

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 72 (1946)  
**Heft:** 18: Comptoir Suisse, Lausanne, 7-22 septembre 1946

**Artikel:** Exposé succinct de la méthode de rectification des courbes de chemin de fer d'après la mesure des flèches  
**Autor:** Décombaz, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-54634>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

### ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 17 francs  
Etranger : 20 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 14 francs  
Etranger : 17 francs

Prix du numéro :  
75 centimes

Pour les abonnements  
s'adresser à la librairie  
F. Rouge & C<sup>ie</sup>, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. EPITAUX, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : Fribourg : MM. L. HERTLING, architecte ; P. JOYE, professeur ; Vaud : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; E. D'OKOLSKI, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; Genève : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. MARTIN, architecte ; E. ODIER, architecte ; Neuchâtel : MM. J. BÉGUIN, architecte ; C. FURTER, ingénieur ; R. GUYE, ingénieur ; Valais : M. J. DUBUIS, ingénieur ; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

RÉDACTION : D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

### Publicité : TARIF DES ANNONCES

Le millimètre  
(larg. 47 mm.) 20 cts.  
Tarif spécial pour fractions  
de pages.  
En plus 20 % de majoration de guerre  
Rabais pour annonces  
répétées.



ANNONCES-SUISSES S.A.  
5, rue Centrale  
LAUSANNE  
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE  
A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; R. NEESER, ingénieur.

SOMMAIRE : *Exposé succinct de la méthode de rectification des courbes de chemin de fer d'après la mesure des flèches* (suite et fin), par E. DÉCOMBAZ, ingénieur. — *Concours d'idées pour l'établissement d'un plan de quartier aux lieux dits « Près du Lac », à Yverdon.* — Société suisse des ingénieurs et des architectes: *Extrait des procès verbaux du Comité central.* — DIVERS : *Réminiscence sur la suspension caténaire des lignes de contact électriques.* — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT.

## Exposé succinct de la méthode de rectification des courbes de chemin de fer d'après la mesure des flèches

par E. DÉCOMBAZ, ingénieur,  
ancien chef de section aux C. F. F.  
(Suite et fin<sup>1</sup>).

### II. Application de la méthode. (Suite).

#### § 13. Etude de la correction d'une courbe.

La courbe déformée est définie par les flèches inscrites dans la colonne n° 2 du tableau annexe A. Nous nous proposons d'établir le *diagramme des ripages* par des méthodes de calcul. L'opérateur utilisant la méthode graphique pourra toujours l'utiliser pour contrôler ses opérations et mesurer ainsi son degré de précision.

#### Calculs préliminaires.

1. La somme des flèches  $\Sigma f = 50,00$  cm sera représentée sur le diagramme des sommes des flèches, à l'échelle du 1 : 10, par 5,00 cm, soit  $H = \frac{\Sigma f}{10} = \frac{50}{10} = 5,00$  cm.

2. La somme des flèches paires doit être égale à la somme des flèches impaires :  $\Sigma f_p = \Sigma f_i$  ou pour  $\Delta l = 5,00$  m,  $\Sigma f_{10} = \Sigma f_5$ , nous avons  $\Sigma f_5 - \Sigma f_{10} = 0,16$ , écart inférieur à l'écart admissible  $\epsilon < 0,05 \sqrt{n} + 0,50$ , formule dans laquelle  $n$  est le nombre de flèches mesurées et le facteur 0,05 le degré d'exactitude des lectures,  $\pm 0,05$  cm.

#### 3. Distance du centre de gravité.

$$d = \frac{\Sigma \Sigma f}{2 \Sigma f} = \frac{537,00}{2 \times 50,00} = 5,37 \text{ cm (53,70 m)}.$$

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique du 17 août 1946, p. 221.

4. *Position du centre de gravité.* Le centre de gravité se trouve d'une part à une distance  $d$  mesurée à partir de la station qui suit la dernière somme des flèches  $\Sigma f$

$$\text{soit } 105 - 53,70 = 51,30 \text{ m,}$$

et, d'autre part, à une hauteur  $\frac{H}{2}$  des deux droites parallèles du diagramme des sommes des flèches :

$$\frac{H}{2} = \frac{5,00}{2} = 2,50 \text{ cm du dessin.}$$

5. *Longueur de la courbe.* Le rayon de la courbe étant donné  $R = 600,72$  m (rayon de la file de rails extérieure), la longueur de la courbe sera déduite de la formule (17)

$$l = \frac{R \cdot H}{C_3} = \frac{60072 \times 5,00}{50,000} = 6,0072 \text{ cm (60,072 m)}$$

6. *Rayon de la courbe.* Rayon adopté  $R = 600,72$  m.

