



(11) Numéro de publication: **0 418 522 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: **90114680.3**

(51) Int. Cl.⁵: **E01B 31/17, E01B 35/06**

(22) Date de dépôt: **31.07.90**

(30) Priorité: **28.08.89 CH 3107/89**

(43) Date de publication de la demande:
27.03.91 Bulletin 91/13

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(71) Demandeur: **SPENO INTERNATIONAL S.A.**
Case Postale 16 22-24, Parc
Château-Banquet
CH-1211 Genève 21(CH)

(72) Inventeur: **Panetti, Romolo**
24, Parc Château-Banquet
CH-1202 Genève(CH)

(74) Mandataire: **Micheli & Cie**
Rue de Genève 122, Case Postale 61
CH-1226 Genève-Thonex(CH)

(54) **Procédé de programmation du reprofilage des rails d'une voie ferrée et meulage simultané ou différé de ces rails ainsi qu'un véhicule ferroviaire pour le reprofilage des rails selon le présent procédé.**

(57) On découpe la voie en tronçons successifs à partir d'un point de départ et pour chacun de ces tronçons procède pour chaque file de rails à la mesure des longueurs d'ondes et/ou des amplitudes des ondulations longitudinales de la table de roulement du rail et à la mesure du profil transversal du champignon du rail. On compare ensuite un profil de référence au profil transversal mesuré et détermine la section de métal transversale à enlever pour corriger le profil transversal du rail, puis détermine en fonction des amplitudes des ondulations longitudinales du rail la section de métal longitudinale à enlever pour corriger le profil longitudinal du rail. On détermine la section totale de métal à enlever et en fonction d'une vitesse de travail, des caractéristiques d'enlèvement de métal des outils, et de cette section totale de métal à enlever le nombre de passe-outils minimal nécessaire.

EP 0 418 522 A1

**PROCEDE DE PROGRAMMATION DU REPROFILAGE DES RAILS D'UNE VOIE FERREE ET MEULAGE
SIMULTANE OU DIFFERE DE CES RAILS AINSI QU'UN VEHICULE FERROVIAIRE POUR LE REPROFILAGE
DES RAILS SELON LE PRESENT PROCEDE**

La présente invention a pour objet un procédé de programmation du reprofilage, du reprofilage lui-même des rails d'une voie ferrée et un véhicule ferroviaire pour sa mise en oeuvre.

L'accroissement du trafic et des vitesses (TGV, Intercity), l'introduction des horaires cadencés ont augmenté sensiblement les contraintes auxquelles les rails sont soumis et, par conséquent, les déformations des profils longitudinal et transversal du champignon du rail.

Les horaires de plus en plus chargés ne laissent pour l'entretien des rails et des voies que des intervalles de plus en plus réduits. Il est donc indispensable de procéder à une programmation optimale des travaux, de façon à utiliser pleinement les intervalles à disposition.

Actuellement la détermination du nombre de passes est empirique, elle dépend essentiellement de l'expérience acquise en comparant les campagnes de meulages précédentes. Par exemple, on sait que pour une ligne donnée, d'un réseau déterminé, présentant une usure ondulatoire donnée, le nombre de passes à effectuer avec la machine habituellement utilisée est de l'ordre de "X". Si le profil transversal n'est plus parfait, on ajoutera un nombre "Y" de passes, ce qui fera un total "X + Y".

Une telle pratique empirique n'est plus possible du fait des contraintes actuelles relatives à la qualité exigée des rails reprofilés et du taux d'occupation toujours plus dense des voies.

On connaît de nombreux procédés de profilage ou de repro filage des rails d'une voie ferrée, ainsi que des véhicules ferroviaires équipés de dispositifs pour effectuer ce travail comme décrit par exemple dans les brevets CH 633.336; CH 654.047; CH 666.068; CH 655.528 et la demande de brevet CH 812/88. Tous ces procédés et ces dispositifs ne permettent toutefois pas de programmer de façon optimale les opérations de reprofilage des rails d'une voie de chemin de fer en fonction du type de machine à utiliser, du taux d'occupation de la voie, de l'état d'usure des rails et de la capacité d'enlèvement de métal des outils de reprofilage.

C'est précisément le but de la présente invention que de permettre une telle programmation à l'avance des opérations de reprofilage qui permet de définir les paramètres de réglage des machines qui devront effectuer ce travail ultérieurement ou simultanément.

Le but de la présente invention est donc de :

- Définir pour un tronçon de voie déterminé l'optimum du nombre de passes et de la vitesse de travail de façon à limiter à un minimum le temps d'occupation de la voie.
- Permettre un travail de programmation indépendamment du travail de rectification, ce qui est le cas normal, ou pendant le travail de rectification en adaptant, dans ce dernier cas, l'avance de la machine et les divers paramètres influençant l'enlèvement de métal à l'excès de métal mesuré à l'avant de la machine.
- Permettre la programmation indépendante au moyen d'un véhicule équipé de dispositifs pour la mesure des profils longitudinal et transversal du rail, ainsi que de supports permettant de mémoriser ces valeurs mesurées en fonction du chemin parcouru sur la voie.
- Permettre que le calcul de la vitesse de travail et du nombre de passes puisse se faire soit sur ce véhicule indépendant de mesure, soit sur un dispositif séparé, mais les résultats doivent toujours être donnés en fonction de l'abscisse curviligne de la voie, pour qu'ils puissent être utilisés pour un reprofilage immédiat, soit quasi simultané aussi bien que pour un reprofilage ultérieur.

La présente invention a pour objet un procédé pour optimiser la programmation des machines de reprofilage des rails en voie caractérisé en ce que pour au moins une file de rails on :

1. découpe la voie en tronçons de longueur L_0 .
2. détermine l'amplitude moyenne de l'ondulation longitudinale " h_{moy} " sur le tronçon L_0 .
3. détermine le profil moyen " P_{moy} " du champignon sur le tronçon L_0 .
4. Compare ce profil moyen avec un profil de référence " $Préf$ " pour déterminer ($S_{tran} = Préf - P_{moy}$) la section S_{tran} de métal à éliminer due à la déformation du profil transversal du rail.
5. détermine la section S_{long} de métal due à l'usure longitudinale du rail sur ce tronçon L_0 ($S_{long} = f_3 \times h_{moy}$).
6. détermine la section totale $Stot$ de métal à enlever (section totale $Stot = S_{long} + S_{tran}$).
7. détermine le nombre de passe-outils PO en fonction de la capacité d'enlèvement de métal des outils et de la vitesse de travail ($PO = Stot \times V/C$; ou $C = F(P_u)$ ou $P_u =$ puissance).
8. optimise ce nombre de passes (PO) en agissant sur (" V et P_u ") la vitesse de travail et la puissance.
9. enregistre ces valeurs (PO ; V ; P_u).

Le dessin annexé illustre schématiquement et à titre d'exemple, différentes formes d'exécution du

procédé selon l'invention et une machine pour sa mise en oeuvre.

La figure 1 illustre le schéma bloc des fonctions nécessaires pour la programmation du reprofilage d'un rail.

La figure 2 illustre le calcul du volume de métal devant être enlevé par reprofilage sur une facette du rail.

5 Les figures 3a, 3b et 3c illustrent respectivement les sections transversale, longitudinale et totale de métal à enlever pour le reprofilage du rail.

La figure 4 illustre la capacité d'enlèvement horaire de métal d'un outil, soit d'une meule, en fonction de la puissance de son moteur d'entraînement.

La figure 5 illustre en élévation de côté un véhicule de reprofilage.

10 Les figures 6 à 8 illustrent des détails du véhicule illustré à la figure 5.

La figure 9 illustre un détail d'un dispositif de mesure du profil transversal du rail.

La figure 10 est un schéma représentatif du dispositif de commande des unités de meulage d'un véhicule de reprofilage.

15 La figure 11 illustre une variante du procédé selon laquelle on décompose le champignon du rail en trois zones.

La figure 12 illustre la répartition des surfaces SA, SB et SC de chacune des zones, représentant la section de métal à enlever pour différents types de profils de rails usés.

La figure 13 illustre un schéma bloc des opérations à effectuer dans la variante du procédé utilisant la décomposition en trois zones du champignon du rail.

20 Les figures 14a, 14b et 15 illustrent, pour une variante du procédé dans laquelle le profil transversal du rail est décomposé en autant de zones que l'on dispose d'outils de reprofilage, les écarts entre le profil réel et le profil de référence, respectivement les sections de métal ΔS à enlever.

Des séries de mesures faites tant en voie qu'au banc d'essai ont permis, pour un outil donné travaillant à une puissance constante P_u sur un rail de qualité définie, de déterminer la capacité t d'enlèvement de 25 métal de l'outil. La répétition des essais à des puissances différentes a permis d'établir des courbes caractéristiques $P_u = f(C)$ et de les mémoriser. Elles permettent donc de déduire la puissance P_u kW qu'il faut appliquer à l'outil pour obtenir un enlèvement de métal " C " dm^3/h désiré comme l'indique la figure 4.

Lorsque l'outil en question, entraîné en rotation à puissance constante P_u kW, se déplace à vitesse constante V km/h le long d'un rail, il va enlever à ce rail une certaine quantité de métal en lui faisant une 30 facette de section " Δ " mm^2 constante.

Après 1 heure de travail, l'outil aura parcouru une distance V_{km} , correspondant à la longueur de la facette, et aura enlevé au rail une quantité de métal équivalente à " C " dm^3 d'où la relation

$C = V \cdot \Delta$ [dm^3] qui ressort de la figure 2

En tenant compte d'unités différentes, il devient :

35 C [dm^3/h] = V [km/h] $\cdot \Delta$ [mm^2]

La section de la facette étant définie en fonction de la capacité d'enlèvement de métal de l'outil et de sa vitesse de déplacement le long du rail, il faut, pour déterminer le nombre de passes nécessaires au reprofilage d'un tronçon de rail définir la quantité de métal devant être enlevée à ce rail pour lui donner le 40 profil correct désiré. Il faut donc déterminer la section totale S_{tot} de métal à éliminer pour retrouver le profil de référence.

