

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 72 (1946)
Heft: 17

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-54633>

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: 29.06.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

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.

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*, par E. DÉCOMBAZ, ingénieur. — Société suisse des ingénieurs et des architectes : Procès-verbal de l'assemblée des délégués du samedi 13 avril 1946 (suite et fin). — DIVERS : *Le génie et l'esprit de l'homme*. — BIBLIOGRAPHIE. — Association suisse pour le plan d'aménagement national : *Cours de Ragaz*. — 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.

I. Aperçu théorique de la méthode.

Avant-propos.

Les Chemins de fer fédéraux n'ont cessé, au cours de ces dernières années, d'augmenter la vitesse des trains. Les résultats remarquables obtenus ne l'ont pas été uniquement grâce aux progrès réalisés dans le matériel roulant et de traction ; il a fallu également améliorer le tracé des voies et rectifier de nombreuses courbes. A cet effet, les C. F. F. appliquent avec succès, depuis une dizaine d'années, une méthode nouvelle de piquetage que nous nous proposons d'exposer ici.

Elle complète et remplace dans une certaine mesure les anciennes méthodes classiques de piquetage de courbes au théodolite, telles que celles des coordonnées polaires, des coordonnées sur la tangente ou sur la corde ou encore des coordonnées sur le prolongement de la corde.

Elle est rapide et permet de trouver clairement la solution du problème à résoudre, ainsi par exemple, le passage d'un point forcé, etc. La méthode présente en outre l'avantage d'être appliquée sur une voie en exploitation, sans être gênée par la circulation des trains.

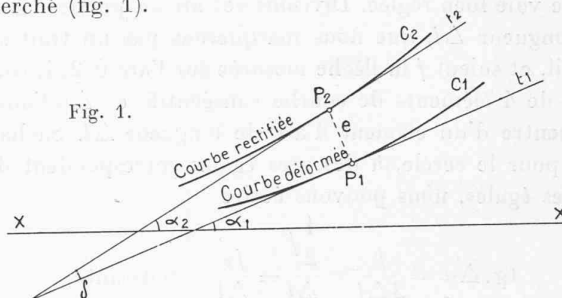
Quant à sa précision, elle est aussi grande que celle obtenue avec le piquetage au théodolite, comme nous le verrons par la suite de cet exposé.

§ 1. Définition et formules fondamentales.

La méthode consiste à mesurer les flèches de la courbe déformée, puis à l'aide de diagrammes, à déterminer graphiquement ou numériquement le déplacement transversal (ou ripage) d'un point quelconque de celle-ci pour le ramener dans la position de la courbe rectifiée.

Cherchons tout d'abord, avec Schramm, les relations qui relient les points de la courbe déformée avec ceux de la courbe rectifiée. Soit P_1 un point quelconque de la courbe déformée et e le déplacement transversal cherché (fig. 1).

Fig. 1.



Si α_1 et α_2 sont les angles que font les tangentes t_1 et t_2 avec l'axe des x , on a

$$(1) \quad \delta = \alpha_2 - \alpha_1.$$

Soient P_1 et Q_1 deux points de la courbe déformée C_1

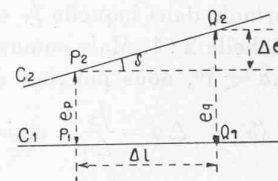


Fig. 2.

distants l'un de l'autre d'une longueur finie Δl que l'on choisira aussi petite que l'on voudra et qui sera, par exemple, égale au 1/100 du rayon de la courbe considérée.

Nous aurons

$$(2) \quad \Delta e = \Delta l \operatorname{tg} \delta.$$

En pratique, l'angle α ne dépasse pas 2° environ et la différence entre la tangente et l'arc étant très petite (0,000014 pour 2°) nous sommes en droit de poser, sans erreur appréciable

$$\operatorname{tg} \delta = \delta$$

et la formule (2) devient $\Delta e = \Delta l \delta$.

Par une sommation graphique ou numérique de tous les déplacements partiels dès l'origine de la courbe jusqu'au point P_1 , nous obtiendrons le déplacement cherché e (fig. 1) en ce point de la courbe déformée C_1

$$(3) \quad e = \Sigma \Delta l \delta.$$

Remplaçons dans l'équation (3) δ par sa valeur en fonction de α_1 et α_2 (1). Nous obtenons

$$(4) \quad e = \Sigma \Delta l (\alpha_2 - \alpha_1),$$

qui est l'équation fondamentale de la méthode.