Remarque. Si l'on se fixait à l'avance la longueur de la courbe, on calculerait le rayon par la formule (17)  $R = c_3 \frac{l}{H}$ .

7. *Longueur de la courbe de raccordement L.* Adoptée à 30 m, sur le dessin 3 cm.

#### 8. Déplacement de l'axe théorique a

$$a = \frac{L^2}{24 \cdot R} = \frac{30^2}{24 \times 600,72} = 0,0624 \text{ m.}$$

Etablissement du diagramme des sommes des flèches de la courbe rectifiée.

Nous avons trouvé chiffres 1 et 5,  $H = 5,00$  cm et  $l = 6,0072$  cm.

9.  $\text{tga} = \frac{5,00}{6,0072} = 0,832334$  et nous avons aussi

$$\text{tga} = 10 \cdot \frac{2 \Delta l^2}{2R} = 10 \cdot \frac{10^2}{2 \times 600,72} = 0,832334$$

10.  $\frac{L}{2} \text{ tga} = 1,5 \times 0,832334 = 1,248501$ .

11. *Positions kilométriques des points MR<sub>1</sub> et MR<sub>2</sub>*

$$MR_1 : 51,30 - 30,036 = 21,264$$

$$MR_2 : 51,30 + 30,036 = 81,336$$

Tableau A.

Courbe n° ..... avec centre à gauche. Page n° .....

Rectification des courbes par la méthode de la mesure des flèches :  
Calcul des ripages.

1	2	3	4	5	6	7
Kilométrage Nalenz	Flèches mesurées à l'échelle 2 : 1	Somme des flèches mesurées $\Sigma f$	Somme des flèches (courbe rectifiée) $\Sigma f.c. rect.$	Différences (4) - (3) $\Sigma f.c. rect. - \Sigma f$	Ripage a. g. de la voie a. d. de la voie	Observations
	cm	cm	cm	+ cm - cm	cm	cm
5,000	0,00		0,00			
5	0,62	0,00	0,02	0,60	0,00	O.R.K. 5,006264
10	1,81	0,62	0,02	0,60	0,60	
×	3,07	2,43	0,54	1,89	2,49	
20	2,75	5,50	1,75	3,75	6,24	MR.K. 5,021264
×	3,11	8,25	3,65 <sup>5</sup>	4,59 <sup>5</sup>	10,83 <sup>5</sup>	
30	3,59	11,36	6,25 <sup>5</sup>	5,10 <sup>5</sup>	15,94	
×	3,05	14,95	9,55	5,40	21,34	C.C.K. 5,036264
40	2,15	18,00	13,51	4,49	25,83	
×	1,39	20,15	17,68	2,47	28,30	
50	1,76	21,54	21,84	0,30	28,00	
×	2,42	23,30	26,00	2,70	25,30	
60	3,33	25,72	30,16	4,44	20,86	
×	4,15	29,05	34,32	5,27	15,59	F.C.K. 5,066336
70	4,72	33,20	38,46 <sup>5</sup>	5,26 <sup>5</sup>	10,32 <sup>5</sup>	
×	4,18	37,92	42,12	4,20	6,12 <sup>5</sup>	
80	3,35	42,10	45,08	2,98	3,14 <sup>5</sup>	MR <sup>2</sup> K 5,081336
×	2,55	45,45	47,34 <sup>5</sup>	1,89 <sup>5</sup>	1,25	
90	1,46	48,00	48,91 <sup>5</sup>	0,91 <sup>5</sup>	0,33 <sup>5</sup>	
×	0,54	49,46	49,79 <sup>5</sup>	0,33 <sup>5</sup>	0,00	O.R.K. 5,096336
5,100	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	
×		50,00	50,00	0,00		
		537,00		$= \Sigma \Sigma f$		
$\Sigma f.$	25,08					
$\Sigma f_{10}$	24,92					
$\Sigma f$	50,00					

