

Projet Scientifique d'Application

# **Systeme de controle de cintrage des rails**

Uwe GÜNDISCH et Gunnar SEEBACH

Résumé du projet en deuxième année à l'Ecole Centrale Paris

Projet réalisé pour l'atelier SNCF de Moulin Neuf ;  
en collaboration avec Alexandra ROBERT et Arnaud ALLARD

Responsable du projet : Monsieur François PERES, Laboratoire PL

*Juin 1998*

## AVANT-PROPOS

Ce projet a été réalisé pour la SNCF (Établissement du Moulin Neuf à Chambly). Jusqu'à février nous avons travaillé avec Alexandra ROBERT et Arnaud ALLARD, deux collègues de la promotion 98. Ainsi, il y a quelques parties de leur rapport que l'on retrouve aussi dans le nôtre et que nous avons approfondies.

Le responsable du projet est Monsieur François PERES du Laboratoire Productique Logistique à l'École.

## INTRODUCTION

Dans la perspective de la mise en place d'un système d'assurance qualité, la SNCF souhaite mettre au point un système automatique de contrôle dimensionnel global des rails d'aiguillage et en particulier de la courbure de ces rails dont le cintrage est effectué de façon artisanale. Plus précisément, il s'agit de mettre en forme des rails d'une longueur de 20m à 40m selon des données fournies sous forme de croquis, sur lesquels un dessin du rail idéal montre d'éventuels usinages et les rayons de courbure du rail à différentes positions. Actuellement, ce traitement est réalisé par un opérateur qui se sert de règles droites et courbes (rayons utilisés : 150m à 1500m). Les longueurs sont de 1,5m pour les règles droites et 2,0m pour les règles courbes. Avec ces outils il examine le rail section par section en mettant la règle contre le rail. Grâce à la mesure du jeu entre la règle et le rail et à son expérience, il décide s'il faut le redresser. Si cela s'avère nécessaire l'opérateur se sert de deux presses, l'une pour le pressage horizontal et l'autre pour le pressage vertical, afin de ne pas faire tourner le rail. Il est aussi complètement autonome en ce qui concerne la procédure de pressage. C'est lui qui décide de la position et de la force. Il n'a pas de moyen qui lui montre les valeurs optimales. C'est donc l'expérience qui permet un redressement rapide et précis.

Comme il n'y a pas de moyen qui affiche ou même enregistre l'image du rail et la variation par rapport à la position marquée sur le croquis, c'est aussi l'opérateur qui juge si la qualité est suffisamment bonne. Voyant que la qualité ne peut pas être déterminée systématiquement, la SNCF cherche une possibilité d'amélioration de ce processus. Jugeant intéressant d'avoir un point de vue extérieur, les ingénieurs de Moulin Neuf nous ont demandé de trouver une solution.

Les objectifs à atteindre étaient les suivants :

- obtenir un système de contrôle fiable, une gestion moins coûteuse, sans réduire la productivité
- utiliser des documents à jour, les différentes valeurs étant validées
- obtenir un contrôle final et une traçabilité de ces contrôles, ce qui impose une identification des produits dès ce poste de cintrage
- diminuer les reprises de pressage au poste de montage

Grâce à ce nouveau système, la SNCF espère donc avant tout améliorer son assurance qualité conforme à ISO 9002.

## **ANALYSE CRITIQUE DU SYSTEME ACTUEL**

Afin de pouvoir améliorer le système, il faut d'abord l'analyser et trouver les inconvénients. Les inconvénients suivants nous semblent les plus importants :

Le contrôle de cintrage des rails par les règles est très long étant donné qu'il faut leur consacrer un temps relativement important de vérification de bonne conformité, même pour les parties du rail ne nécessitant pas de pressage,.

- Les coûts d'achats et de remise en conformité sont élevés car il y a peu de fournisseurs en concurrence.
- Beaucoup de croquis ne sont pas gérés au poste de travail.
- Le travail du cintrage est répétitif, fatiguant et ennuyeux. L'opérateur doit rester debout pour effectuer le contrôle, ce qui rend son travail d'autant plus pénible. Des erreurs dues à un manque d'attention sont envisageables.
- Actuellement la fréquence du contrôle de conformité des règles est annuelle. Par conséquent, si une détérioration quelconque apparaît sur l'une des règles en cours d'année, l'opérateur contrôlera pendant plusieurs mois avec un instrument faussé, ce qui est inacceptable au niveau de l'assurance qualité.
- Le contrôle étant fait par portions de 2 mètres, on ne connaît pas la valeur finale du rayon du rail.
- Les valeurs sont interprétées selon l'opérateur. Le contrôle se fait très approximativement. Les reprises de pressage sont fréquentes.
- Le système actuel ne permet pas d'avoir une traçabilité des contrôles.

