

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 829 577 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
18.03.1998 Bulletin 1998/12

(51) Int Cl. 6: E01B 5/04, E01B 5/14

(21) Numéro de dépôt: 97401669.3

(22) Date de dépôt: 10.07.1997

(84) Etats contractants désignés:

AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

Etats d'extension désignés:

AL LT LV RO SI

(30) Priorité: 13.09.1996 FR 9611212

(71) Demandeur: COGIFER COMPAGNIE GENERALE  
D'INSTALLATIONS FERROVIAIRES  
F-78290 Croissy-Sur-Seine (FR)

(72) Inventeurs:

- Muller, Christopher  
67110 Niederbronn les Bains (FR)
- Hege, Frédéric  
67110 Reichshoffen (FR)

(74) Mandataire: Moncheny, Michel et al  
c/o Cabinet Lavoix

2 Place d'Estienne d'Orves  
75441 Paris Cedex 09 (FR)

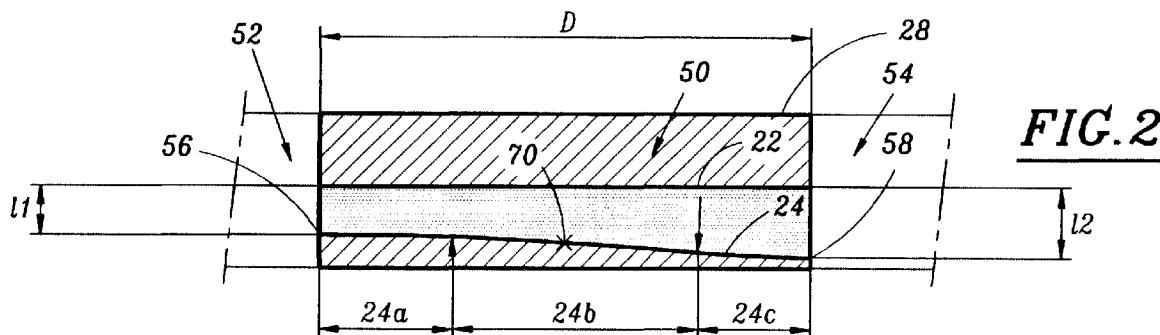
### (54) Rails droit ou courbe, à gorge de largeur variable

(57) L'invention concerne un rail droit à gorge qui comporte une gorge (18) délimitée latéralement par deux faces (22, 24). Sur un tronçon de rail, au moins l'une (24) des faces de la gorge est usinée de sorte que la largeur de la gorge varie entre une première largeur ( $l_1$ ) et une seconde largeur ( $l_2$ ). L'une des faces (22) est rectiligne. Les faces (22, 24) délimitant la gorge (18) se raccordent tangentiellement de part et d'autre dudit tronçon aux faces des gorges (52, 54) de tronçons de

rail adjacents de largeurs de gorges constantes, égales respectivement à ladite première largeur ( $l_1$ ) et à ladite seconde largeur ( $l_2$ ). La face usinée (24) non rectiligne admet en tout point de la longueur de la gorge (18) une unique tangente, le coefficient directeur de la tangente étant continûment variable suivant la longueur dudit tronçon.

L'invention concerne en outre un rail courbe obtenu par déformation d'un rail droit tel que défini ci-dessus.

Application aux rails de tramway.



## Description

La présente invention concerne un rail à gorge du type comportant une gorge ouverte dans la partie supérieure du rail et délimitée latéralement par deux faces, au moins l'une des faces de la gorge étant usinée de sorte que la largeur de la gorge varie sur au moins un tronçon principal de la longueur du rail entre une première largeur et une seconde largeur, le tronçon principal étant prolongé par deux tronçons adjacents à largeur de gorge constante égale respectivement à ladite première largeur et à ladite seconde largeur.

L'invention concerne les rails droits ou courbes.

Elle concerne en outre un procédé de fabrication d'un rail courbe à gorge.