Cette section S_{tot} se décompose en 2 sections partielles :

- S_{tran} qui correspond à la section de métal qu'il est nécessaire d'enlever pour corriger le profil transversal du rail comme le montre la figure 3a.

45 - S_{long} qui correspond à la section de métal qu'il est nécessaire d'enlever pour corriger le profil longitudinal du rail comme le montre la figure 3b. Cette section n'est pas constante le long du rail, elle varie de $S'_A = S'_C = S'_{\text{max}}$ aux sommets de l'ondulation à $S'_B = 0$ au creux de l'onde.

L'expérience a montré que la section réelle de métal à enlever S_{Long} dépendait à la fois du développement " λ " du profil à rectifier et de l'amplitude moyenne de l'onde à corriger.

$S_{\text{Long}} = f_1 \cdot \lambda \times f_2 \cdot h_{\text{moy}}$

50 où f_1 et f_2 sont des facteurs expérimentaux.

Pour un profil de rail déterminé, cette relation peut encore se simplifier sous la forme :

$S_{\text{Long}} = f_3 \cdot h_{\text{moy}}$

le facteur f_3 tenant compte aussi bien de la forme du profil que de celle de l'onde.

La section totale S_{tot} de métal à enlever est donc la somme de la section transversale et de la section 55 longitudinale

$S_{\text{Tot}} = S_{\text{Tran}} + S_{\text{Long}}$ (Fig 3c)

La section totale S_{tot} de métal à enlever étant définie, la section de métal enlevé par un outil étant connue, on en déduit le nombre PO de passe-outils nécessaire au reprofilage du rail

$$PO = \frac{STot}{\Delta} = STot \cdot \frac{v}{C} \quad \text{puisque } C = v \cdot S$$

5

Pour une machine disposant de N outils par file de rails, le nombre de passes-machine PM sera :

$$PM = STot \cdot \frac{v}{C} \cdot \frac{1}{N}$$

Le nombre de passes-machine, la vitesse d'avance en travail et la longueur de la voie étant connues, le programme de travail de la machine et l'occupation de la voie sont définis.

En faisant varier la vitesse V et la capacité C d'enlèvement de métal dans des limites définies par la pratique en agissant sur la puissance d'entraînement de l'outil, il est possible de définir un nombre de passes-machine entier optimal, ce qui est indispensable vu les intervalles de plus en plus réduits disponibles pour le reprofilage des rails en voie.

Le procédé de programmation des opérations de reprofilage des rails d'une voie ferrée sera décrit en référence au schéma bloc de la figure 1 pour en faciliter la compréhension.

On mesure le chemin parcouru ou la position du véhicule sur la voie, ou encore son point kilométrique, par un codeur 1 monté sur une roue de mesure en contact avec le rail 2 de la voie et délivrant des signaux électriques représentatifs de cette position.

On mesure le profil transversal du rail 2 à l'aide d'un capteur 3 qui peut être par exemple optique, à ultrasons ou mécanique tel que celui illustré à la figure 9 et décrit dans le brevet EP 0.114.284. Ce capteur délivre des signaux électriques représentatifs du profil transversal du champignon du rail.

On mesure encore la longueur d'ondes et/ou la profondeur des ondulations longitudinales de la surface de roulement du rail 2 à l'aide d'un capteur 4 faisant partie d'un appareil tel que décrit dans le brevet EP 0.044.885 par exemple. Ce capteur 4 délivre des signaux électriques représentatifs de l'amplitude de ces ondulations longitudinales.

Les capteurs 3 et 4 et le codeur 1 peuvent être montés sur un chariot commun 5 roulant sur le rail 2.

Pour la prise de profil transversal du champignon du rail, ainsi que pour la mesure de l'amplitude des ondulations longitudinales du rail, il est préférable de procéder par échantillonnage. On détermine en 6 la distance X entre deux échantillons désirés et mémorise les signaux représentatifs de ces échantillons de profil P et d'amplitude d'ondulations h en 7 et 8 respectivement.

L'échantillonnage est effectué à intervalles réguliers prédéterminés, par exemple tous les 0,5 m, et la voie est divisée en tronçons de longueur Lo pour chacun desquels les caractéristiques de reprofilage seront programmées puis le reprofilage exécuté. Cette longueur de référence Lo est mémorisée en 9.

A la fin de chaque tronçon de voie $\Sigma x = Lo$, on provoque par 10 le déclenchement de la calculation en 12 du profil moyen P sur la distance Lo, soit $\bar{P}$ et en 11 la calculation de l'amplitude moyenne h sur le tronçon Lo soit $\bar{h}$.

Le profil moyen P est donné par la moyenne de tous les profils mesurés P sur la longueur de référence Lo

$$\bar{P} = \frac{x}{Lo} \cdot \Sigma \text{ Profils}$$

On peut écarter de la prise en considération les deux profils s'éloignant le plus de la moyenne pour ne pas la fausser.

Le profil moyen $\bar{P}$ pour chaque tronçon de voie Lo est mémorisé en 12 sous forme de matrice par exemple et comparé en 13 au profil de référence déterminé au préalable et qui est lui mémorisé en 13a également sous forme de matrice. Ce profil de référence déterminé est choisi parmi les profils de référence possibles mémorisés en 13b. Ce profil de référence Préf. peut être identique pour tous les tronçons de voie Lo ou au contraire différent pour chacun de ceux-ci ou au moins pour certains de ces tronçons Lo.

La comparaison entre le profil de référence et le profil moyen $\bar{P}$ de chaque tronçon Lo ainsi que le calcul de la section S_{tran} de métal à enlever peut se faire en coordonnées rectangulaires, ou polaires, ou sous forme matricielle selon les procédés connus. Les valeurs de $S_{tran} = P_{moy} - Préf$ sont mémorisées en 14.

L'amplitude moyenne $\bar{h}$ des ondulations longitudinales du rail sur le tronçon Lo peut être la moyenne arithmétique des valeurs absolues de h mesurées sur ledit tronçon ou alors leur moyenne quadratique, selon les appareils de mesure choisis et les habitudes de l'utilisateur.

Si l'on veut affiner le procédé de programmation, on peut différencier les ondes courtes (par exemple 3cm à 30 cm) des ondulations longues (par exemple 30 cm à 3 m) et calculer la moyenne respective de chacune des longueurs d'ondes OC et OL que présente la table de roulement du rail sur le tronçon Lo.

Cette amplitude moyenne $\bar{h}$ sur le tronçon Lo, calculée selon la manière désirée est mémorisée en 11

et est utilisée pour le calcul de la section de métal S_{Long}.

Le calcul de la section de métal longitudinale à enlever S_{Long} = f3. $\bar{h}$ est effectué en 15.

La section totale de métal à enlever est donnée par la somme

$$5 \quad S_{\text{tot}} = S_{\text{tran}} + S_{\text{Long}}$$

et cette addition est effectuée en 16 et affichée et mémorisée dans l'affichage/mémoire général 17.

Connaissant le type de machine qui sera utilisé pour la rectification de la voie et dont les caractéristiques sont mémorisées en 18, on peut sélectionner en 19 les vitesses de travail maximum V_{max} et minimum V_{min} entrant en ligne de compte pour le reprofilage. On mémorise en 20 les caractéristiques des outils de la machine devant être utilisés pour le reprofilage, soit la puissance nécessaire en fonction de la capacité d'enlèvement de métal comme illustré à la figure 4 par exemple.

En 21, on mémorise le nombre d'outils par file de rails que comporte la machine utilisée pour le reprofilage, ce nombre d'outils N est affiché et mémorisé en 17.

Il s'agit maintenant, à partir de la connaissance de la section totale de métal à enlever et des caractéristiques de la machine à utiliser d'optimiser la vitesse de travail et la puissance des outils pour déterminer le nombre de passes-machine qui doit être le plus faible possible.

Dans un premier temps, on calcule ce nombre de passes-machine en utilisant la vitesse maximum V_{max} et une capacité d'enlèvement de métal par outil C₁ légèrement inférieure à la capacité d'enlèvement maximum C_{max} et on a :

$$20 \quad \text{Passes-machine} = \frac{S_{\text{tot}}}{C_1} \cdot \frac{V_{\text{max}}}{N} = \text{PM}_{\text{max}}$$

Lorsque le nombre de passes-machine maximum PM_{max} n'est pas un nombre entier, il se compose: d'un nombre de passes entier IP et d'un nombre de passes fractionnaire FP.

Dans ce cas on procède dans un deuxième temps à un second calcul pour déterminer une autre vitesse de travail de la machine de façon à obtenir un nombre de passes entier qui soit bien entendu égal à la partie entière du nombre de passes-machine maximum calculé précédemment pour la vitesse maximum,

$$35 \quad V = V_{\text{max}} \cdot \frac{\text{IP (PM}_{\text{max}})}{\text{PM}_{\text{max}}}$$

puis on contrôle que la vitesse obtenue V soit supérieure ou égale à la vitesse de travail minimale V_{min} pour la machine donnée.

Si V ≥ V_{min} alors on utilise la vitesse V pour le reprofilage.

Si par contre V < V_{min}, il faudra augmenter la capacité d'enlèvement de métal des outils en fonction des caractéristiques des outils de la machine à utiliser (voir figure 4). La nouvelle capacité d'enlèvement de métal sera :

$$45 \quad C_2 = C_1 \cdot \frac{V_{\text{min}}}{V} \quad \text{avec } C_2 \leq C_{\text{max}} \text{ et } C_2 > C_1$$

ce qui déterminera la puissance nécessaire pour cette valeur C₂ d'enlèvement de métal selon la courbe de la figure 4.