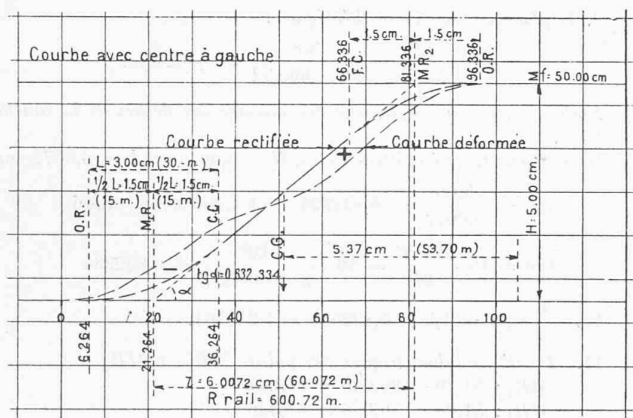


Fig. 30. — Diagramme des sommes des flèches (ou des angles superposés).

Tableau B.

Courbe n° ..... avec centre à gauche. Page n° .....

Rectification des courbes par la méthode de la mesure des flèches :  
Calcul des rallongements et des raccourcissements des files de rails.

1	2	3	4	5	6	7
Kilométrage Nalenz	$\Delta \xi_1 = \frac{\Delta e^2}{2 \Delta l}$	$\Delta \xi_2 = \frac{\Delta l}{R} e$	$\xi = \Sigma \Delta \xi_1 + \Sigma \Delta \xi_2$	Différences $\Sigma f.c. - \Sigma f$	Ripage a. g. de la voie a. d. de la voie	Observations
	cm	cm	cm	+ cm - cm	cm	cm
5,000						
5	0,000	+ 0,000		0,00	0,00	O.R.K. 5,006264 $\rho = \infty$
10	0,002	0,000	0,000	0,60	0,60	$f = 2689 \quad 2890$
×	0,008	0,003	- 0,002	1,89	2,49	1596
20	0,017	0,014	- 0,007	3,75	6,24	MR. 1120
×	0,024	0,038	- 0,010	4,59 <sup>5</sup>	10,83 <sup>5</sup>	851
30	0,028	0,079	+ 0,004	5,10 <sup>5</sup>	15,94	688
×	0,030	0,135	+ 0,055	5,40	21,34	
40	0,012	0,196	+ 0,160	4,49	25,83	C.C. 5,036264 $R = 60072$
×	0,002	0,225	0,344	2,47	28,30	
50	0,002	0,234	0,799	2,70	28,00	
×	0,013	0,222	1,008	4,44	25,30	
60	0,024	0,192	1,176	5,27	20,86	
×	0,028	0,152	1,300	5,26 <sup>5</sup>	15,59	F.C. 5,066336 $R = 60072$
70	0,022	0,103	1,381	4,20	10,32 <sup>5</sup>	626 757
×	0,013	0,054	1,422	2,98	6,12 <sup>5</sup>	959
80	0,006	0,022	1,438	1,89 <sup>5</sup>	3,14 <sup>5</sup>	MR <sub>2</sub> 1300
×	0,002	0,008	1,444	0,91 <sup>5</sup>	1,25	2040
90	0,000	0,002	+ 1,446	0,33 <sup>5</sup>	0,33 <sup>5</sup>	4710
×	0,000	0,000	+ 1,446	0,00	0,00	O.R. 5,096336 $\infty$
5,100	0,000	0,000	+ 1,446	0,00	0,00	$\infty$
×	0,000	0,000	+ 1,446	0,00	0,00	
			+ 1,446			

Formule approchée :  
 $\xi = \frac{\Delta l \times \Sigma e}{R}$   
 $\xi = \frac{500 \times 211,59}{60072} \text{ cm.}$   
 $= 1,76 \approx 1,446 \text{ cm}$

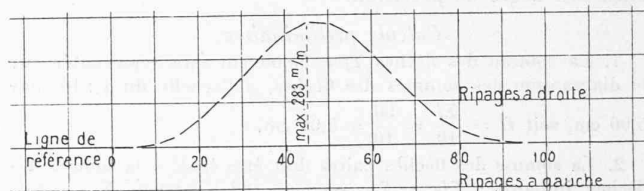


Fig. 31. — Diagramme des ripages à l'échelle au 1 : 10.

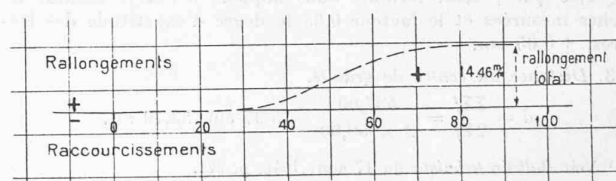


Fig. 32. — Diagramme des rallongements et des raccourcissements des files de rails à l'échelle au 1 : 1.