Les rails à gorge sont utilisés notamment dans les voies de circulation de tramway, dans lesquelles les boudins des roues des véhicules circulants sont guidés dans les gorges.

Sur une même voie, la largeur des gorges peut varier suivant les zones de la voie. En particulier, il est connu d'élargir les gorges dans les courbes.

Il est ainsi nécessaire sur une même voie de relier des tronçons de rails ayant une première largeur de gorge à des tronçons de rail ayant une seconde largeur de gorge. Des rails à gorge de largeur variable sont alors utilisés.

Les rails à gorge de largeur variable connus sont formés par exemple par usinage de l'une des faces délimitant latéralement la gorge. L'usinage s'effectue sur un rail droit. La face usinée de la gorge présente sur l'essentiel de la profondeur de la gorge un profil d'intersection avec un plan parallèle au plan de roulement du rail qui est rectiligne et forme un segment de droite. La face usinée est alors plane et définit avec l'autre face non usinée de la gorge un angle constant.

On conçoit que la face usinée du rail se raccorde aux extrémités des faces des gorges de première et seconde largeurs des tronçons de rail adjacents suivant un raccordement anguleux. Les angles vifs ainsi définis au raccordement des faces entraînent des variations brutales d'accélération transversale pour le véhicule circulant sur la voie. Ces accélérations nuisent au confort des passagers. Cet inconvénient est particulièrement sensible au franchissement du raccordement avec la gorge la plus large. Le même inconvénient est constaté sur les rails courbes à gorge de largeur variable.

L'invention a pour but de proposer un rail à gorge permettant d'assurer le raccordement d'un tronçon de rail à gorge d'une première largeur à un tronçon de rail à gorge d'une seconde largeur ne présentant pas les inconvénients mentionnés ci-dessus et qui permette notamment d'assurer un guidage des roues du véhicule ne donnant pas naissance à des accélérations transversales brutales.

A cet effet, l'invention a pour objet un rail droit à gorge du type précité, caractérisé en ce que les faces délimitant la gorge sur ledit tronçon principal se raccordent

tangentiellement aux faces correspondantes des gorges des tronçons de rail adjacents, et en ce que, sur l'essentiel de la profondeur de la gorge, le profil de l'intersection de ladite face usinée avec un plan parallèle au plan de roulement du rail admet en tout point de la longueur dudit tronçon principal une unique tangente, le coefficient directeur de la tangente étant continûment variable suivant la longueur dudit tronçon principal.

Suivant des modes particuliers de réalisation, le rail droit à gorge peut comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- la face usinée est la face de la gorge disposée du côté intérieur de la voie,
- chaque profil comporte deux portions de courbe successives ayant des sens de courbure opposés,
- le sens de courbure de chaque profil s'inverse sensiblement au milieu dudit tronçon principal,
- la courbe définissant chaque profil est sensiblement symétrique par rapport au point dudit profil situé au milieu dudit tronçon principal.

L'invention a en outre pour objet un rail courbe à gorge, caractérisé en ce qu'il est susceptible d'être obtenu par déformation d'un rail droit à gorge tel que défini précédemment.

Suivant des modes particuliers de réalisation, le rail courbe à gorge peut comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- sur au moins une partie de la longueur dudit tronçon principal et sur l'essentiel de la profondeur de la gorge, les profils des intersections des faces délimitant la gorge avec un plan parallèle au plan de roulement du rail sont définis par des courbes de même nature ayant des paramètres caractéristiques différents,
- lesdites courbes sont des cubiques ou des clothoïdes,

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un rail courbe à gorge tel que défini ci-dessus, l'une des faces délimitant latéralement la gorge ayant un profil déterminé, du type comportant une étape d'usinage d'une face d'une gorge d'un rail droit et une étape ultérieure de déformation suivant une courbe donnée dudit rail droit pour obtenir ledit rail courbe, caractérisé en ce que, avant ladite étape de déformation, on usine la face dudit rail droit suivant un profil défini par la transformée mathématique, correspondant à la déformation inverse à ladite déformation suivant une courbe donnée, du profil déterminé définissant la face de la gorge du rail courbe.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe transversale d'un rail droit à gorge selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue en section suivant la ligne II-II du rail droit à gorge de la figure 1 ; et
- la figure 3 est une vue analogue à celle de la figure 2 d'un rail courbe à gorge selon l'invention obtenu par déformation du rail droit à gorge de la figure 2.