On aura ainsi déterminé :

- le nombre de passes-machine PM
- la vitesse de travail V km/h
- l'enlèvement de métal C dm³/h
- la puissance par outil Pu...KW

Ces calculs séquentiels et récurrents se font en 22 et la vitesse V, le nombre de passes-machine PM et la puissance par outil Pu sont affichés et mémorisés en 17.

Il est évident que la file de rails la plus déformée sera déterminante pour le nombre de passes à effectuer et il sera possible pour l'autre file de rails de diminuer la puissance des outils.

L'exemple chiffré donné ci-après illustre clairement comment on opère selon le présent procédé de programmation pour déterminer le nombre de passes-machine optimal.

5

Exemple chiffré

Données : $V_{min} = 5 \text{ km/h}$ $V_{max} = 6 \text{ km/h}$

10 $N = 8$ moteurs/file de rails

$Stot = 33,6 \text{ mm}^2$

Courbe $P_u = f(C)$; voir figure 4

$C_1 = 9 \text{ dm}^3/\text{h}$ pour $P_u = 14 \text{ kW}$

1er calcul pour $V_{max} = 6 \text{ km/h}$

15

$$\text{Passes-machines} = \frac{S}{C_1} \cdot \frac{V_{max}}{N} = \frac{33,6}{9} \cdot \frac{6}{8} = 2,8 \text{ PM}$$

20

Le nombre de passes est non entier, pour faire le travail en 2 passes, il faut diminuer la vitesse.

25

$$V = V_{max} \cdot \frac{2}{2,8} = 6 \cdot \frac{2}{2,8} = 4,286 < V_{min}$$

30 Puisque la vitesse est plus faible que la vitesse de travail minimale désirée, il faut augmenter la capacité d'enlèvement de métal

$$C_2 = 9 \cdot \frac{5}{4,286} = 10,5 \text{ dm}^3/\text{h}$$

35

Selon la figure 4 $P_u = f(C)$ pour $C_2 = 10,5 \rightarrow P_u = 16,5 \text{ kW}$;

On aura donc :

Section totale $Stot = 33,6 \text{ mm}^2$

40 Nbre de passes-machine $PM = 2$

Vitesse de travail $V = 5 \text{ km/h}$ ($= V_{min}$)

Puissance par outil $P_u = 16,5 \text{ kW}$

Enlèvement de métal Correspondant $C = 10,5 \text{ dm}^3/\text{h}$

45 On peut à partir des données mémorisées dans l'affichage 17 effectuer un enregistrement pour une voie donnée des caractéristiques nécessaires à la programmation du reprofilage qui peut se présenter de la manière suivante :

50

55

Ligne : GENEVE - LAUSANNE Voie : 1 Date :											
MACHINE : 16-P - N = 8 outils / file - OUTIL No 601 - ac 90 A VIC											
Point kilométrique P.K.	Vitesse km/h V	Passes-machine P.M	Rail Gauche				Rail Droite				m Lo
			mm ² Stot	mm/100 h _{moy}	kW Puiss	dm ³ /h C	mm ² Stot	mm/100 h _{moy}	kW Puiss	dm ³ /h C	
30.100	5	2	33,6	40	16,5	10,5	28	30	13	8,75	50
30.150	5	2	36	45	18	11,25	24	25	12,5	7,5	50
30.200											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

On peut faire les remarques suivantes :

- Seules les colonnes 1, 2, 3, 6, 10 et éventuellement 12 sont indispensables à la programmation du reprofilage, mais les autres colonnes sont utiles.
- Le programme est fait pour une machine à 16 outils soit 2 x 8 par file de rails.
- Le programme aurait pu être fait pour un nombre quelconque d'outils; à la limite un seul par file de rails.
- h moy n'est pas spécifié. On pourrait en calculer deux valeurs l'une pour les OC et l'autre pour les OL et les imprimer; il pourrait ainsi y avoir les deux valeurs $\bar{h}_{oc}$ et $\bar{h}_{ol}$ insérées dans ce tableau.

La figure 5 illustre, vue de côté, une machine pour la rectification des rails d'une voie ferrée formée d'un véhicule automoteur 23 muni de chariots de meulage 24. Ces chariots de meulage 24 sont pourvus de galets à boudin reposant, en position de travail, sur les rails de la voie et sont reliés au véhicule 23 d'une part par un timon de traction 25 et d'autre part par des vérins de levage 26. Ces vérins 26 permettent en plus de l'application du chariot sur la voie avec une force désirée le relevage du chariot pour la marche haut-le-pied à grande vitesse du véhicule 23 pour son déplacement d'un chantier de meulage à l'autre.

Chaque chariot de meulage 4 porte plusieurs unités de meulage par file de rails, chacune de ces unités de meulage comporte un moteur 27 qui entraîne une meule 28 en rotation.

Ces unités peuvent travailler de façon indépendante ou au contraire de façon solidaire suivant le mode de meulage choisi en fonction de la longueur et de l'amplitude des ondulations longitudinales.

Comme on le voit particulièrement bien à la figure 7, chaque unité de meulage 27, 28 est déplaçable suivant son axe longitudinal X-X par rapport au chariot 24. En effet, le moteur 27 porte la chambre 29 d'un vérin à double effet dont le piston 29a est solidaire d'une tige, traversant la chambre 29, solidaire d'un support 30. Ce support 30 est articulé sur le chariot 24 autour d'un axe Y-Y, parallèle à l'axe longitudinal du rail 2. La position angulaire des unités de meulage est déterminée et commandée par un capteur d'angle 32 solidaire du support 30 et un vérin à double effet 33 reliant ce support 30 au chariot 24.

De cette façon, chaque unité de meulage est déplaçable angulairement autour d'un axe parallèle à l'axe longitudinal du rail qui lui est associé et perpendiculairement à cet axe longitudinal ce qui permet d'approcher et d'appliquer la meule 28 contre le rail 2 avec une force déterminée et de l'éloigner du rail.

Le véhicule 23 est encore équipé de deux chariots de mesure 5 roulant le long de chaque rail équipés d'un dispositif de mesure 4 des ondulations longitudinales de la surface du rail 2 et d'un dispositif de mesure 3 du profil transversal du champignon du rail. Les chariots 5 sont évidemment tractés par le véhicule 23 par exemple à l'aide d'un timon 37. Le dispositif de mesure du profil transversal des rails est illustré schématiquement à la figure 9 sous forme d'un ensemble de palpeurs mécaniques en contact avec des génératrices différentes du champignon du rail (voir brevet CH 651 871).

La machine décrite comporte encore (figure 10) un dispositif de traitement des données délivrées par les capteurs 1 de distance parcourue, 4 d'amplitude des ondulations longitudinales du rail et 3 du profil transversal du rail et de commande des unités de reprofilage 27, 28 tant en position qu'en puissance pour reprofiler le rail 2 de manière à lui redonner un profil longitudinal et un profil transversal identique ou proche du profil de référence qui lui est assigné.

Ce dispositif de traitement des signaux de mesure et de commande des unités de reprofilage est très schématiquement illustré à la figure 10. Il comporte pour chaque file de rails trois convertisseurs analogue-digital 40, 41, 42 associés respectivement aux capteurs 1, 4 et 3, transformant les signaux de mesures analogiques délivrés par ces capteurs en signaux digitaux qui sont délivrés à un micro-processeur 43.

Ce micro-processeur 43 reçoit encore des informations qui sont soit introduites manuellement par un clavier alpha-numérique 44 relatives par exemple au type de machine utilisé, au nombre d'unités de meulage par file de rails qu'elle comporte, et à la capacité d'enlèvement de métal des outils utilisés en fonction de la puissance des moteurs entraînant ces outils.

5 On introduit également par ce clavier alpha-numérique les données définissant les profils de référence ainsi que les longueurs des tronçons de référence L_0 , la distance x entre les échantillons et le point kilométrique P.k. de départ.

Le micro-processeur 43 détermine en fonction des données qui lui sont fournies et qui ont été énumérées plus haut pour chaque unité de reprofilage travaillant sur les deux files de rails un signal de
10 commande digital de position P_0 et un signal de commande de puissance P_u ainsi qu'un signal de commande V de la vitesse de travail du véhicule.

Des convertisseurs digitaux-analogiques 47, 48 convertissent ces signaux de commande digitaux P_0 , P_u en signaux de commande analogiques pour chacune des unités de reprofilage 27, 28. Un convertisseur digital-analogique 60 convertit le signal de commande digital de la vitesse V en un signal de commande
15 analogique.

La figure 10 illustre la boucle d'asservissement d'une unité de reprofilage, l'unité No 1 du rail 2 de la voie.

Le signal analogique de position PO_1 est comparé dans un comparateur 49 au signal de sortie d'un capteur d'angle 40 indiquant la position angulaire du support 30, et donc de l'unité de meulage autour de
20 l'axe Y-Y parallèlement à l'axe longitudinal du rail. S'il n'y a pas égalité entre le signal PO_1 et celui délivré par le capteur d'angle 40, le comparateur délivre un signal de correction de position Δp_0 , positif ou négatif, commandant par l'intermédiaire d'un amplificateur 51 une servo-valve 52 de commande du vérin à double effet 33 alimenté en fluide sous pression par le groupe hydraulique 64, assurant le positionnement angulaire de l'unité de meulage 27, 28.

25 Le signal analogique Pu_1 est comparé à l'aide du comparateur 53 à un signal proportionnel à la puissance instantanée du moteur 27 et, en cas d'inégalité de ces signaux, le comparateur 53 délivre un signal de correction de puissance Δp_u commandant, par l'intermédiaire d'un amplificateur 54 une servo-valve 55 de commande du vérin à double effet 29, 29a modifiant la pression d'application de la meule 28 contre le rail 2.

