

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

Autor(en): **Décombaz, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **72 (1946)**

Heft 18: **Comptoir Suisse, Lausanne, 7-22 septembre 1946**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-54634>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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^{ie}, 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 ; G. 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 fin¹).

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.

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

¹ 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 Σf

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

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_1 et MR_2*

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

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

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

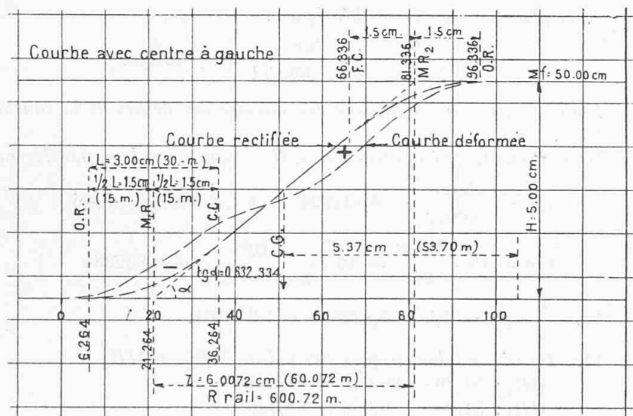


Fig. 30. — Diagramme des sommes des flèches (ou des angles superposés).

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		Ripage		Observations
				$\Sigma f.c. - \Sigma f$		a. g. de la voie	a. d. de la voie	
	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.
×	0,024	0,038	- 0,010		4,59 ^s		10,83 ^s	1120
30	0,028	0,079	+ 0,004		5,10 ^s		15,94	851
×	0,030	0,135	+ 0,055		5,40		21,34	688
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	0,567	0,30			28,00	
×	0,013	0,222	0,799	2,70		211,59	25,30	
60	0,024	0,192	1,008	4,44			20,86	
×	0,028	0,152	1,176	5,27			15,59	
70	0,022	0,103	1,300	5,26 ^s			10,32 ^s	F.C. 5,066336 $R = 60072$
×	0,013	0,054	1,381	4,20			6,12 ^s	626
80	0,006	0,022	1,422	2,98			3,14 ^s	757
×	0,002	0,008	1,438	1,89 ^s			1,25	MR ₂
90	0,000	0,002	1,444	0,91 ^s			0,33 ^s	1300
×	0,000	0,000	+ 1,446	0,33 ^s			0,00	2040
5,100	0,000	0,000	+ 1,446	0,00			0,00	4710
×	0,000	0,000	+ 1,446	0,00			0,00	O.R. 5,096336 ∞
			+ 1,446				0,00	∞

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

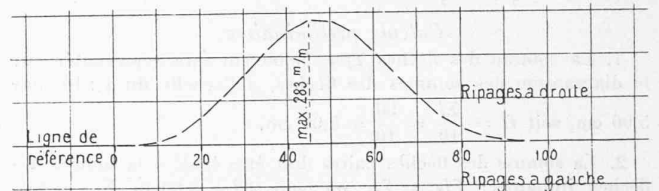


Fig. 31. — Diagramme des ripages à l'échelle au 1 : 10.

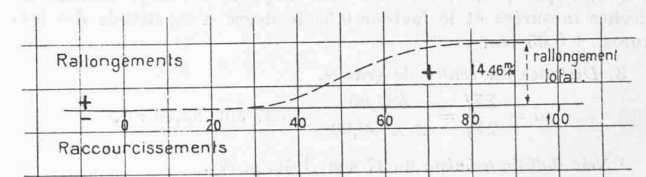


Fig. 32. — Diagramme des rallongements et des raccourcissements des files de rails à l'échelle au 1 : 1.

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

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

13. Equation de la parabole quadratique.

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

$y = 1,5 \text{ tga} = 1,248501$ (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-

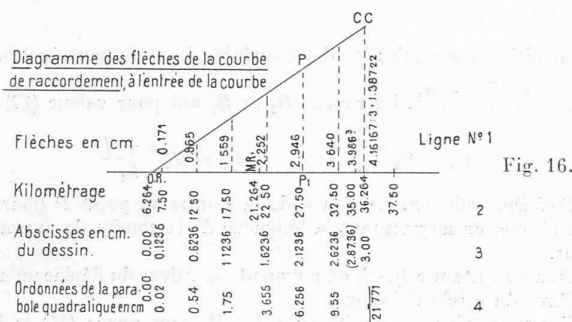


Fig. 16.

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 Δl .