Le rail droit à gorge selon l'invention, représenté sur la figure 1, comporte un patin 10 et une âme verticale 12 supportant un champignon 14 et une bavette 16 entre lesquels est délimitée une gorge 18.

Après installation du rail, la bavette 16 est disposée à l'intérieur de la voie. Ainsi, le boudin de la roue est reçu dans la gorge 18 alors que la surface de roulement de la roue repose sur une surface supérieure 20 du champignon. Le plan tangent aux surfaces supérieures des deux rails d'une voie est dénommé plan de roulement.

La gorge 18 est délimitée latéralement par une face 22, dite de guidage, bordant le champignon 14 et une face 24, dite intérieure, bordant la bavette 16. Les faces 22 et 24 sont légèrement inclinées et convergent vers un fond 26 de la gorge. Les faces 22, 24 sont chacune engendrées par un segment de droite contenu dans le plan de la figure 1. Ces segments ont une inclinaison sensiblement constante par rapport à l'âme verticale 12 sur toute la longueur du rail. Chaque segment de droite est relié tangentiellement au fond 26 de la gorge et aux surfaces supérieures du champignon et de la bavette par des portions de cercle.

Un plan dénommé plan directeur est situé à une distance normalisée  $e$  au-dessous du plan de roulement. Le plan directeur est parallèle au plan de roulement.

La largeur de la gorge, ou ouverture, est la distance séparant les points d'intersection des segments génératrices des faces avec le plan directeur.

Sur la figure 1, la face intérieure 24 a été usinée de sorte que la gorge 18 a une largeur variable depuis une première largeur notée  $l_1$  jusqu'à une seconde largeur supérieure notée  $l_2$ . Le profil de rail utilisé pour la fabrication est du type à bavette épaisse, c'est-à-dire que le profil dispose déjà d'une gorge avant usinage de la face intérieure 24. On peut également utiliser un profil spécial à gorge pleine. Dans ce cas, la totalité de la gorge sera usinée, et notamment les deux faces 22, 24.

Sur la figure 2, montrant le rail de la figure 1, on voit que seule la face 24 a été usinée de sorte que la largeur de la gorge varie de  $l_1$  à  $l_2$  sur un tronçon principal de raccordement 50 qui a une longueur notée  $D$ . Les largeurs de gorge  $l_1$  et  $l_2$  correspondent respectivement aux largeurs de gorge de tronçons 52, 54 de rail adjacents, à gorge de largeur constante, prolongeant de part et d'autre le tronçon principal 50. Les tronçons 52, 54 peuvent être venus de matière avec le tronçon principal 50 ou être rapportés.

La face de guidage 22 est rectiligne et n'a pas été usinée. Ainsi, elle s'étend à une distance constante de

la face latérale extérieure 28 du champignon sur toute la longueur du rail.

L'usinage de la face 24 est tel que celle-ci se raccorde tangentiellement à la face correspondante des tronçons 52 et 54 suivant les lignes notées 56 et 58. En outre, sur l'essentiel de la profondeur de la gorge, le profil de l'intersection de la face usinée 24 avec tout plan parallèle au plan de roulement du rail, notamment le plan directeur, admet en tout point de la longueur du tronçon 50 une unique tangente. Le coefficient directeur de cette tangente est continûment variable suivant la longueur du tronçon principal 50.

La définition précise du profil de la face 24 sera donnée dans la suite de la description.