## LES PRINCIPALES IDEES DU NOUVEAU SYSTEME

Le principal problème consiste à remplacer le moyen de mesure utilisé en ce moment, c'est-à-dire les règles, car l'ensemble opérateur-règle nous semble trop subjectif et donc pas assez fiable.

Il faut alors trouver une autre façon de mesurer la courbure du rail. Si on analyse le principe d'une règle courbée à rayon fixe, on trouve qu'on peut définir le rayon de deux façons : soit chaque point de la courbure est à la même distance d'un point commun qui est le

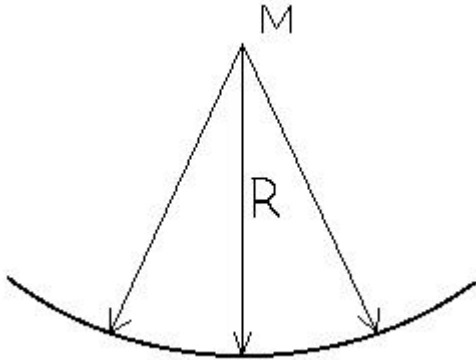


Figure 1

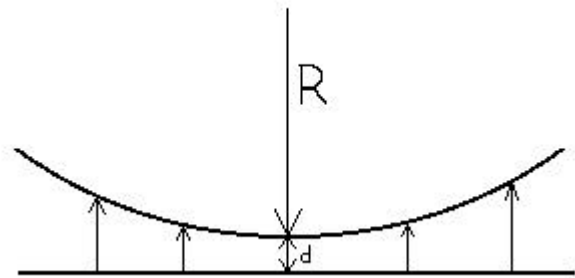


Figure 2

centre du cercle (figure 1), soit la courbe est définie par les distances des points de la courbe à une droite référentielle à calculer pour chaque point (figure 2). Dans les deux cas on peut donc se limiter à une mesure des distances.

Suivant cette analyse, on suppose maintenant qu'on peut traiter le problème par l'utilisation de capteurs de proximité qui mesurent des distances assez précises. En prenant en compte le fait qu'une règle mesure en fait un nombre infini de points, il faut déterminer un nombre de capteurs suffisamment grand pour obtenir des résultats proches ou même meilleurs que ceux qu'on obtient en utilisant une règle. Ce nombre est difficile à déterminer par calcul,

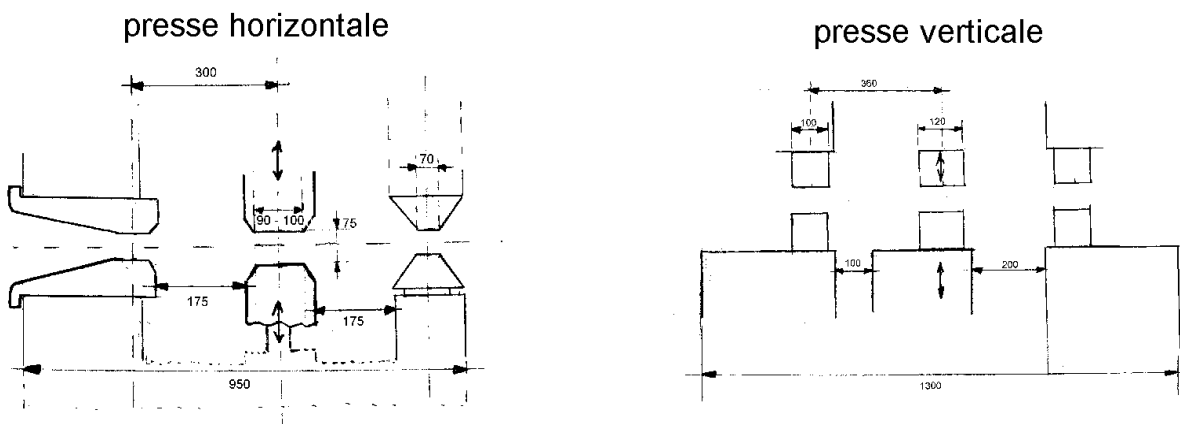


Figure 3

car déjà la précision des capteurs dépend des objets à détecter et de l'environnement (température, humidité, etc.). On suppose que l'installation de trois capteurs par presse soit suffisante (figure 3). La nature du rail ne permet pas des déformations non constantes ou

discontinues. Nous devons faire des essais plus tard pour vérifier cette hypothèse. Les valeurs obtenues par les trois capteurs permettent de déterminer le rayon de la courbe qui passe par les trois points. Pour connaître les points correspondants du rail, on mesure aussi la position de celui-ci dans l'appareil de mesure. On peut ainsi déterminer l'image du rail réel qu'on peut comparer avec l'idéal.