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

Par l'équation de la parabole quadratique, chiffre 13, $y = 0,138722 \cdot x^2$, nous trouvons pour $x = 2,1236$ cm $y = 0,138722 \times 2,1236^2 = 6,256$ cm, comme ci-dessus. A l'aide de la règle à calcul $y = 2,12 \times 2,95 = 6,25$ 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 $4 \times 0,0624 = 0,2496$ 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

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

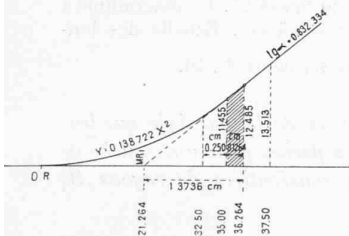


Fig. 17 (croquis).

La différence $3,19 - 3,026 = 0,164$ cm provient non d'une erreur de calcul, mais du cumul des ordonnées de la parabole quadratique calculées pour des éléments de cour

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.

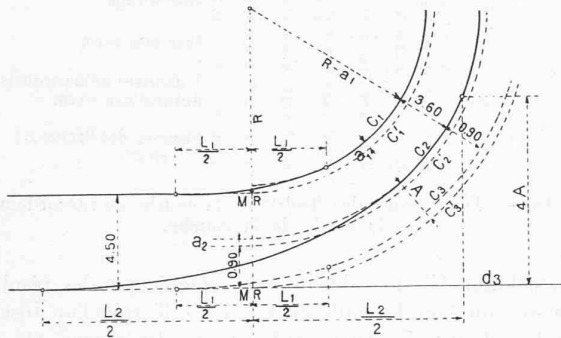


Fig. 21.

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

Calculer la longueur de L_2 .

On trouve $L_2 = 137,77$ 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).

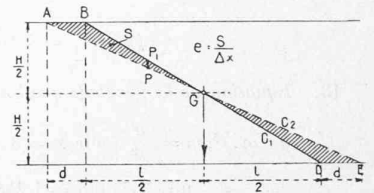


Fig. 22.
Diagramme des sommes des flèches.

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.

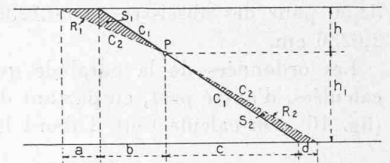


Fig. 23.
Diagramme des sommes des flèches.

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.

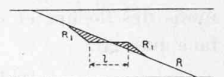
En augmentant celle-ci, on augmente la valeur du déplacement a de l'axe du cercle théorique.

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 $7^\circ 7' 30''$ (fig. 26).

Le résultat cherché est donné par la figure 25. Le diagramme a été établi avec $\Delta l = 2,00$ m et $\Delta x = 0,5$ 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

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

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.

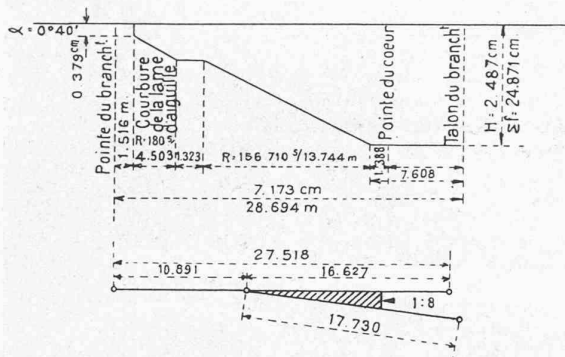


Fig. 25 et fig. 26.

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.

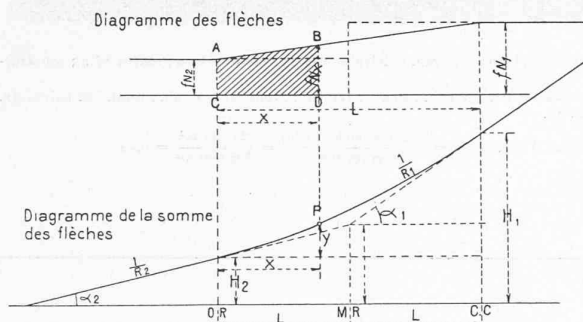


Fig. 27 et fig. 28.

§ 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,

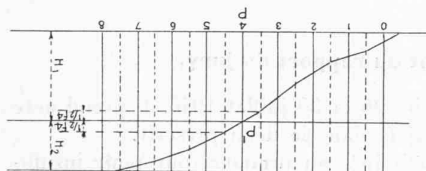


Fig. 29. Diagramme des sommes des flèches.

- 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 ± 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.