§ 2. Relations entre les flèches, la courbure $\frac{1}{R}$ et la longueur l d'un arc de cercle.

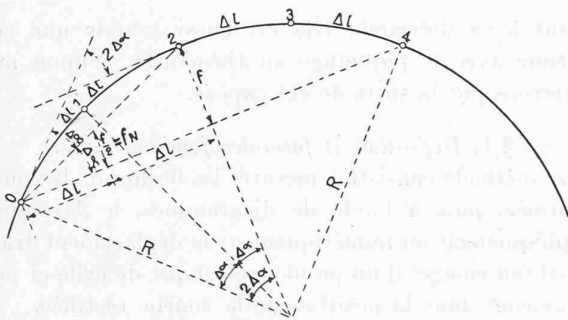


Fig. 3.

Soit C l'arc de cercle considéré de rayon R , qui serait matériellement représenté par la file de rails extérieure d'une voie bien réglée. Divisons cet arc en parties égales de longueur Δl , que nous marquerons par un trait sur le rail, et soient f la flèche mesurée sur l'arc 0.2.4, composé de 4 éléments de courbe consécutifs et $\Delta \alpha$ l'angle au centre d'un élément d'arc de longueur Δl . Sachant que pour le cercle, à des arcs égaux correspondent des flèches égales, nous pouvons écrire

$$\operatorname{tg} \Delta \alpha = \frac{f}{2 \Delta l} = \frac{\frac{1}{2} f}{\Delta l} = \frac{f_N}{\Delta l} = \text{constante},$$

formule dans laquelle f_N est la flèche de l'arc mesurée à l'échelle 2 : 1. Mais comme nous pouvons choisir l'angle $\Delta \alpha \leq 1^\circ$, nous pouvons d'autant mieux écrire (§ 1)

$$(5) \quad \Delta \alpha = \frac{f_N}{\Delta l}, \quad \text{mais} \quad (6) \quad \Delta \alpha = \frac{\Delta l}{R},$$

$$\text{d'où} \quad (7) \quad f_N = \frac{\Delta l^2}{R},$$

et $f = 2f_N$ n'est autre que l'ordonnée de la parabole quadratique qui a pour équation $y = \frac{x^2}{2R}$, pour une abscisse égale à $2\Delta l$.

En se basant sur la relation (6), nous avons pour l'angle complet, correspondant à une longueur d'arc égale à l

$$(8) \quad \alpha = \frac{\Sigma f_N}{\Delta l} \quad \text{ou} \quad \frac{\Sigma f}{\Delta l}, \quad \text{mais} \quad (9) \quad \alpha = \frac{l}{R},$$

$$\text{d'où} \quad (10) \quad R = \frac{l \cdot \Delta l}{\Sigma f}.$$

§ 3. Diagrammes.

Considérons l'arc de cercle C (§ 2) divisé en parties égales de longueur Δl que nous reporterons bout à bout en abscisses à une certaine échelle (fig. 4) à partir du point de tangence comme origine et en ordonnées les flèches correspondantes, nous obtiendrons une droite AB parallèle à l'axe des x que nous appellerons le *diagramme des flèches* et qui pour une courbe quelconque est une ligne brisée.

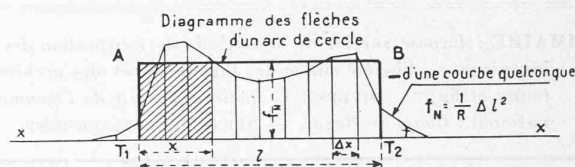
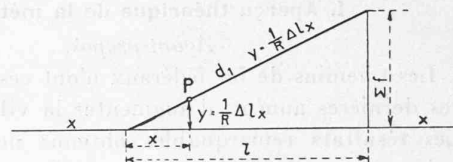


Fig. 4. — Diagramme des flèches.

Nous avons vu (7) que $f_N = \frac{1}{R} \Delta l^2$. La courbure $\frac{1}{R}$ étant constante pour un arc de cercle, la ligne AB représentera aussi le *diagramme des courbures*.

Remarque. Pour deux courbes quelconques tangentes aux deux mêmes alignements droits, les surfaces des diagrammes respectifs sont égales.