12. Flèche théorique  $f$ .  $f = \frac{2 \times 5^2}{2 \times 600,72} = 0,0832334 \text{ m}$

$$f_N = \frac{f}{2} = 4,16167 \text{ cm.}$$

13. Equation de la parabole quadratique.

$$y = m \cdot x^2, m = \frac{y}{x^2} \text{ pour } x = 3 \text{ cm}$$

$$y = 1,5 \quad \text{tga} = 1,248501 \quad (10)$$

$$m = \frac{1,248501}{3^2} = 0,138722$$

$$y = 0,138722 \cdot x^2$$

L'axe de la parabole est perpendiculaire à l'axe des abscisses au point  $O.R$ .

A l'aide de cette équation, on peut calculer d'une part les ordonnées des points de la parabole situés tous les demi-intervalles, soit des points 7,50, 12,50, 17,50, 22,50, 27,50 et 32,50 pour des abscisses  $x = 0,1236, 0,6236, 1,1236 \dots$  et 2,6236 cm.

Les ordonnées de la parabole quadratique peuvent être calculées, d'autre part, en partant du diagramme des flèches (fig. 16). On calcule tout d'abord les flèches tous les demi-

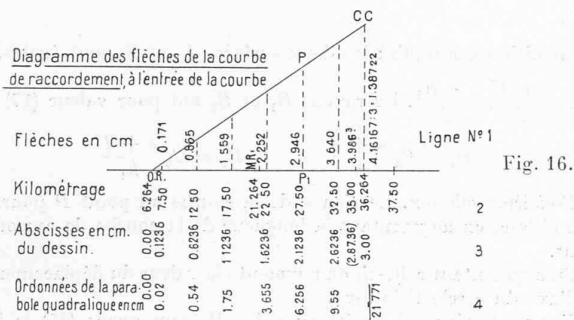


Fig. 16.

intervalles de la courbe de raccordement que l'on peut mesurer aussi directement sur un diagramme des flèches en grandeur naturelle. Pour un point quelconque  $P$  du diagramme des flèches, l'ordonnée correspondante  $y$  de la parabole quadratique de la somme des flèches a pour valeur la surface du triangle  $PP_1OR$ , en se rappelant que nous sommes des flèches et qu'il faut par conséquent diviser la surface par  $\Delta l$ .

$$y = \frac{2,1236 \times 2,946}{2 \times 0,5} = 6,256 \text{ cm.}$$

Par l'équation de la parabole quadratique, chiffre 13,  $y = 0,138722 \cdot x^2$ , nous trouvons pour  $x = 2,1236 \text{ cm}$   $y = 0,138722 \times 2,1236^2 = 6,256 \text{ cm}$ , comme ci-dessus. A l'aide de la règle à calcul  $y = 2,12 \times 2,95 = 6,25 \text{ cm}$ .

Vérification. La somme des ordonnées de la parabole quadratique, ligne 4, doit être égale à 4 fois le désaxement  $a$  de l'axe théorique, soit  $4 \times 0,0624 = 0,2496 \text{ m}$  ou 24,96 cm, la somme des ordonnées étant de 21,77 cm, la différence en moins de 3,19 cm, correspond à la surface hachurée de la figure 17 qui a pour mesure

$$\frac{(3,00 - 2,8736)}{0,5} \times \frac{11,455 + 12,485}{2} = 3,026 \text{ cm.}$$

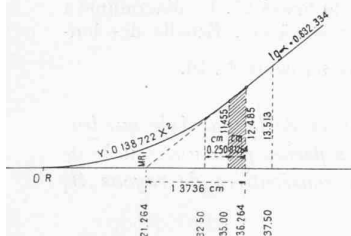


Fig. 17 (croquis).

La différence  $3,19 - 3,026 = 0,164 \text{ cm}$  provient non d'une erreur de calcul, mais du cumul des ordonnées de la parabole quadratique calculées pour des éléments de courbe de 5 m de longueur.

Les ordonnées, une fois calculées, seront reportées dans la colonne 4 du tableau A, que l'on complètera dans la partie en alignement du diagramme de la somme des flèches, en partant du point 37,50, dont la somme des flèches est  $(37,50 - 21,264) \text{ tga} = 16,236 \times 0,832334 = 13,51377 \text{ cm}$  (ou en cm. du dessin  $1,6236 \times 0,832334 = 1,351377 \text{ cm}$ )

et en ajoutant pour chaque point situé dans les demi-intervalles 42,50 ; 47,50 ; 52,50 ; 57,50 et 62,50, la flèche 4,16167 cm, jusqu'au point  $F.C$ .