30 Le signal analogique de vitesse V délivré par le convertisseur digital-analogique 60 alimenté par le micro-processeur 43 est comparé à l'aide d'un comparateur 61 à un signal proportionnel à la vitesse du moteur 62 de traction du véhicule 23 et en cas d'inégalité de ces signaux, le comparateur 61 délivre un signal de correction ΔF commandant par l'intermédiaire d'un amplificateur 63 la fréquence d'alimentation électrique du moteur de traction 62.

35 Ainsi, la machine décrite pour la mise en oeuvre du procédé de programmation et de reprofilage comporte pour chaque file de rails des moyens de mesure du profil transversal, de la distance parcourue, du profil longitudinal du rail et de l'amplitude des ondulations de grande ou de petite longueur d'ondes.

Une fois le travail de reprofilage programmé comme décrit ci-dessus, il suffit de déterminer, de façon connue, la position des outils de meulage en fonction du profil transversal du rail mesuré pour pouvoir, à
40 l'aide des données de programmation, commander une machine de reprofilage telle que celle qui vient d'être décrite.

A titre d'exemple, une forme d'exécution du procédé de programmation, complétée par la commande d'une machine de reprofilage, sera décrite ci-dessous. Dans ce cas particulier, on a choisi de décomposer le champignon du rail en trois zones A, B, C, illustrées à la figure 11, de longueur LA, LB, LC .

45 La surface totale de métal à enlever est répertoriée par les zones hachurées.

$$Stot = SA + SB + SC$$

La figure 12 illustre pour différents types d'usure d'un rail, la valeur des sections de métal SA, SB, SC à enlever.

50 La figure 13 est un schéma bloc illustrant les opérations de programmation et de commande d'une machine de reprofilage selon le principe de division en trois zones A, B, C du champignon du rail.

Les éléments et opérations déjà décrits en référence à la figure 1 portent les mêmes chiffres de référence et ne seront pas redécrits ici pour ne pas alourdir la description.

55 En 70, la surface totale du champignon du rail 2 est répartie trois zones A, B, C d'égale longueur ou non suivant les décisions du programmeur. Ceci se fait à l'aide de la connaissance en 16 de la section totale de métal à enlever et d'une subdivision du profil de référence en trois parties mémorisées en 71 par exemple sous forme de matrice. Les sections SA, SB et SC sont affichées et mémorisées en 17.

En 72, sont mémorisées les configurations angulaires standard que peuvent prendre les unités de meulage du type de machine indiqué en 18.

A partir des caractéristiques des outils, soit de la puissance nécessaire en fonction de la capacité d'enlèvement de métal mémorisée en 20, du nombre d'outils mémorisé en 21 et de la répartition choisie en 70 pour les trois zones A, B, C du champignon du rail, on détermine en 73 le nombre d'outils affectés à chacune de ces zones. Ceci permet d'optimiser en 22 la vitesse V et le nombre de passes en

5 connaissant également les vitesses Vmin et Vmax mémorisées en 19. On affiche et mémorise en 17 la vitesse de travail calculée V et le nombre de passes-machine PM déterminé.

En 74, on sélectionne parmi les configurations géométriques d'outils mémorisées en 72, celle correspondant au nombre d'outils par zone déterminée en 73 et en 75 on détermine la configuration en puissance des outils affectés à chacune des zones A, B, C à partir des configurations géométriques choisies en 74 et

10 de l'optimisation effectuée en 22. On affiche et mémorise pour chaque zone A, B, C la puissance Pu et le nombre des outils N en 17.

On a ainsi non seulement procédé à la programmation d'une opération de meulage mais également déterminé les paramètres nécessaires à la commande d'une machine de reprofilage des rails.

A l'aide du sélecteur 76 à trois positions, il est possible lorsqu'il est en position 1 d'enregistrer les

15 données mémorisées en 17 et d'établir des enregistrements des caractéristiques pour la programmation et la commande du reprofilage; lorsqu'il est en position 2 de faire cet enregistrement et de simultanément commander une machine de reprofilage des rails et enfin lorsqu'il est en position 3, de commander directement une machine de reprofilage sans faire d'enregistrement de paramètres de programmation et de reprofilage.

20 Il est évident que les distributions des outils de reprofilage sur les différentes zones sont définies en fonction des valeurs SA, SB, SC et de l'expérience. Des tableaux ont été établis à la suite d'essais systématiques pour définir, en fonction des valeurs de SA, SB et SC, d'une part la distribution des outils sur les différentes zones, et d'autre part la puissance assignée à chacun des outils et/ou la vitesse de déplacement de la machine. Ce sont ces tableaux qui sont mémorisés en 74 dans le calculateur.

25 Dans une autre variante, on peut décomposer le profil de référence en autant de zones qu'il y a d'outils de reprofilage à disposition, par exemple dix. La figure 14a indique la section de métal relative à la zone affectée en principe à chacun des dix outils.

Il s'agit dans ce cas de déterminer pour chacune des dix zones qui vont devenir une facette du

polygone circonscrit, la quantité de métal à enlever, le nombre de passes à effectuer et la puissance à

30 appliquer

Bien entendu, lors de l'optimisation du reprofilage, les zones où la section de métal à enlever est nulle ne nécessitant aucun outil de reprofilage, ces outils seront attribués aux zones présentant la plus grande section de métal, l'idée de base étant toujours d'effectuer le reprofilage en un minimum de passes.

Pour simplifier la compréhension, il est avantageux de modifier la représentation habituelle des profils

35 comme illustré à la figure 14b. Le profil de référence est développé en abscisse, les éléments $\Delta L_1, \Delta L_2, \dots, \Delta L_{10}$ étant reportés les uns à la suite des autres donnant l'axe des abscisses. Les écarts de profils étant reportés en ordonnées, positivement vers le haut (lorsqu'il y a excès de métal); négativement (manque de métal) vers le bas. L'échelle des ordonnées peut être amplifiée de façon à bien visualiser le problème.

Comme on le voit sur l'exemple ci-dessous à la figure 15 :

40

Métal à enlever	Nombre d'outils	Métal à enlever par outil : M
$\Delta S1 = 0$	0	-----
$\Delta S2 = 0$	0	-----
$\Delta S3 = 0,5$	1	0,5
$\Delta S4 = 1$	1	1
$\Delta S5 = 1$	1	1
$\Delta S6 = 1,5$	1	1,5
$\Delta S7 = 1,5$	1	1,5
$\Delta S8 = 1,8$	1	1,8
$\Delta S9 = 2,5$	2	1,25
$\Delta S10 = 2,5$	2	1,25

55

L'outil le plus chargé sera celui de la facette 8 avec $M = 1,8$.

Pour des valeurs de

Vmin = 4 km/h; Vmax = 6 km/h

$C_{\text{moy}} = 6 \text{ dm}^3/\text{h}$ à 11 KW
On détermine

$$S_{\text{max}} = \frac{C}{V_{\text{min}}} = \frac{6}{4} = 1,5$$

Pour la facette (8) avec $\Delta S = 1,8$ ce n'est pas suffisant, il faut augmenter la puissance puisqu'on ne peut diminuer la vitesse, qui sera $V = 4 \text{ Km/h} = V_{\text{min}}$, de façon à amener ΔS à 1,8.

Par conséquent, $\Delta S = \frac{C}{V} = 1,8 = \frac{C}{4}$ d'où $C = 7,2 \text{ dm}^3/\text{h}$
d'où d'après la courbe (C, f(Pu)) de la figure 4, $P_u = 12,5 \text{ kW}$.

La vitesse $V = 4 \text{ km/h}$ étant évidemment commune à tous les outils, on en déduit pour chacun la puissance à appliquer à partir du diagramme de la figure 4.

Comme $C = V.S$, on calcule C et ensuite $P_u = f(C)$ et on obtient pour l'exemple ci-dessus :

Facette	Nb Outil	$\Delta S/\text{outil}$	C	$P_u = f(C) \text{ kW}$
1	---	---	---	---
2	---	---	---	---
3	1	0,5	2	7
4	1	1	4	9
5	1	1	4	9
6	1	1,5	6	12
7	1	1,5	6	12
8	1	1,8	7,2	12,5
9	2	1,25	5	10
10	2	1,25	5	10

Ainsi, on peut en conclure que sur le tronçon étudié :

- la surface de métal totale à enlever est $Stot = 12,3 \text{ mm}^2$
- la vitesse de reprofilage sera $V = 4 \text{ Km/h}$
- la distribution des outils sera :

Facette	numéro des outils	Puissance en kW
1	-----	-----
2	-----	-----
3	1	7
4	2	9
5	3	9
6	4	12
7	5	12
8	6	12,5
9	7 et 8	10
10	9 et 10	10

Bien entendu, ces valeurs peuvent être enregistrées tronçon par tronçon comme il se doit; elles peuvent aussi être avantageusement utilisées pour commander directement la machine à reprofiler.

On peut encore faire remarquer les points particulièrement avantageux suivants du procédé qui vient d'être décrit :

- La méthode d'optimisation décrite ne présente aucune difficulté à être programmée sur ordinateur.
- Le nombre de facette (dix dans l'exemple cité en dernier) peut être quelconque, de préférence égal au nombre d'outils, mais ce n'est pas une condition indispensable.

c) Il est possible d'optimiser le processus de programmation et de reprofilage pour n'importe quelle machine, quel que soit son nombre d'outils et ses caractéristiques.

d) Comme déjà mentionné, tous les résultats peuvent être enregistrés pour la programmation du travail, mais cette méthode convient très bien également à la commande en directe des machines à reprofiler.

5 Enfin, il faut également noter que lorsqu'à la fin du tronçon de référence "Lo" une autre configuration des outils de reprofilage est nécessaire, tant en position qu'en puissance, cela peut se faire de deux façons distinctes :

a. Tous les outils sont déplacés simultanément de leur ancienne position à la nouvelle.

10 b. Les outils disposés dans les sens de marche de la machine sont déplacés l'un après l'autre en fonction de leur espacement le long du rail et de la vitesse de travail, de façon à ce qu'ils prennent tous leur nouvelle position en un même point de la voie. Cela évite, pour des reprofileuses de grande longueur, de laisser des zones où le reprofilage du fait de l'espacement des outils serait indéterminé.