La présence du curseur, nécessaire pour que l'opérateur ait conscience de la zone précise de pressage, implique une connaissance assez précise de la position du rail par rapport à la presse. Il nous faut donc, en plus des capteurs, un système de mesure de l'avancée du rail. Cela paraît, à première vue, être une formalité, mais nous touchons en fait à un problème-clé. Aucun système simple, jusqu'à maintenant, n'a été capable de mesurer très précisément l'avancée du rail.

---

## Avantages et inconvénients

---

### **Avantages :**

- La disparition des règles permet une réduction des dépenses en acquisition et en remise en conformité.
- Ce nouveau système apporte un gain de temps au niveau de l'interprétation et de l'exécution. Notamment, dans les zones ne nécessitant aucune modification, une simple et rapide visualisation à l'écran de l'ordinateur suffit.
- Le système est plus fiable. On gagne énormément en précision car l'évaluation de la courbe ne se fait plus à vue d'œil par l'opérateur mais à l'aide de capteurs performants permettant d'obtenir des résultats beaucoup plus précis.
- On peut obtenir la forme finale du rail.
- On peut obtenir une traçabilité des contrôles.
- On peut réduire les reprises de pressage grâce à la précision des résultats donnés par le système et la visualisation de la déformée en temps réel.
- Aucune erreur d'inattention ne peut survenir étant donné que si l'on sort du domaine de tolérance, un signal sonore retentit et on le voit très facilement à l'écran.
- On obtient une visualisation de la déformation en temps réel.
- Le travail est moins pénible pour l'opérateur car il peut effectuer son travail en restant assis. De plus il n'y a plus de manipulation des règles.

### **Inconvénients :**

- Le travail de l'opérateur est toujours aussi répétitif.
- Si le contrôle des rails est précis, en revanche le pressage se fait toujours aussi approximativement grâce à l'expérience de l'opérateur. C'est toujours l'opérateur qui évalue le temps pendant lequel il presse une certaine zone afin d'obtenir le bon rayon de courbure.
- L'installation du système impose un certain investissement de base. Il ne faut pas oublier les coûts de maintenance et tenir compte des conséquences néfastes que peut engendrer une panne de l'ordinateur. Si l'on choisit d'avoir de nouveau recours au règle en cas de défaillance du logiciel il faudra intégrer les dépenses de remise en conformité des règles dans le coût du système.
- Ce système est plus fragile que le système actuel.
- C'est un système relativement encombrant vu qu'il faut laisser le champ libre entre les capteurs et le rail.
- Nos systèmes de contrôle A et B ne permettent pas de mesurer le cintrage du rail de profil U69 car les capteurs se trouvent à une hauteur supérieure aux dimensions maximales du rail.

## CONCLUSION

Nous avons essayé de créer quelque chose de réalisable, qui satisfait la majorité des critères énumérés dans le cahier des charges. Nous avons particulièrement essayé de prendre en compte les exigences concernant l'assurance qualité et nous avons cherché à améliorer le poste de travail de l'opérateur.

Mais nous n'avons pas eu la possibilité de tester notre système, étant donné que les capteurs laser doivent mesurer avec une précision de quelques micromètres pour calculer la forme du rail. La rouille du rail, par exemple, peut fortement influencer les mesures. Nous avons essayé d'éviter de tels problèmes en faisant plusieurs mesures pour calculer une moyenne, mais il reste à voir si notre théorie correspond à la réalité.

D'autre part il est toujours difficile de mélanger une technologie qui date des années cinquante avec une technologie de pointe des années quatre-vingt dix. Il aura certainement des problèmes au niveau de l'engrenage des deux systèmes.

Nous espérons avoir des informations sur l'évolution du projet et souhaitons vivement voir un jour notre système fonctionner.

Enfin, nous remercions Alexandre et Arnaud pour sa bonne collaboration jusqu'à février, et tout particulièrement M. François PERES du Laboratoire Productique Logistique de l'Ecole et Messieurs VIGNOL, FLECHY et DROUART qui nous ont accueillis à l'EIV de Moulin-Neuf et qui nous ont suivis pendant le déroulement de notre projet.