Pour le calcul des ordonnées de la parabole quadratique à la sortie de la courbe, on procédera de la même manière que pour celle à l'entrée de la courbe.

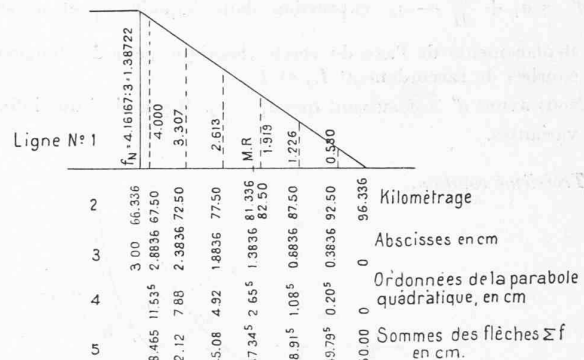


Fig. 18. — Diagramme des flèches de la courbe de raccordement à la sortie de la courbe.

La colonne (4) du tableau A complétée par les résultats ci-dessus, on fera les différences (4) — (3) que l'on inscrira dans la colonne (5), en tenant compte des signes. On fera ensuite la somme des différences  $\Delta e$  de la colonne (5) que l'on inscrira dans la colonne (6) qui est celle des ripages.

A l'aide du tableau ainsi complété, on pourra établir les diagrammes des sommes des flèches (fig. 30) et de celui des ripages (fig. 31).

Diagramme des allongements et des raccourcissements des files de rails.

Le tableau B a été dressé d'après le § 10 avec lequel nous avons établi le diagramme de la figure 32.

#### § 14. Résolution de quelques problèmes et questions.

Problème I. Passage de l'écartement de deux voies de 3,60 m à 4,50 m, entre un alignement et une courbe.

Le problème présente différentes solutions.

Première solution. Connaissant le diagramme de la somme des flèches d'une courbe rectifiée  $C_1$ , de rayon  $R$ , déterminer le diagramme des ripages d'une courbe auxiliaire  $C_2$ , parallèle à la courbe cherchée  $C_3$  (fig. 19).

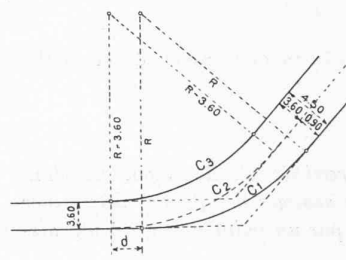


Fig. 19.

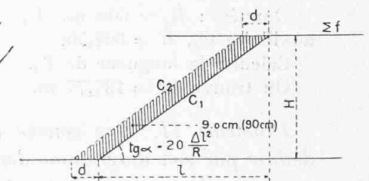


Fig. 20. — Diagramme des sommes des flèches.

La condition à remplir est que

$$\frac{d \times \Sigma f}{\Delta l} = 90 \text{ cm ou en cm du dessin pour } \Delta x = 0,5 \text{ cm}$$

$$\frac{d \times H}{0,5} = 9,0 \text{ cm et } d = \frac{4,5}{H}$$

Pour la suite du problème, il ne reste plus qu'à introduire les deux raccords paraboliques à l'entrée et à la sortie des courbes  $C_1$  et  $C_2$  (fig. 19) et compléter le diagramme de la figure 20 par les paraboles quadratiques des courbes  $C_1$  et  $C_2$ . Calculer ensuite les ordonnées du diagramme de la courbe  $C_2$  et dresser le tableau du calcul des ripages.

A chaque ordonnée de la courbe des ripages, ajouter 3,60 m pour obtenir en chaque point l'écartement cherché des courbes  $C_1$  et  $C_3$ .

*Deuxième solution.* Dans la première solution, nous avons admis que la longueur des raccords paraboliques à l'entrée et à la sortie de la courbe était la même; si ce n'était pas le cas, la formule précédente deviendrait

$$d' = a_1 + \frac{4,5}{H} - a_2 \text{ expression dans laquelle } a_1 \text{ et } a_2 \text{ sont}$$

les déplacements de l'axe du cercle théorique pour des longueurs de courbes de raccordement  $L_1$  et  $L_2$ .