Sur la figure 3 est représenté le tronçon principal de raccordement après déformation en vue de sa mise en œuvre dans une zone de raccordement dit parabolique. Il porte sur cette figure la référence 50'. De même, sur cette figure, les éléments du tronçon 50' correspondant à ceux du tronçon 50 et qui ont été déformés portent la même référence que sur les figures 1 et 2 suivie d'un prime.

On désigne par zone de raccordement parabolique un raccordement établi entre d'une part un rail 60 d'une voie en alignement, c'est-à-dire un rail rectiligne à gorge d'une première largeur  $l_1$ , et d'autre part un rail 62 d'une voie courbe, c'est-à-dire ayant une courbure constante de rayon  $R_1$  et une gorge élargie de largeur  $l_2$ , et dans lequel la face de guidage 22' ainsi que la face extérieure 28' du champignon du tronçon de raccordement suivent des profils caractéristiques d'un raccordement parabolique. Dans le domaine technique considéré, il est connu qu'un raccordement parabolique est défini mathématiquement par une cubique.

Chaque profil de l'intersection de la face intérieure usinée 24' avec le plan directeur comprend trois parties successives depuis le rail droit 60 jusqu'au rail courbe 62.

Une première partie notée 24A est définie par un segment de droite prolongeant la face intérieure de la gorge du rail 60.

La partie suivante 24B suit un profil parabolique. Afin d'assurer un écartement progressif des faces 22' et 24', les paramètres caractéristiques de la cubique définissant la partie 24B sont différents de ceux définissant la face de guidage non usinée 22'.

La dernière partie, notée 24C, est définie par un arc de cercle dont le rayon est égal à celui  $R_1 + l_2$  de la face intérieure du rail courbe 62 et de même centre.

Le rail représenté sur la figure 3 est obtenu par déformation du rail de la figure 2 par cintrage entre des rouleaux ou par déformation élastique lors de sa mise en place.

A cet effet, le tronçon principal de raccordement 50 du rail droit de la figure 2 est usiné de la manière suivante.

La face de guidage 22 est rectiligne et non usinée. Elle prolonge les faces correspondantes des tronçons

complémentaires 52 et 54.

La face intérieure 24 présente après usinage sur l'essentiel de la profondeur de la gorge un profil en section par tout plan parallèle au plan de roulement du rail, notamment le plan directeur qui comporte trois parties successives depuis le tronçon 52 jusqu'au tronçon 54, correspondant respectivement aux parties 24A à 24C de la figure 3.

La première partie, notée 24a, est définie par une cubique dont les paramètres sont ceux de la face de guidage 22' mais de courbure inverse. Ainsi, après cintrage, la partie 24a de la face intérieure est redressée pour former la partie 24A sensiblement rectiligne.

La partie suivante, notée 24b, est définie par des paramètres résultant de la différence entre les paramètres caractéristiques de la face de guidage 22' et ceux de la partie 24B. En particulier, la partie 24b est telle qu'après déformation suivant le profil parabolique correspondant à la face de guidage 22', celle-ci suive un profil parabolique de paramètres différents.

La dernière partie de la face usinée, notée 24c, est définie de même à partir de la transformée mathématique correspondant à la déformation inverse au cintrage suivant les paramètres de la face 22' du profil circulaire définissant la partie 24C.

Avantageusement, la face 24 avant déformation est telle que chaque profil en section comporte trois points où le rayon de courbure est infini. Deux de ces points sont situés aux extrémités de l'usinage. Ils correspondent à des points de lignes de raccordement tangentiel 56, 58. Le troisième point, noté 70 sur la figure 2, est situé sensiblement au milieu du profil usiné de la face 24 et sépare celui-ci en deux portions de courbe successives ayant des sens de courbure opposés. Avantageusement, le point 70 constitue un centre de symétrie pour la courbe 24b.