Fig. 5.
Diagramme de la somme des flèches d'un arc de cercle.



En sommant successivement les ordonnées du diagramme des flèches (fig. 4) et en reportant chaque somme en ordonnée sur l'axe des x (fig. 5), nous obtiendrons le *diagramme des sommes des flèches* ou le *diagramme des angles* qui est la droite d_1 et pour une courbe quelconque une ligne brisée.

¹ *Remarque I.* La notion de flèche mesurée à l'échelle 2 : 1 ou $f_N = \frac{f}{2}$ se justifie par le fait que l'arc étant défini par un double mesurage de flèches, il s'en suit que l'angle au centre α en un point quelconque d'un arc ou d'une courbe quelconque a pour mesure la somme des flèches en ce point divisée par la longueur de l'élément Δl .

Remarque II. Si dans les mêmes conditions que ci-dessus, on mesurait les flèches à l'aide d'une échelle 1 : 1, il faudrait multiplier la somme des flèches Σf par le facteur $\frac{1}{2 \Delta l}$ pour obtenir l'angle au centre cherché et diviser par 2 les ripages obtenus.

Remarque III. En mesurant les flèches tous les Δl m sur une corde de $2\Delta l$ m, à l'aide d'une échelle 1 : 1, il faudrait multiplier par 2 les résultats obtenus pour les ripages et par 4, si ces flèches étaient mesurées à l'échelle 2 : 1.

Pour un point quelconque de l'arc de cercle, la surface hachurée du rectangle (fig. 4) représente la somme des flèches en ce point et la droite di a pour équation

$$(11) \quad y = \frac{x \cdot t_N}{\Delta l} = \frac{x R \Delta l^2}{\Delta l} = \frac{1}{R} \Delta l \cdot x,$$

qui ne diffère de l'équation (9) que par le facteur Δl . En un point quelconque P d'abscisse x , l'angle α sera obtenu en divisant la somme des flèches au point considéré par Δl . L'angle au centre α d'un arc de longueur l , exprimé en fonction de la somme des flèches Σf sera, comme nous l'avons vu

$$(8) \quad \alpha = \frac{\Sigma f}{\Delta l} \quad \text{et} \quad (9) \quad \alpha = \frac{l}{R}.$$

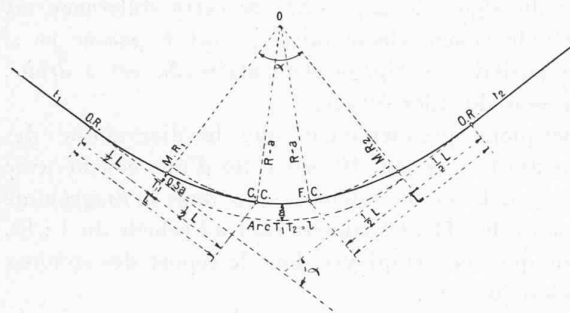


Fig. 6.

Considérons un arc de cercle de rayon R raccordé aux alignements droits t_1 et t_2 par des raccords paraboliques de longueur L (fig. 6). Le diagramme des flèches sera obtenu en substituant (fig. 6 a) aux deux extrémités du diagramme des flèches du cercle primitif une droite inclinée d passant par le point milieu M des droites T_1A et T_2B . Les flèches varieront progressivement de zéro à l'origine du raccordement OR , à f_N à la fin du raccordement en D et E . L étant la longueur de la courbe de raccordement.

Si, maintenant, nous sommions les ordonnées de la surface du triangle $OR.CC.D$ (fig. 6 a) nous obtiendrions (fig. 7) le diagramme des sommes des flèches pour la courbe de raccordement.

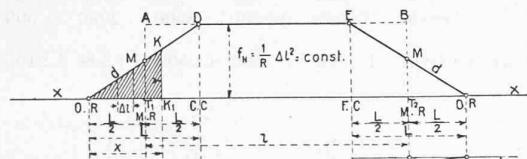


Fig. 6 a.

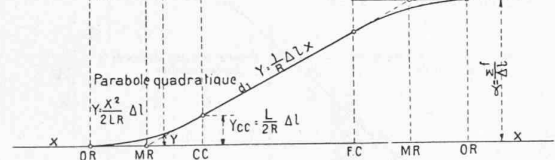


Fig. 7.

