de diminuer de manière intéressante nos prix de revient.

De nouveaux développements sont à attendre principalement dans les domaines suivants : flexibilité accrue des trains, amélioration de la qualité du travail et automatisation complète du processus de meulage.

- Les machines d'entretien de la voie sous l'aspect de l'exploitation, du fonctionnement et de l'ergonomie. Johann Weiss. *ETR*, Darmstadt - Mai 1982 (p. 341 - 354).

- Les moyens mécanisés d'entretien de la voie adaptés aux réseaux africains. M. Pierre-Louis Rochet. *Symposium de L'UAC - Libreville - Octobre 1984*.

- Le train PM 200 innove dans le domaine de l'infrastructure. M. Klaus Riebold. *Railway gazette international - Mars 1986* (p. 167 - 169).

- A l'heure actuelle, la question n'est pas de savoir qu'il faut reprofiler le rail par meulage, mais suivant quelle périodicité - Etat de la situation. M. Carl Wassermann. *Modern Railroads - Chicago - Janvier 1987*.

- Compte rendu du séminaire AICCF Budapest - Mai 1991. *Rail International*, juin - juillet 1991, voir notamment les exposés de MM. Fendrich, Thomas, Raviat, Goossens et la conclusion de M. Roumeguere.

- Cinq années d'expérience de reprofilage asymétrique des rails sur le réseau des chemins de fer autrichiens (ÖBB) - Résultat des essais et bilan intermédiaire. MM. Erich Kopp et Wolfgang Schoch. *Rail International - mai 1991*.

- Le bon entretien de la voie constitue la clé de la réussite. M. Reimar Holzinger. *International Railway Journal - Janvier 1992*.

- Une meilleure utilisation des engins mécaniques d'entretien de la voie. M. Bruce W. Bradshaw. Directeur adjoint, division technique - Pandrol Jackson. *International Railway Journal - Janvier 1992*.

- L'état actuel et les perspectives futures de l'entretien des voies. Les derniers rapports de la East Japan Railways CO. M. Masahiko Ogura. Directeur - Division de l'Entretien des voies et des structures ainsi que des équipements électriques. *Japanese Railway Engineering n° 120 - Août 1992*.

- Evolution de l'Entretien et du Renouvellement des voies sur la SNCF. M. Jean Alias. *RGCF - Mai 1967*.



Train Speno RR 16/P (16 meules), spécialement conçu pour le meulage des appareils de voie.



Train Speno RPS 32 (32 moteurs de meulage de 30 CV chacun).



# **REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER**



**Visualisation en temps réel du profil transversal du rail**

Ainsi, nous pouvons contrôler le reprofilage au dixième de millimètre près.

**Nuisance sonore**

Les machines actuelles répondent aux réglementations européennes et japonaises les plus sévères en matière de bruit, tant dans les cabines que pour l'environnement.

**Réserve de puissance**

Plus de productivité grâce à des déplacements rapides pour atteindre les chantiers et à un franchissement aisé des rampes.

**Pollution**

Un traitement chimique des gaz d'échappement élimine virtuellement l'émission de gaz toxiques.



**Visibilité**

De grandes surfaces vitrées en cabine assurent le lien permanent opérateur/voie pour une meilleure supervision du produit fini: le rail meulé.

**Assistance par ordinateur**

La sélection des programmes de meulage mémorisés permet l'optimisation de la stratégie de meulage.

**Contrôle de qualité**

Les ondes courtes et longues sont enregistrées séparément et le client dispose d'enregistrements graphiques.

**Protection de l'environnement**

Une puissante aspiration des poussières de meulage préserve l'environnement de toute pollution.

**Fiabilité et productivité**

Les nouvelles unités de meulage ont largement fait leurs preuves dans toutes les conditions de travail.

**Voilà comment Speno a su associer la technologie de l'avenir avec le respect de l'environnement.**



**SPENO INTERNATIONAL SA**

22-24, Parc Château-Banquet, C.P. 16, 1211 Genève 21, Suisse.

Téléphone: 022-732 84 07 Téléc: 412 775 SPN CH Fax: 022-731 52 64