Dans l'exemple représenté ici, le raccordement de la voie courbe 62 à la voie rectiligne 60 a été effectué suivant un raccordement parabolique. Toutefois, ce raccordement peut être effectué suivant une clohoïde. Alors qu'un raccordement parabolique est défini par une cubique, une clohoïde est une courbe de raccordement progressif entre un alignement droit et un tronçon circulaire caractérisé par le fait qu'en tout point considéré, le rayon de courbure est inversement proportionnel à la longueur d'arc depuis l'origine.

On comprend que lorsque le rail à gorge de largeur variable est cintré suivant une clohoïde, les parties des faces définies dans ce qui précède par des cubiques le sont par des clohoïdes.

Ainsi, en particulier, chaque profil en section de la face non usinée 22' est alors défini par une clohoïde et la partie 24B de la face usinée est définie également par une clohoïde de paramètres différents de ceux définissant la face non usinée.

Les profils de la face usinée 24 du rail droit sont recalculés en conséquence, comme expliqué précédemment.

On comprend qu'avec un rail droit selon l'invention, les raccordements tangentiels aux extrémités des faces du tronçon à largeur de gorge variable et la continuité de variation du coefficient directeur de la tangente à chaque profil de la face usinée sur toute la longueur du dit tronçon permettent d'éviter les chocs latéraux entre le boudin de la roue et les faces de la gorge. Les accélérations latérales nuisibles du véhicule circulant sont ainsi éliminées.

On conçoit que les mêmes avantages sont obtenus avec un rail courbe tel que défini ici.

Un exemple de dimensionnement de la gorge de largeur variable d'un rail courbe selon l'invention va maintenant être décrit en référence aux cotes mentionnées sur la figure 3.

Etant donné le très faible écart entre les profils des faces correspondant à un raccordement clohoïdal et un raccordement parabolique, l'exemple suivant est décrit dans le cadre d'un raccordement parabolique pour lequel les calculs sont plus simples.

A cet effet, on considère un repère orthonormé du plan centré au point d'intersection de la ligne 56 avec le plan de coupe, l'axe des abscisses x-x' prolongeant la face de guidage du tronçon rectiligne 60 et l'axe des ordonnées y-y' s'étendant transversalement au tronçon 60.

Sur la figure 3, et dans les formules qui suivent les notations suivantes sont utilisées :

- 30 R désigne le rayon osculateur de la face de guidage 22' au point de raccordement avec le tronçon 62, c'est-à-dire approximativement le rayon  $R_1$  de la face du tronçon courbe 62.  
 35 b désigne la longueur en projection sur l'axe x-x' de la partie intermédiaire 24B du tronçon de raccordement 50'.  
 L désigne la longueur en projection sur l'axe x-x' de la face de guidage 22' du tronçon de raccordement 50'.  
 40 d désigne la différence de largeur des gorges des tronçons 52 et 54, c'est-à-dire que  $d = l_2 - l_1$ .  
 45  $x_1$  et  $x_2$  désignent les abscisses des points de raccordement respectivement des parties 24A, 24B et 24B, 24C,

La partie intermédiaire 24B est centrée par rapport à la projection sur l'axe x-x' du profil de la face non usinée 22' et a une longueur  $b = \sqrt{L^2 - 24Rd}$  dans cet exemple.

Par exemple pour les valeurs numériques suivantes correspondant aux paramètres définis :

- 55  $L = 9000$  mm.  
 $R = 250$  m.  
 $d = 5$  mm.

On en déduit alors  $b = 7141,4$  mm.

La largeur  $y$  de la gorge s'exprime alors pour les trois parties successives 24A, 24B, 24C par : pour la partie 24A, i.e. pour  $x = 0$  à  $x = x_1$  :

$$y = \frac{x^3}{6LR} + l_1$$

pour la partie 24B, i.e. pour  $x = x_1$  à  $x = x_2$  :

$$y = \frac{x^3}{6LR} - \frac{(x - x_1)^3}{6bR} + l_1$$

pour la partie 24C, i.e. pour  $x = x_1$  à  $x = L$  :

$$y = l_2 - \frac{(L - x)^3}{6LR}$$

Avec les valeurs numériques précédentes, on a :

$$x_1 = 929,3, \text{ et}$$

$$x_2 = 8070,7.$$

On constate que, sur le rail droit avant cintrage, le rayon de courbure de la face intérieure 24 est minimal aux points d'abscisse  $x_1$  et  $x_2$ .