La description et les exemples donnés ci-dessus font état d'outils rotatifs tels que des meules, mais il est évident que tout outil de reprofilage peut être utilisé et notamment des fraises, des sabots oscillants,
15 une bande abrasive, etc.

Revendications

20 1. Procédé de reprofilage des rails d'une voie ferrée et/ou de programmation du travail de reprofilage de ces rails, caractérisé par le fait qu'on découpe la voie en tronçons successifs à partir d'un point de départ et que pour chacun de ces tronçons on procède aux opérations suivantes pour chaque file de rails :

a. on mesure les longueurs d'ondes et/ou les amplitudes des ondulations longitudinales de la table de roulement du rail;

25 b. on mesure le profil transversal du champignon du rail;

c. on compare un profil de référence au profil transversal mesuré et détermine la section de métal transversale à enlever pour corriger le profil transversal du rail;

d. on détermine en fonction des amplitudes des ondulations longitudinales du rail la section de métal longitudinale à enlever pour corriger le profil longitudinal du rail;

30 e. on détermine en fonction des opérations c et d la section totale de métal à enlever;

f. on détermine en fonction d'une vitesse de travail, des caractéristiques d'enlèvement de métal des outils, et de la section totale de métal à enlever, le nombre de passe-outils minimal nécessaire.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on définit le type de machine devant être utilisé pour le reprofilage de la voie, fixe ses vitesses de travail maximale et minimale, définit les
35 caractéristiques d'enlèvement de métal de ses outils, et fixe le nombre d'outils par file de rails; et par le fait qu'on modifie la vitesse de travail de la machine et/ou la capacité d'enlèvement de métal des outils pour définir un nombre de passe-machines entier.

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé par le fait qu'on mémorise et/ou enregistre la vitesse de travail et le nombre de passes nécessaire.

40 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on décompose le champignon du rail à reprofiler en plusieurs bandes parallèles; qu'on détermine comme précédemment mais pour chacune des bandes individuellement la section totale de métal à enlever; qu'on détermine comme précédemment mais pour chacune des bandes individuellement le nombre de passe-outils nécessaire; qu'on attribue un nombre d'outils déterminé à chacune desdites bandes en fonction de la
45 section de métal à enlever et qu'on optimise comme précédemment la puissance de chaque outil en fonction de la vitesse de travail, du nombre d'outils par bande, et de la caractéristique d'enlèvement du métal de l'outil.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on sélectionne en fonction de la section totale de métal à enlever et de sa répartition sur le rail, une configuration d'outils standard en
50 position.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on commande à partir de certains au moins de ces paramètres, soit directement, soit en différé, une machine de reprofilage des rails d'une voie de chemin de fer.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que lorsqu'une configuration
55 d'outils différente est nécessaire pour un tronçon de voie que pour le tronçon précédent, on déplace les outils soit simultanément, soit l'un après l'autre en fonction de leur espacement le long du rail.

8. Dispositif de reprofilage des rails d'une voie ferrée et/ou de programmation du travail de reprofilage de ces rails, caractérisé par le fait qu'il comporte pour chaque file de rails :

- a. des moyens de mesure des longueurs d'ondes et/ou les amplitudes des ondulations longitudinales de la table de roulement du rail;
 - b. des moyens de mesure du profil transversal du champignon du rail;
 - c. des moyens de comparaison d'un profil de référence avec le profil transversal mesuré et des moyens
 - 5 de détermination de la section de métal transversale à enlever pour corriger le profil transversal du rail;
 - d. des moyens pour déterminer en fonction des amplitudes des ondulations longitudinales du rail la section de métal longitudinale à enlever pour corriger le profil longitudinal du rail;
 - e. des moyens pour déterminer en fonction des opérations c et d la section totale de métal à enlever;
 - f. des moyens pour déterminer en fonction d'une vitesse de travail, des caractéristiques d'enlèvement de
 - 10 métal des outils, et de la section totale de métal à enlever, le nombre de passe-outils minimal nécessaire.
- 9, Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens mémorisant le type de machine devant être utilisé pour le reprofilage de la voie, les vitesse de travail maximale et minimale, les caractéristiques d'enlèvement de métal des outils, des moyens de calcul définissant le nombre d'outils
- 15 par file de rails; et la vitesse de travail de la machine et/ou la capacité d'enlèvement de métal des outils pour définir un nombre de passe-machine entier.
10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens de sélection, en fonction de la section totale de métal à enlever et de sa répartition sur le rail, d'une configuration d'outils standard en position parmi celles mémorisées dans les moyens de mémorisation.
- 20 11. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens de commande qui, à partir de certains au moins des paramètres enregistrés et calculés, commandent, soit directement, soit en différé, des moyens de reprofilage des rails d'une voie de chemin de fer.
12. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 11, caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens définissant la position de la machine par rapport à la voie.
- 25 13. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens de positionnement des outils et de réglage de leur puissance sur des génératrices du rail en fonction de la section totale de métal à enlever et de sa répartition sur lesdites génératrices.
14. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens pour modifier l'inclinaison des outils autour du rail, soit simultanément, soit l'un après l'autre en fonction de
- 30 leur espacement le long du rail.