Fig. 6 a et fig. 7. — Diagramme des flèches d'un arc de cercle de rayon R avec raccords paraboliques et diagramme des sommes des flèches ou des angles d'un arc circulaire avec raccords paraboliques.

En effet, pour un point quelconque K du diagramme des flèches, la surface du triangle $OR.KK_1$ a pour expression, en tenant compte de la longueur finie des éléments de courbe Δl

$Y = \frac{f_N}{2L \cdot \Delta l} \cdot x \cdot x = \frac{f_N}{2L \cdot \Delta l} x^2$, et en remplaçant f_N par sa valeur (7) $f_N = \frac{\Delta l^2}{R}$, nous aurons

$$(12) \quad Y = \frac{x^2}{2LR} \Delta l.$$

C'est l'équation de la parabole quadratique qui a son axe principal perpendiculaire à l'axe des abscisses. Le point OR sur l'axe des x est le sommet de la courbe. L'ordonnée à la fin de la courbe de raccordement a pour expression, en remplaçant x par L dans l'équation (12) ou x par $\frac{L}{2}$ dans l'équation (11)

$$(13) \quad Y = \frac{L}{2R} \Delta l.$$

Exemple numérique. Calculer l'angle au centre α pour $R = 600$ m., $\Delta l = 5$ m et $\Sigma f = 83,33...$ m ?

On trouve $\alpha = \frac{83,33}{500} = 0,16667$ radian ou $\alpha = 9^\circ 32' 57''$ ou $10^\circ 6' 105$. Et la longueur de l'arc est de 100 m.

§ 4. Equation de la courbe de raccordement.

Si l'on fait la somme des ordonnées de la parabole quadratique (fig. 7) tous les Δl , dès l'origine de la courbe jusqu'au point d'abscisse x , nous obtenons une valeur Y qui satisfait à la relation

$$(14) \quad Y = \frac{x^3}{6LR},$$

autrement dit, l'équation (14) est la courbe intégrale de

$$\text{l'équation (12)} \quad y = \frac{\Delta l}{2L \cdot R} \cdot x^2.$$

L'équation (14) n'est autre que celle de la *parabole cubique de raccordement*, dont l'ordonnée à la fin de la courbe a pour valeur, en remplaçant dans l'équation (14) x par L

$$Y = \frac{L^2}{6R} = 4a$$

$$\text{et pour } x = \frac{L}{2} \quad \dots \quad Y = \frac{L^2}{48R} = \frac{a}{2},$$

a étant le déplacement de l'axe du cercle primitif.

§ 5. Diagrammes des angles superposés et diagramme des ripages d'un arc de cercle avec raccords paraboliques.

La figure 8 peut être considérée comme la superposition du diagramme des angles du cercle primitif avec celui de l'arc circulaire avec raccords paraboliques.

Nous avons vu § 1, formule (4), qu'en un point quelconque P , le déplacement transversal cherché

$$e = \Sigma \Delta l (\alpha_2 - \alpha_1).$$

Pour un point quelconque d'abscisse x ,

$$\alpha_2 = \frac{y_2}{\Delta l}, \alpha_1 = \frac{y_1}{\Delta l} \quad \text{et} \quad e = \Sigma \Delta l \left(\frac{y_2}{\Delta l} - \frac{y_1}{\Delta l} \right) = \Sigma (y_2 - y_1).$$

C. Q. F. D.

Si l'on fait la somme des différences des ordonnées $(y_2 - y_1)$, de la surface hachurée, nous obtenons le *diagramme des ripages* (fig. 9). Cette surface est égale d'après § 4, à la surface de la parabole quadratique pour $x = L$, moins, la surface du triangle $MR.CC.C'C'$.

$$(15) \quad \frac{L^2}{6LR} - \frac{L}{2R} \cdot \frac{L}{2 \cdot 2} = \frac{L^2}{24R} = a.$$

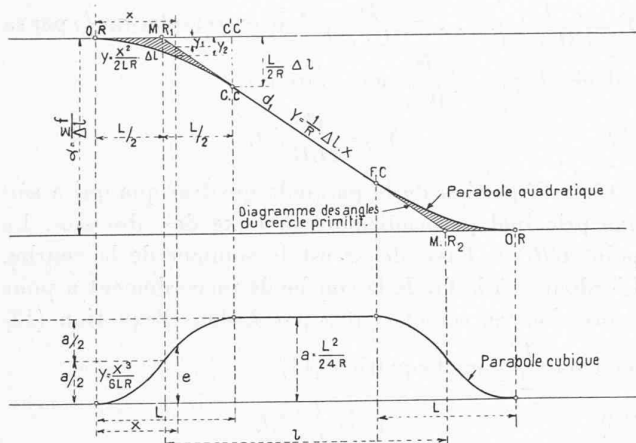


Fig. 8 et fig. 9. — Diagrammes des angles superposés d'un arc de cercle avec et sans raccordements paraboliques et diagramme des ripages.