### Revendications

1. Rail droit à gorge du type comportant une gorge (18) ouverte dans la partie supérieure du rail et délimitée latéralement par deux faces (22, 24), l'une (24) des faces de la gorge étant usinée de sorte que la largeur de la gorge (18) varie sur au moins un tronçon principal (50) de la longueur du rail entre une première largeur ( $l_1$ ) et une seconde largeur ( $l_2$ ), le tronçon principal (50) étant prolongé par deux tronçons adjacents (52, 54) à largeur de gorge constante, égale respectivement à ladite première largeur ( $l_1$ ) et à ladite seconde largeur ( $l_2$ ), caractérisé en ce que les faces (22, 24) délimitant la gorge sur ledit tronçon principal (50) se raccordent tanguellement aux faces correspondantes des gorges des tronçons de rail adjacents (52, 54), et en ce que, sur l'essentiel de la profondeur de la gorge, le profil de l'intersection de ladite face usinée (24) avec un plan parallèle au plan de roulement du rail admet en tout point de la longueur dudit tronçon principal (50) une unique tangente, le coefficient directeur de la tangente étant continûment variable suivant la longueur dudit tronçon principal (50).
2. Rail droit selon la revendication 1, caractérisé en ce que la face usinée (24) est la face de la gorge (18)

disposée du côté intérieur de la voie.

3. Rail droit selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque profil comporte deux portions de courbe successives ayant des sens de courbure opposés.
4. Rail droit selon la revendication 3, caractérisé en ce que le sens de courbure de chaque profil s'inverse sensiblement au milieu dudit tronçon principal (50).
5. Rail droit selon la revendication 4, caractérisé en ce que la courbe définissant chaque profil est sensiblement symétrique par rapport au point dudit profil situé au milieu dudit tronçon principal (50).
6. Rail courbe à gorge, caractérisé en ce qu'il est susceptible d'être obtenu par déformation d'un rail droit selon l'une quelconque des revendications précédentes.
7. Rail courbe selon la revendication 6, caractérisé en ce que, sur au moins une partie de la longueur dudit tronçon principal (50') et sur l'essentiel de la profondeur de la gorge, les profils des intersections des faces (22', 24') délimitant la gorge avec un plan parallèle au plan de roulement du rail sont définis par des courbes de même nature ayant des paramètres caractéristiques différents.
8. Rail courbe selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdites courbes sont des cubiques ou des clostoïdes.
9. Procédé de fabrication d'un rail courbe à gorge selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, l'une des faces délimitant latéralement la gorge ayant un profil déterminé, du type comportant une étape d'usinage d'une face (24) d'une gorge d'un rail droit et une étape ultérieure de déformation suivant une courbe donnée dudit rail droit pour obtenir ledit rail courbe, caractérisé en ce que, avant ladite étape de déformation, on usine la face (24) dudit rail droit suivant un profil défini par la transformée mathématique, correspondant à la déformation inverse à ladite déformation suivant une courbe donnée, du profil déterminé définissant la face de la gorge du rail courbe.