35

40

45

50

55

FIG. 1

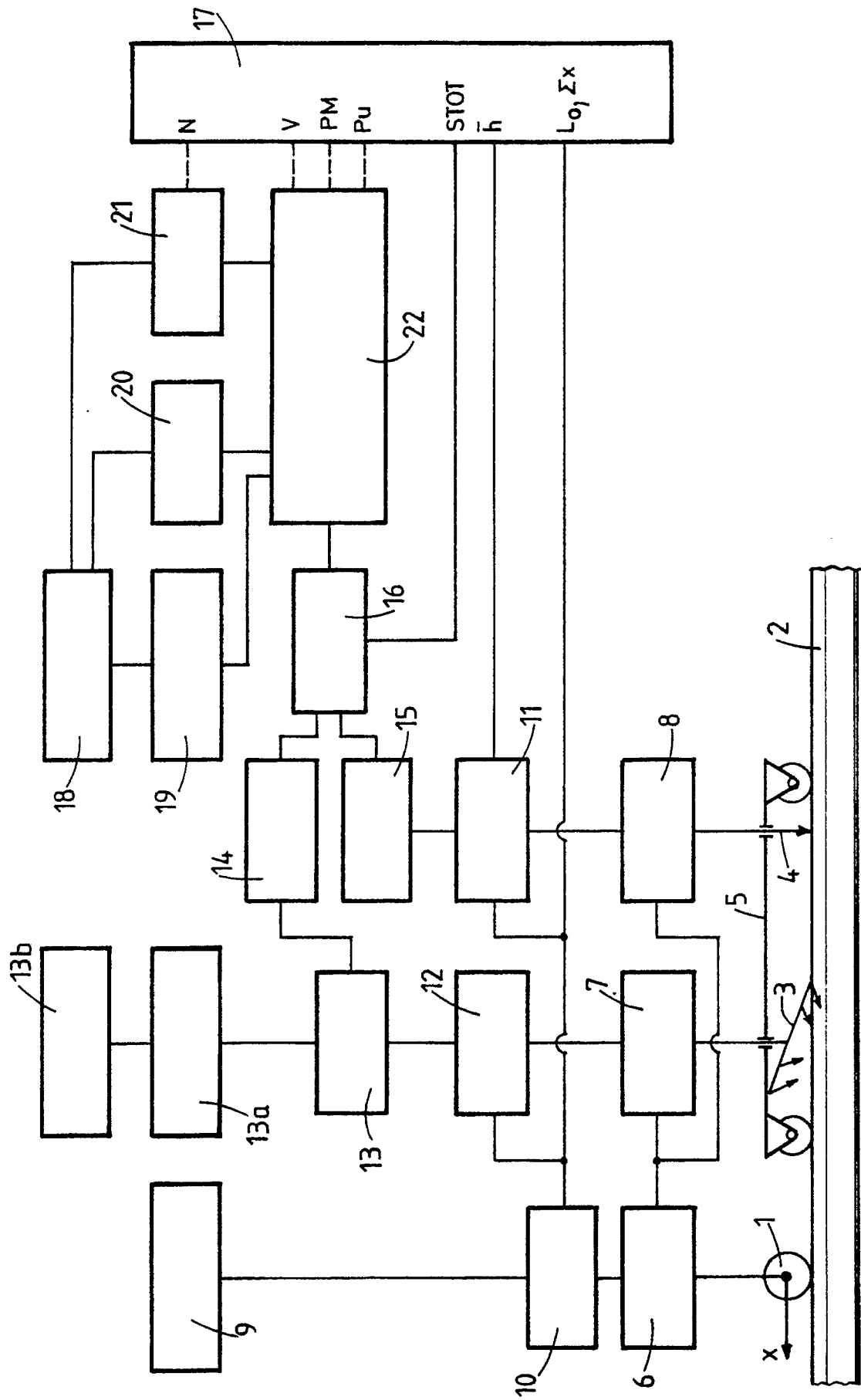


FIG. 2

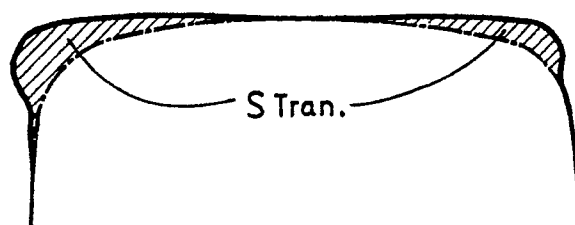
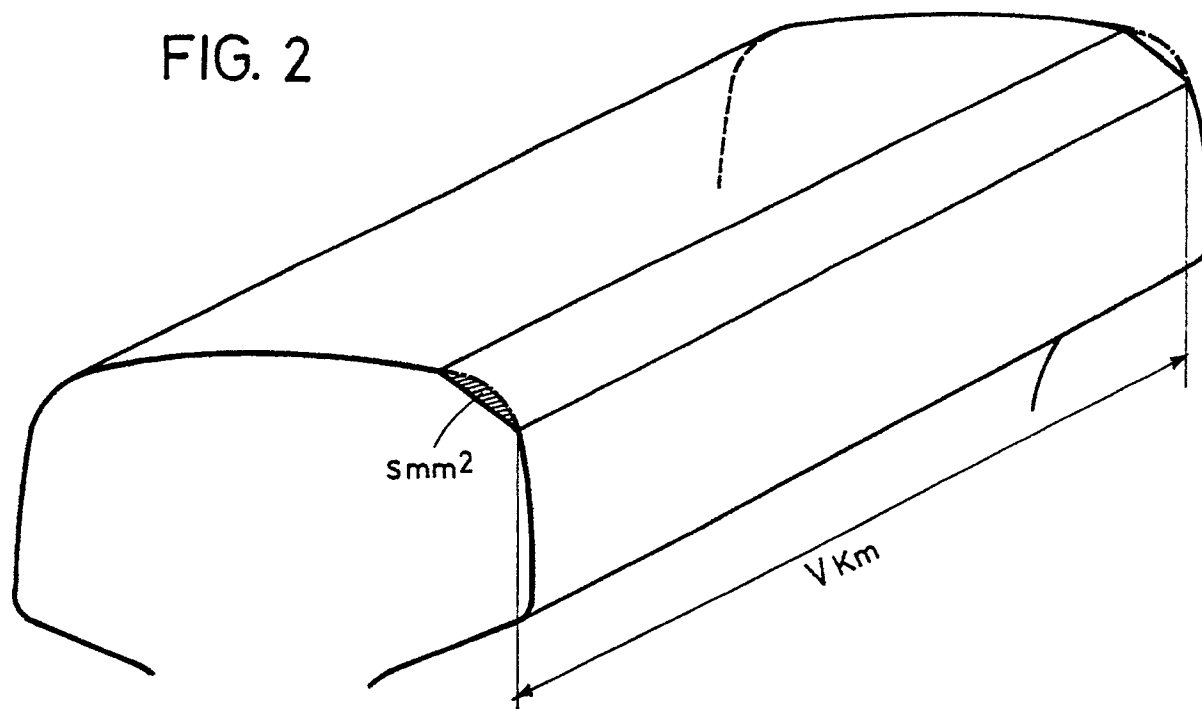


FIG. 3a

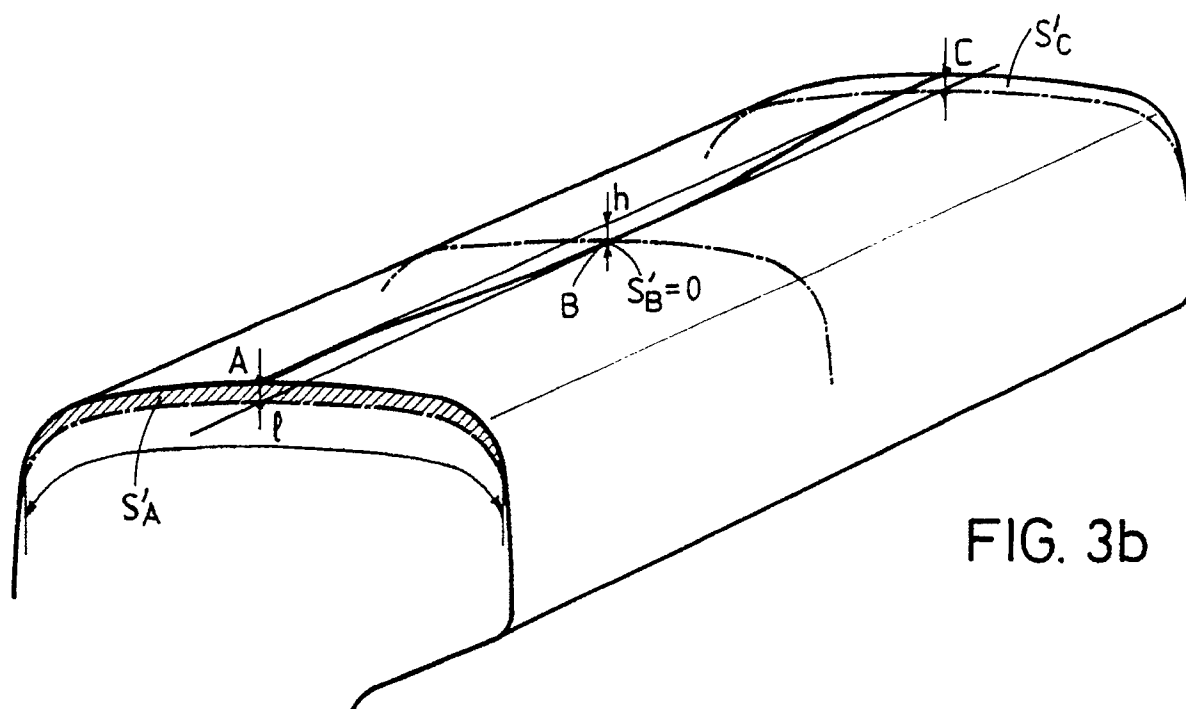


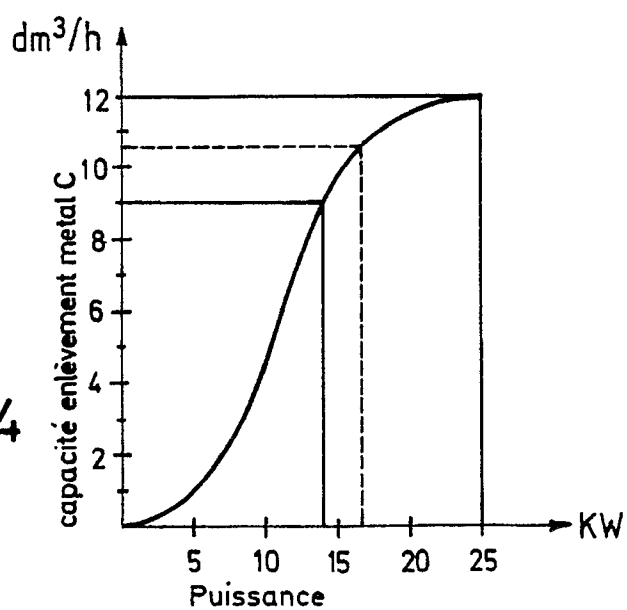
FIG. 3b

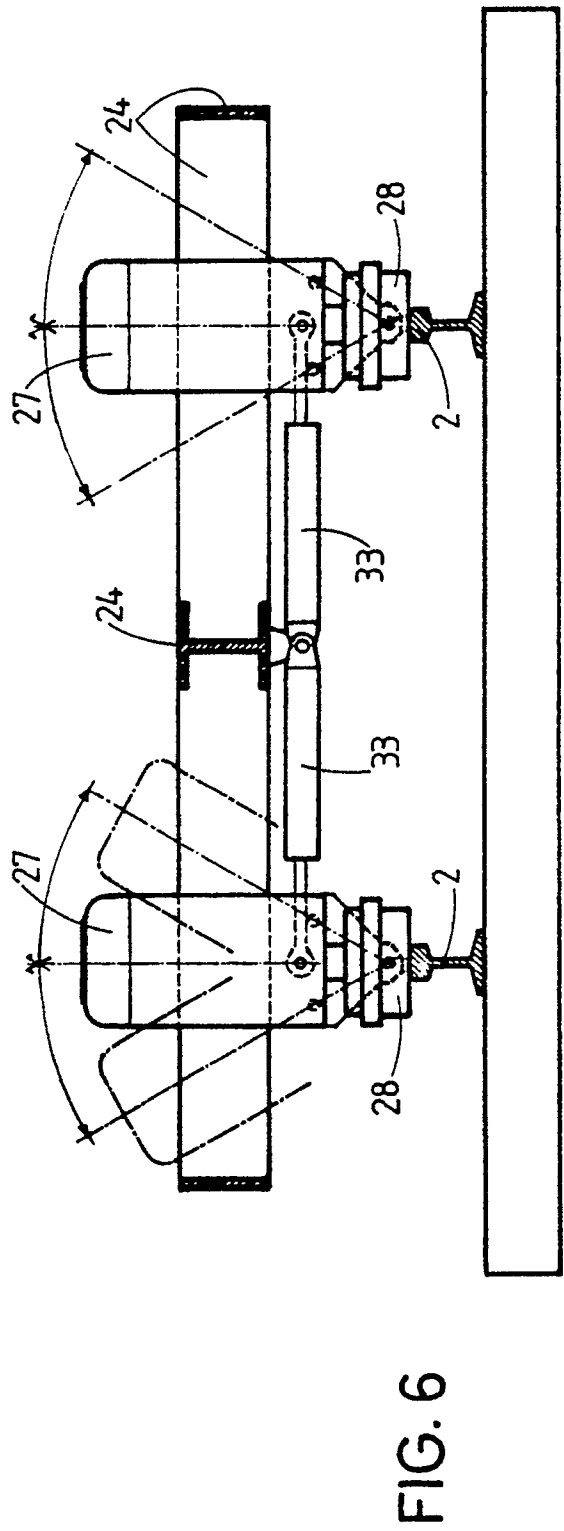
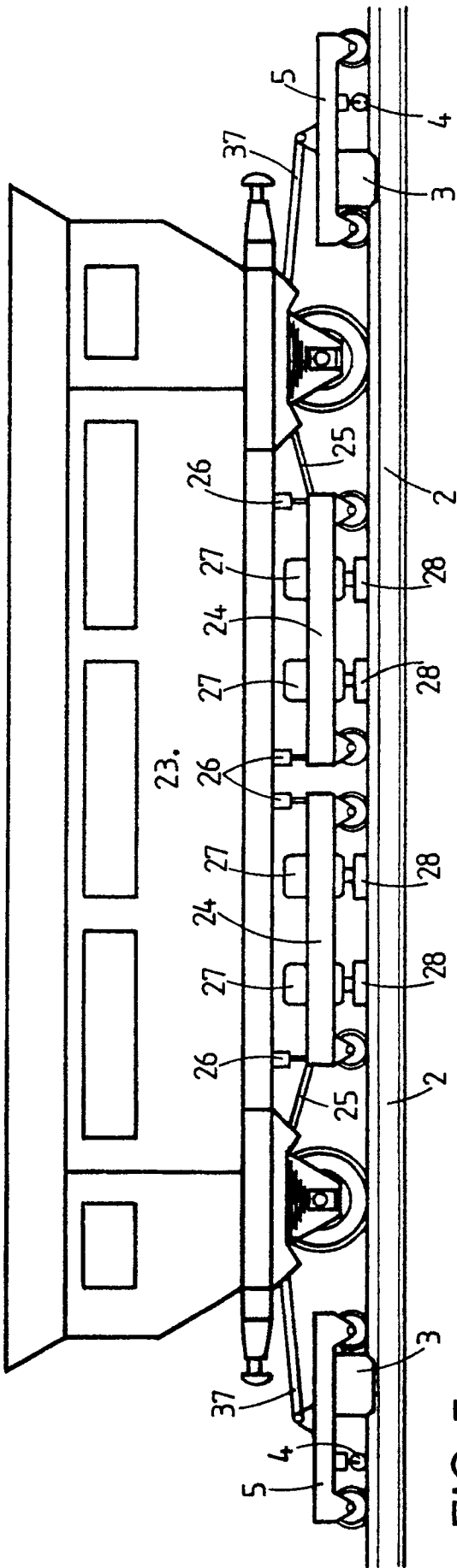