Nous avons  $d' > d$  suivant que  $a_1 > a_2$ . Il y a ainsi une infinité de variantes.

*Troisième solution.*

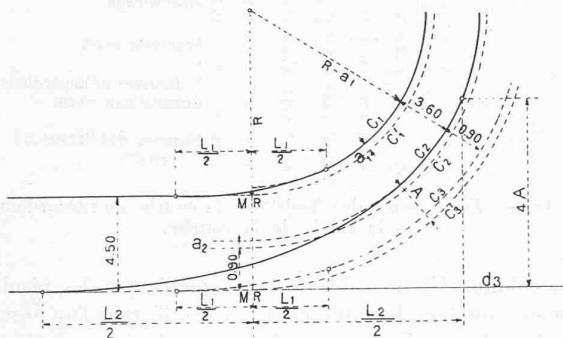


Fig. 21.

On peut envisager de rattraper la différence d'écartement de 0,90 par un raccordement parabolique du troisième degré, de grande longueur. Nous avons dans ce cas

$$A = 0,90 + a_2$$

et d'après (15) § 6.  $A = \frac{L_2^2}{24R}$ , d'où l'on tire

$$L_2^2 = 24AR \text{ ou } L_2 = \sqrt{24 \cdot A \cdot R}$$

$$L_2 = \sqrt{24 \cdot (0,90 + a_2) \cdot (R + 4,50)}$$

Pour terminer le problème, il reste à déterminer les distances des points de la courbe  $C_2$  par rapport à la courbe auxiliaire  $C_3$  et à la droite  $d_3$ , par les méthodes de calcul employées plus haut. L'écartement de la courbe  $C_1$  avec la courbe auxiliaire  $C_3$  étant de 4,50 m, la différence des ordonnées de la courbe  $C_2$  et de l'alignement  $d_3$ , permettra de calculer les distances des points des courbes  $C_1$  et  $C_2$ . Ce qui permettra de faire le piquetage de la voie  $C_2$  par rapport à la voie  $C_1$  rectifiée.

*Exemple :*

Données :  $R_1 = 600 \text{ m}$ .  $L_1 = 70 \text{ m}$  et le rayon de la courbe auxiliaire  $C_3$ ,  $R = 604,50$ .

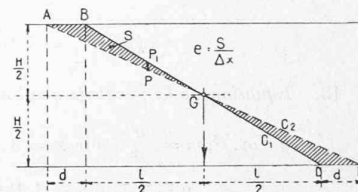
Calculer la longueur de  $L_2$ .

On trouve  $L_2 = 137,77 \text{ m}$ .

*Problème II.* Une courbe rectifiée  $C_1$  de rayon  $R_1$  étant définie par son diagramme des sommes des flèches, déterminer une nouvelle courbe  $C_2$  passant par un point  $P$  située à une distance  $e$ , à droite de celle-ci.

*Première solution.* La nouvelle courbe est à rayon unique (fig. 22).

Fig. 22.  
Diagramme des sommes des flèches.

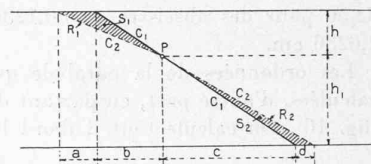


La condition à remplir est que la surface hachurée du quadrilatère  $ABP_1P$  soit égale au ripage donné  $e$ . Par construction, les deux triangles  $ABG$  et  $DEG$  ayant leur sommet au point  $G$ , ont des surfaces égales. Le rayon de la nouvelle courbe sera

$$R_2 = C_3 \frac{l + 2d}{H}$$

*Deuxième solution.* La nouvelle courbe est à deux rayons.

Fig. 23.  
Diagramme des sommes des flèches.



Condition à remplir : les deux surfaces  $S_1$  et  $S_2$  sont égales.

$$e = \frac{a \cdot h}{\Delta x} = \frac{d \cdot h_1}{\Delta x}, \text{ les rayons } R_1 \text{ et } R_2 \text{ ont pour valeur (17)}$$

$$R_1 = C_3 \frac{a + b}{h} \quad R_2 = C_3 \frac{c + d}{h_1}$$

*Troisième solution.* Le ripage de la courbe au point  $P$  pourrait être obtenu en augmentant la longueur de la courbe de raccordement.

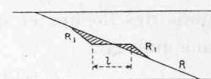
En augmentant celle-ci, on augmente la valeur du déplacement  $a$  de l'axe du cercle théorique.