50

55

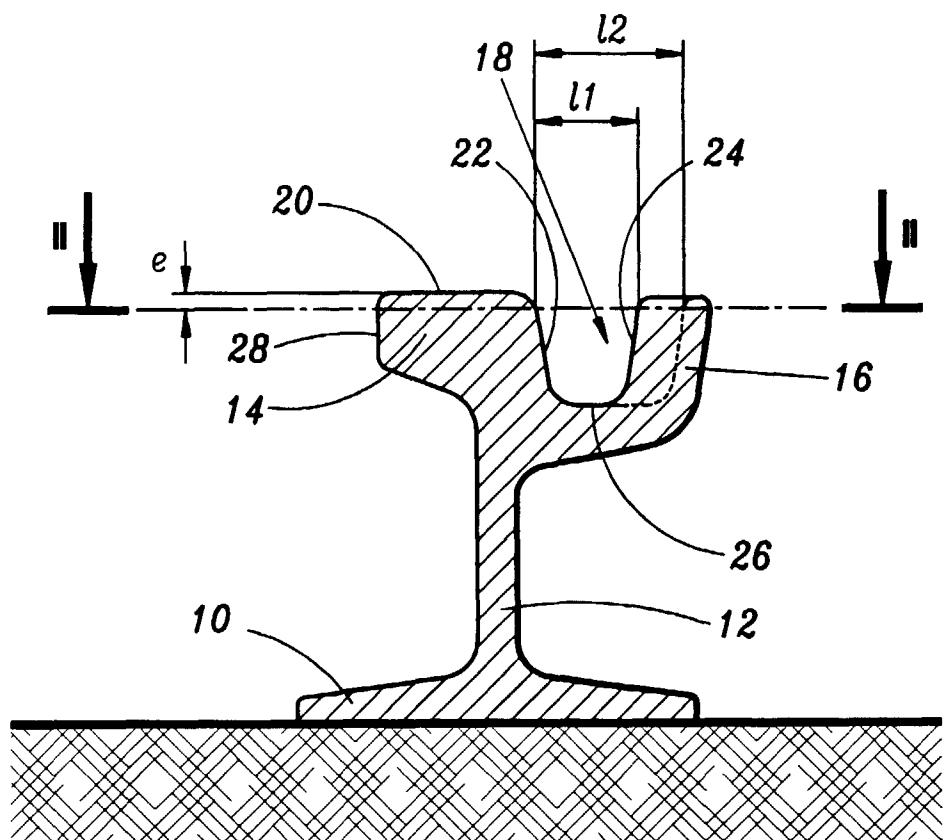
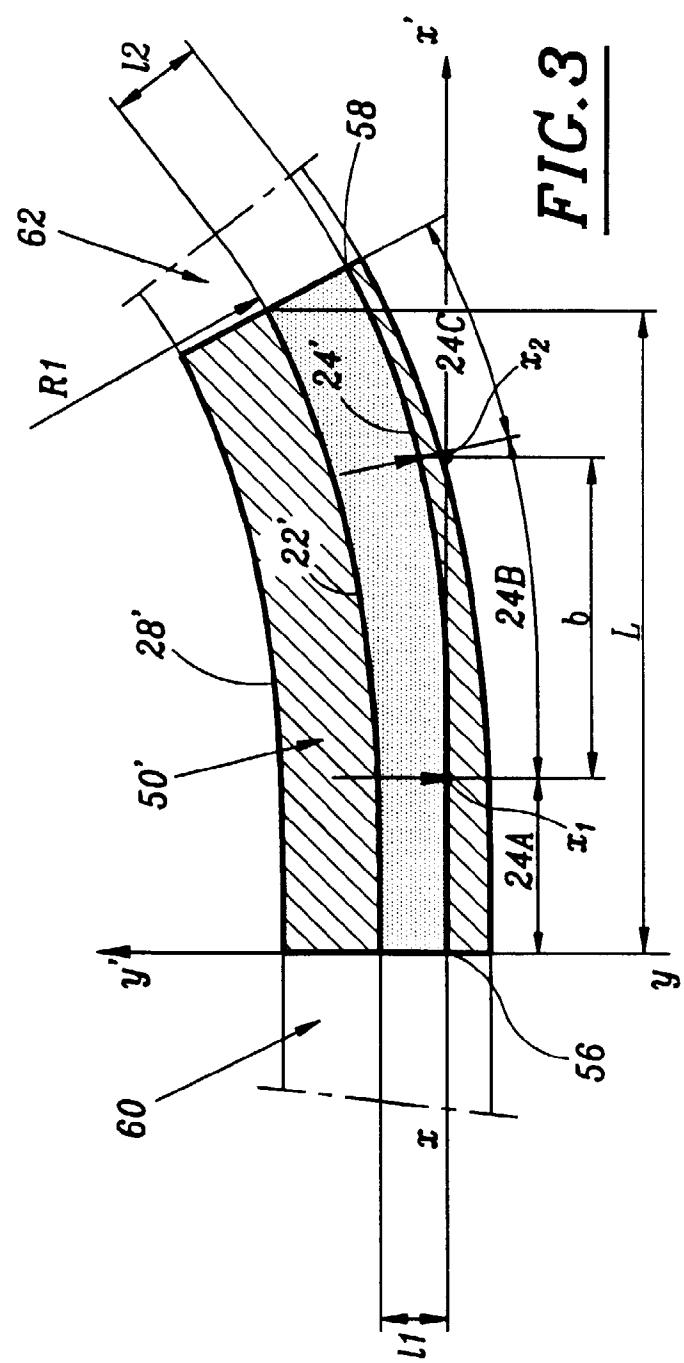
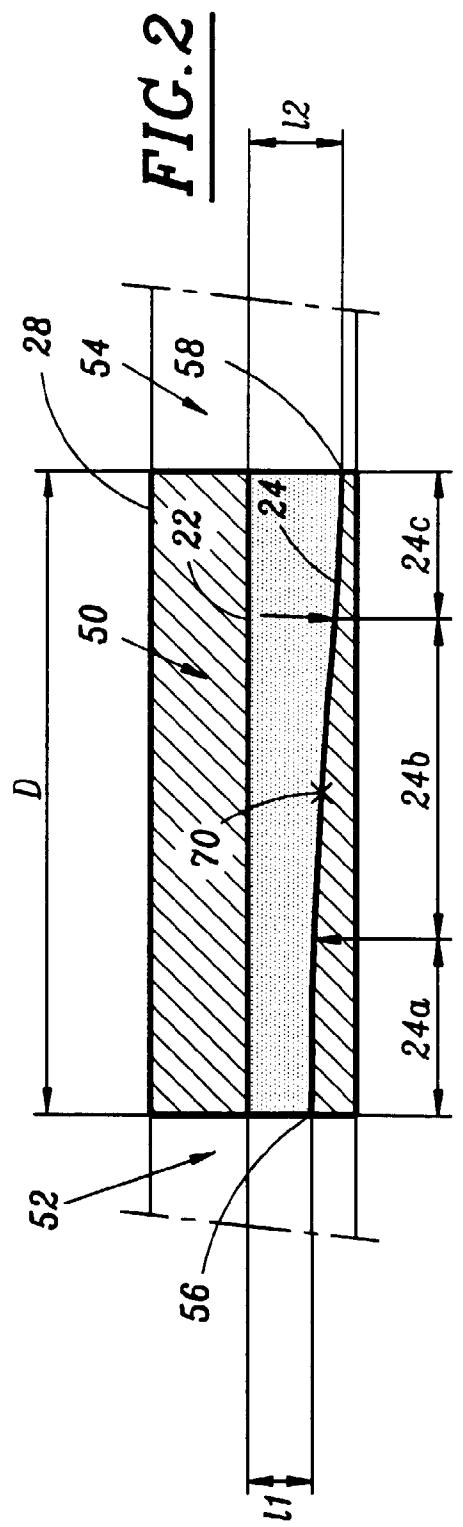


FIG. 1





Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 97 40 1669

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.6)
A	US 1 343 001 A (MCMANAMA) * page 2, ligne 41 - ligne 55; figures *	1,2	E01B5/04 E01B5/14
A	DE 18 40 448 U (MASCHINENFABRIK DEUTSCHLAND A.G.) * page 1, dernier alinéa - page 2; figure *	1,2	
			-----
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			E01B
<p>Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications</p>			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
BERLIN	4 décembre 1997	Paetzl, H-J	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			