FIG. 3c

$$S_{\text{Tot.}} = S_{\text{Tran.}} + S_{\text{Long.}}$$

FIG. 4





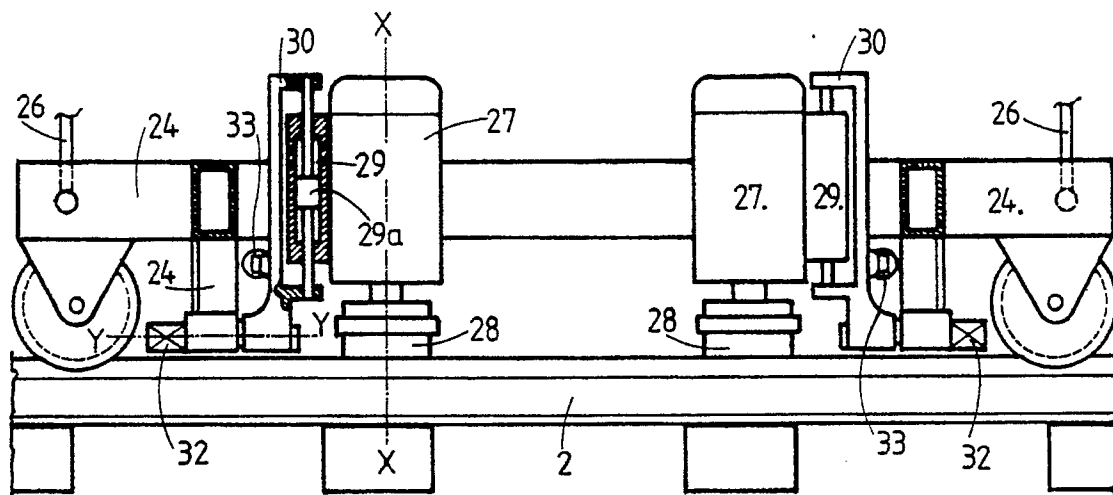


FIG. 7

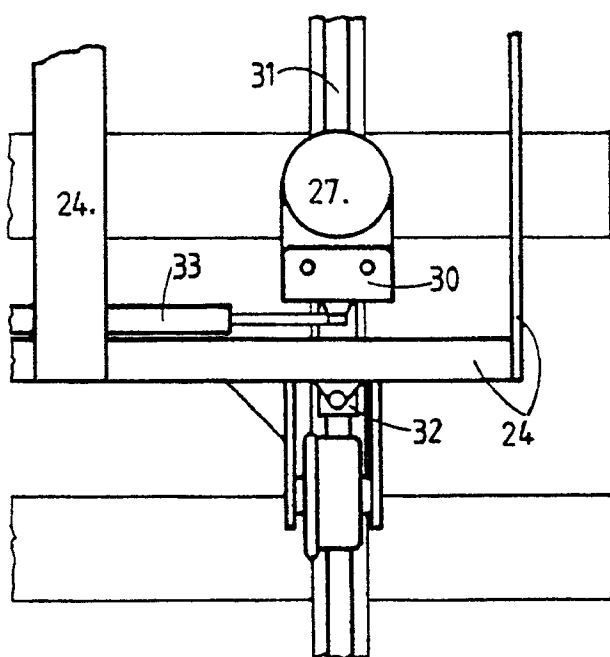


FIG. 8

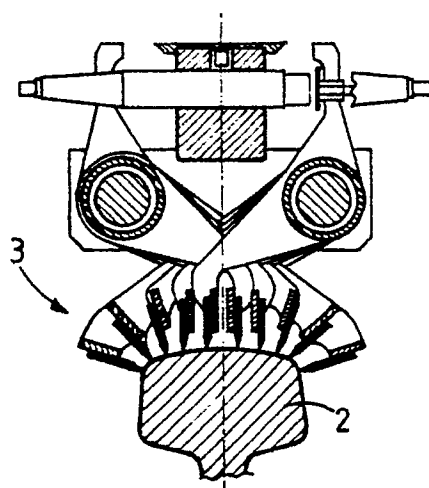


FIG. 9

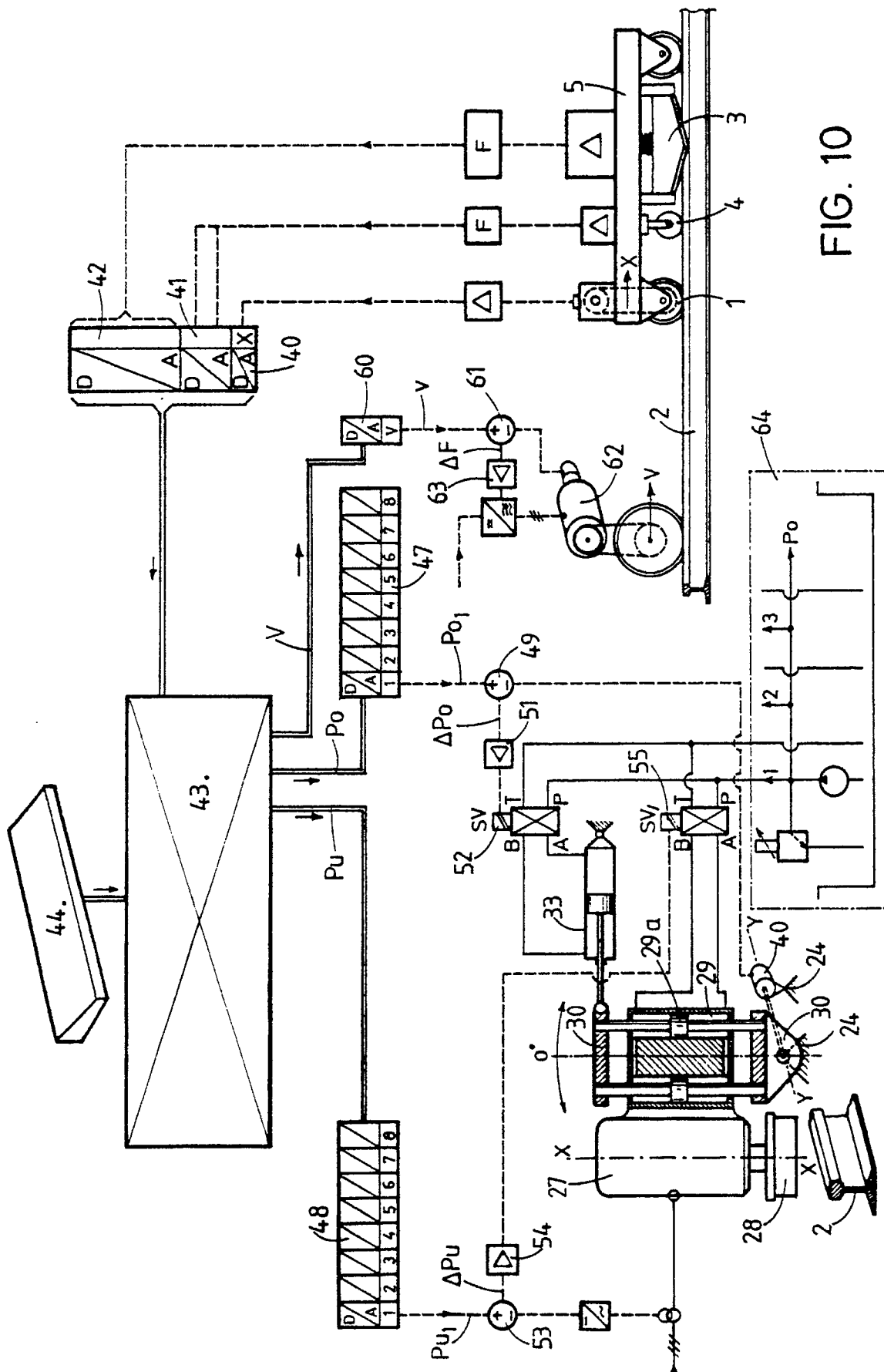
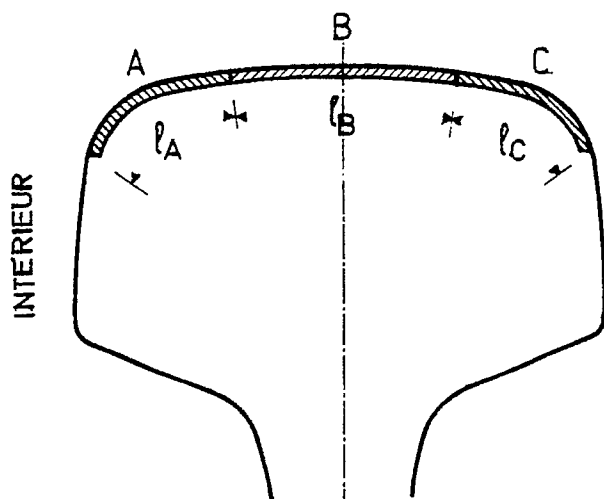