Si  $e$  est le ripage à droite au point  $P$ , nous avons (15) la longueur de la nouvelle courbe de raccordement

$L = \sqrt{24R(a + e)}$ . Comme pour la première solution, la courbe cherchée est à rayon unique.

*Problème III.* Intercaler un alignement donné de longueur  $l$  dans une courbe donnée de rayon  $R$ .

Fig. 24. — Diagramme des sommes des flèches.



Condition : les deux triangles hachurés ont des surfaces égales.

*Problème IV.* Déterminer le diagramme des sommes des flèches de la voie en déviation d'un branchement à droite  $1 : 8$ , type I, angle  $7^\circ 30'$  (fig. 26).

Le résultat cherché est donné par la figure 25. Le diagramme a été établi avec  $\Delta l = 2,00 \text{ m}$  et  $\Delta x = 0,5 \text{ cm}$ . Echelle des longueurs  $\frac{5}{2000} = 1 : 400$ . Echelle des hauteurs  $1 : 10$ .

*Problème V.* Calculer les ordonnées de la parabole quadratique du diagramme des sommes des flèches pour une courbe de raccordement reliant deux courbes consécutives de rayons  $R_1$  et  $R_2$ .

Calculons tout d'abord les hauteurs  $H_1$  et  $H_2$  (fig. 28) au droit des points  $OR$  et  $CC$ , on a

$$H_1 = H + \frac{L}{2} \operatorname{tg} \alpha_1, \quad H_2 = H - \frac{L}{2} \operatorname{tg} \alpha_2.$$

En un point  $P$  de la parabole quadratique (§ 3), l'ordonnée  $y$



est égale à la surface hachurée du trapèze  $ABCD$  du diagramme des flèches (fig. 27), soit

$$y = \frac{f_{N2} + f_{N.x}}{2} \cdot \frac{x}{0,5} = (f_{N2} + f_{N.x}) x, \text{ en cm du dessin.}$$

On calculera de la même manière les ordonnées des autres points de la parabole quadratique situés tous les demi-intervalles, en dressant un tableau comme à la figure 16 ou 18.

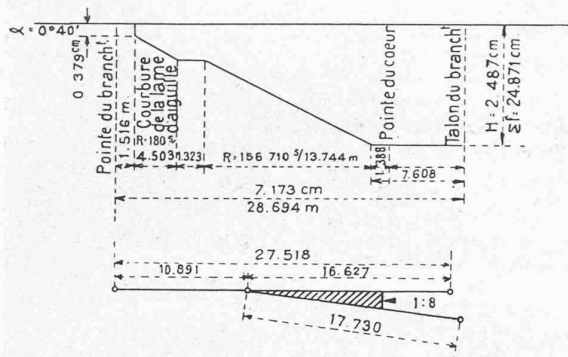


Fig. 25 et fig. 26.

**Question I.** Une courbe étant définie par son diagramme des flèches, on demande quel sera le diagramme des sommes des flèches à partir de la tangente au point  $P$ ?

**Réponse :** Il suffit de prendre la demi-flèche au point  $P$  et de cumuler les flèches qui suivent comme à l'ordinaire. Autrement dit, le diagramme des sommes des flèches étant donné (fig. 29) il suffit de mener par le point correspondant  $P'$  de ce diagramme, une parallèle à la ligne de base.

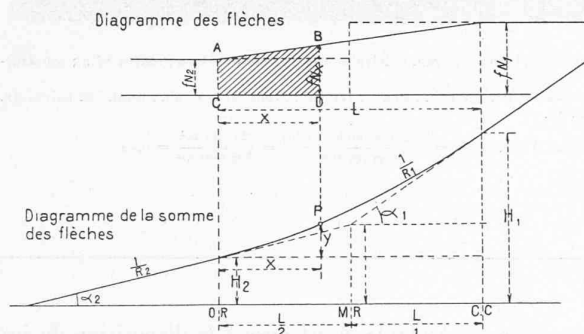


Fig. 27 et fig. 28.