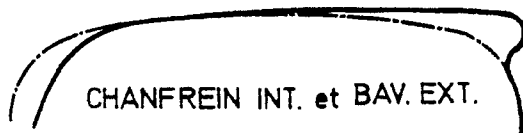
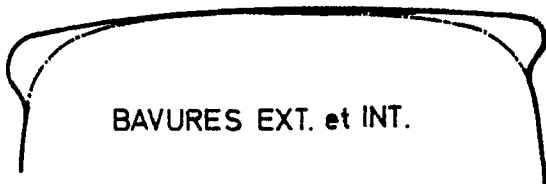
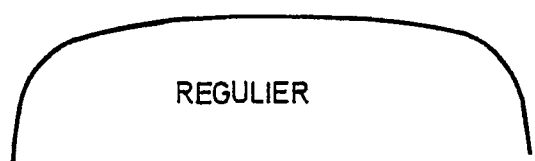
FIG. 10



$$S_{TOT} = S_A + S_B + S_C$$

FIG. 11

FIG. 12



S_A	S_B	S_C
$\approx S_B \approx S_C$		
PETIT	$S_B \approx 0$	PETIT
PETIT	PETIT	GRAND
GRAND	PETIT	GRAND
ZERO	PETIT	GRAND

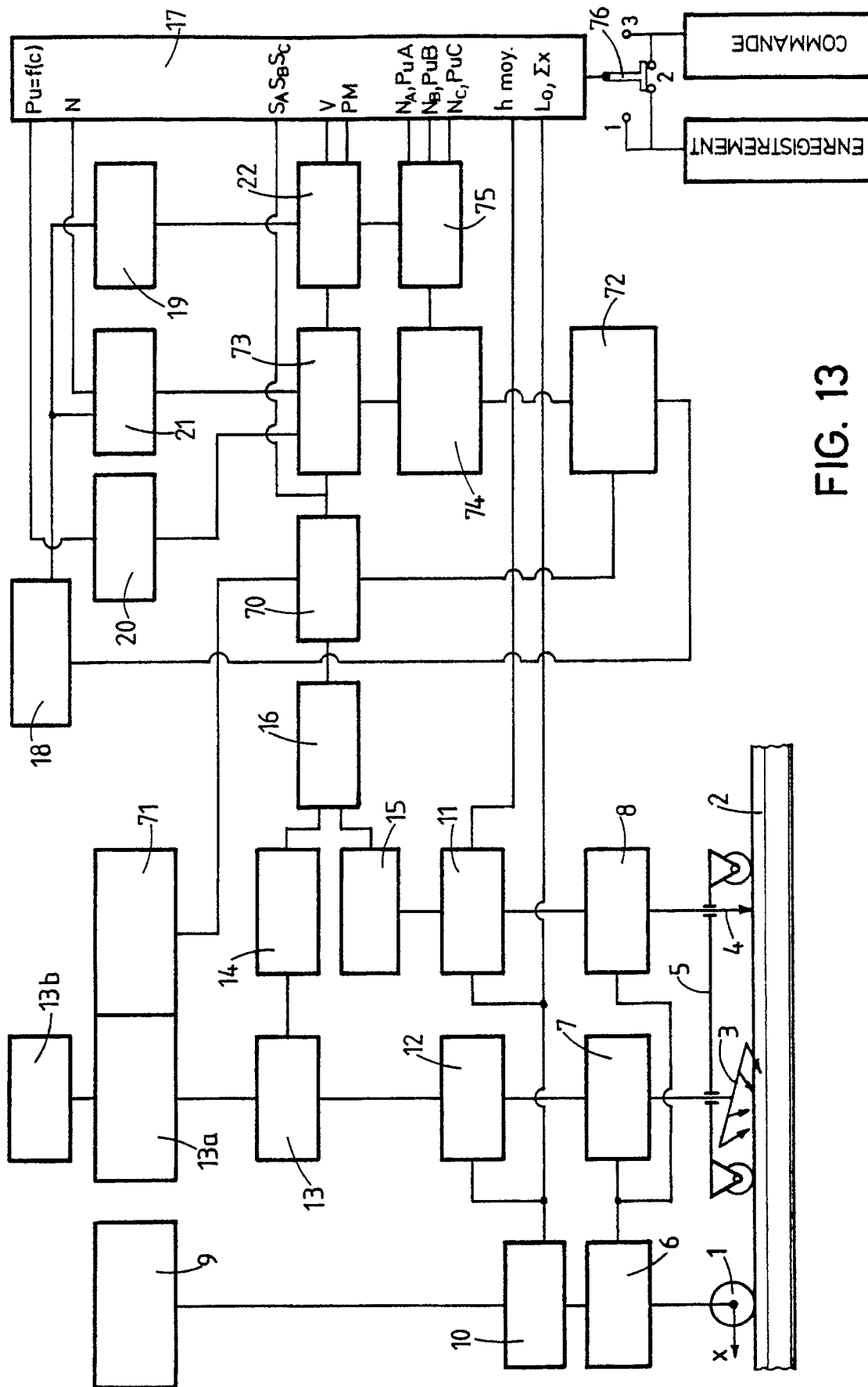


FIG. 13

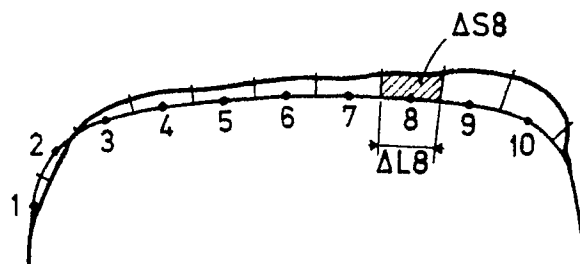


FIG. 14a

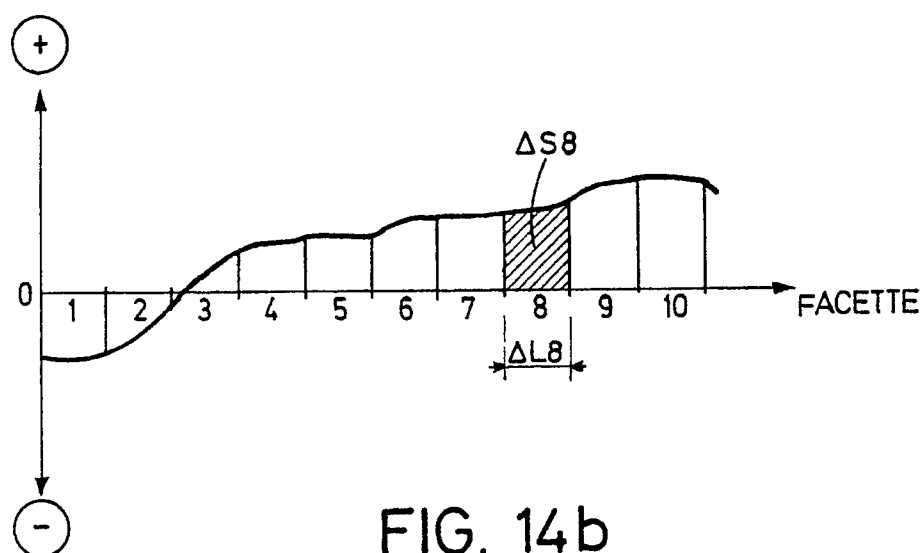


FIG. 14b

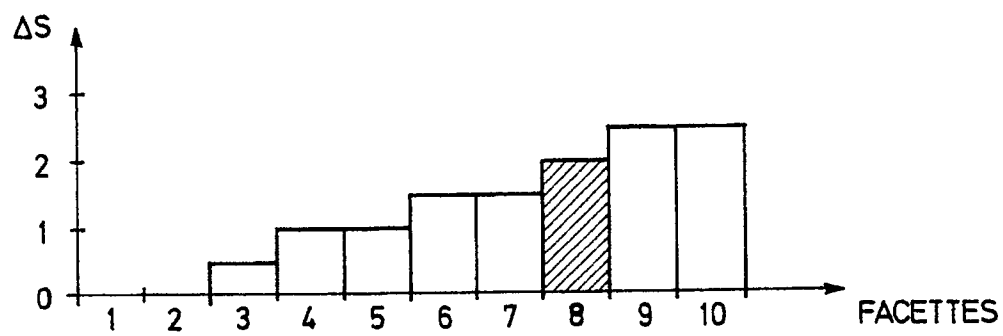


FIG. 15



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 90 11 4680

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	RAIL INTERNATIONAL, vol. 18, no. 7, juillet, pages 3-10, Bruxelles, BE; C. ESVELD: "A high speed recording system for rails irregularitis" * Paragraphes 1,4,6,7 *	1,6	E 01 B 31/17 E 01 B 35/06
A	FR-A-2 341 701 (SPENO INTERNATIONAL) * Document en entier *	4,8,11-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			E 01 B B 24 B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 06-12-1990	Examineur KERGUENO J.P.D.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	