#### § 15. Erreurs rencontrées dans l'application de la méthode.

Les erreurs commises sont de deux espèces :

a) **Les erreurs accidentelles** qui répondent à la loi de propagation des erreurs

$M = m\sqrt{n}$ , formule dans laquelle  $M$  est l'erreur moyenne,  $m$ , l'erreur moyenne d'une mesure isolée et  $n$ , le nombre des mesures. Ces erreurs sont de trois sortes :

1. Les erreurs de lecture des flèches,

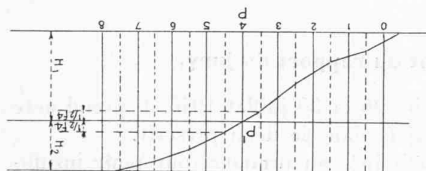


Fig. 29.  
Diagramme  
des sommes  
des flèches.

2. Les erreurs commises dans l'établissement du diagramme des sommes des flèches et

3. Les erreurs commises dans l'établissement du diagramme des ripages.

Dans l'examen de nombreuses courbes piquetées, nous avons trouvé pour les erreurs sous chiffre 1,  $m = 0,015$ , c'est-à-dire que les flèches sont mesurées à  $\pm 0,015$  cm. Ces erreurs sont révélées par l'écart entre la somme des flèches paires et celle des flèches impaires.

Les erreurs sous chiffres 2 et 3, se rapportent à la méthode graphique. On peut évaluer l'erreur moyenne  $m$  à  $1/10$  de mm environ.

b) **Les erreurs systématiques** qui sont dues principalement au défaut d'étalonnage de l'appareil à mesurer les flèches. Ces erreurs sont toujours positives ou négatives. Elles peuvent être éliminées par le réglage de l'appareil. A cette catégorie d'erreurs, il faut ajouter les erreurs dues à la méthode (§ 8), qui sont relativement petites.

L'erreur finale résultant de la somme des erreurs accidentelles et systématiques peut être éliminée en procédant comme au § 12. Dans le cas où l'on en tiendrait pas compte, le rayon  $R$  de la courbe sera plus grand ou plus petit suivant que la flèche mesurée est trop grande ou trop petite. La valeur de  $R$  peut être calculée par la formule  $R = \frac{C_3}{2f_N}$ , dans laquelle  $f_N$  est la flèche mesurée à l'échelle 2 : 1, réduite au  $1/10$ , à l'échelle du diagramme.

**Exemple :** Rayon projeté  $R = 500$  m, écart en excès 0,02 cm,  $f_N = 5,00 - 0,02 = 4,98$ , à l'échelle du  $1/10$ , 0,498 cm. On trouve  $R = 502,01$  m.

#### Conclusion.

Comme nous venons de le voir, en éliminant les erreurs accidentelles et systématiques, on augmente sensiblement la précision des résultats. Dans ces conditions, on peut estimer l'exactitude des points piquetés à  $\pm 1$  cm, précision qui est équivalente à celle obtenue par le piquetage au théodolite.

Enfin, la méthode qui fait l'objet de cette étude présente de grands avantages, parmi lesquels celui d'avoir une vue d'ensemble sur le problème à résoudre, ce que n'offrent pas les méthodes classiques de piquetages au théodolite.

#### Bibliographie.

1. M. HÖFER : *Die Absteckung von Gleisbögen aus Evolventenunterschieden*. Berlin 1927.
2. G. SCHRAMM : *Allgemeine Theorie des Nalenz-Höfer Verfahrens*, Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens 1931, Heft 16.
3. J. CHAPPELLET : *Méthodes de rectification du tracé des courbes de chemin de fer par correction des flèches*. Paris 1926.
4. Bulletin de l'Association internationale du Congrès des chemins de fer, n° 2, fév. 1929 : *Méthode pratique et rapide pour l'alignement des courbes*.
5. G. SCHRAMM : *Die Genauigkeit von Gleisbogenabsteckungen und die verschiedenen Absteckungsverfahren*, « Organ », Heft 23, 1. Dez. 1935.
6. Bulletin du Congrès, n° 3, mars 1936 : *Nouvelle méthode de levé de plans des voies posées en courbe et le calcul de l'angle au centre au moyen des diagrammes des flèches*, par J. CHAPPELLET.
7. Bulletin du Congrès, sept. 1933 : *Calcul des ordonnées d'une courbe en fonction de ses flèches*.
8. Bulletin du Congrès, janv. 1935, p. 7 : *La méthode du diagramme des angles, son application au repiquetage des courbes existantes et au piquetage de nouvelles lignes à longues courbes de raccordement*, par G. SCHRAMM.
9. E. MOLL, *Grundbuchgeometer : Das Kurvenabstecken durch graphische Ermittlung der Elemente und mit Hilfe von Polygonzügen*. Winterthur, 1935.
10. Etc.