§ 6. *Diagramme des ripages d'une courbe quelconque connaissant son diagramme des angles (ou des sommes des flèches).*

La courbe rectifiée est à rayon unique. La courbe déformée C_1 a son diagramme des angles donné. Soit Σf , la somme des flèches et $H = \frac{\Sigma f}{10}$ sa représentation sur le diagramme. Déterminons tout d'abord la distance d du centre de gravité G de la courbe à rectifier, au moyen de la formule des moments

$$(16) \quad d = \frac{\Sigma f \cdot \Sigma f}{2 \Sigma f},$$

dans laquelle d est la distance en centimètres du dessin, à partir du point de division (ou de station) qui suit la dernière somme des flèches. Le centre de gravité se trouve d'un autre côté, sur une parallèle à l'axe des x , à une hauteur $\frac{H}{2}$.

Le centre de gravité étant déterminé, calculons le rayon de la courbe rectifiée, de façon à obtenir le *minimum de ripages*. C'est-à-dire qu'on choisira parmi toutes les droites inclinées passant par le centre de gravité, celle qui donnera les surfaces minima en dessus ou en dessous de celle-ci. Ces surfaces étant de plus égales, quelle que soit la solution adoptée, le diagramme des ripages se fermera à zéro à la fin de la courbe.

Le rayon R de la courbe rectifiée est donné par la formule

$$(10) \quad R = \frac{l \cdot \Delta l}{\Sigma f} \quad \text{ou} \quad (17) \quad R = C_3 \frac{l}{H},$$

dans laquelle C_3 est un coefficient qui dépend des échelles adoptées dans le report des quantités l et H . Nous trouverons plus loin la valeur de ce coefficient.

Déterminons le déplacement partiel (ou ripage partiel) d'un point quelconque (fig. 10), situé à 25 m de l'origine du kilométrage spécial.

Comme nous l'avons vu, les sommes des flèches Σf et Σf_p sont proportionnelles aux angles α_1 et α_2 :

$$\alpha_1 = \frac{\Sigma f}{\Delta l} \quad \text{et} \quad \alpha_2 = \frac{\Sigma f_p}{\Delta l},$$

$$\text{d'après (1)} \quad \delta = (\alpha_2 - \alpha_1) = \frac{\Sigma f_p - \Sigma f}{\Delta l} \quad \text{et} \quad (2)$$

$$\Delta e = \delta \Delta l = \Delta l \frac{\Sigma f_p - \Sigma f}{\Delta l} = \Sigma f_p - \Sigma f.$$

En faisant la somme des déplacements partiels jusqu'au point considéré, nous aurons

$$(18) \quad e = \Sigma (\Sigma f_p - \Sigma f). \quad \text{C. Q. F. D.}$$

En portant sur la ligne de référence (fig. 11), en abscisses, les longueurs de la courbe C_1 à rectifier et en ordonnées, les valeurs e pour chaque point de la courbe, on obtient le *diagramme des ripages*.

Dans le cumul des déplacements partiels, il faut tenir compte du signe de $\Sigma f_p - \Sigma f$. Si cette différence est négative, le ripage élémentaire Δe est à gauche et si elle est positive, le ripage élémentaire Δe est à droite, dans le sens du kilométrage.

Remarquons premièrement que le diagramme des sommes des flèches (fig. 10) est celui d'une courbe avec centre à gauche et secondement que, dans le diagramme des ripages (fig. 11), les ripages sont à l'échelle du 1 : 10, la même que celle employée dans le report des sommes des flèches (fig. 10).

§ 7. *Détermination du coefficient C_3 de la formule (17)*

$$R = C_3 \frac{l}{H}.$$

Le coefficient C_3 dépend de l'unité de longueur choisie, le centimètre, et des échelles adoptées dans le report des quantités l et Σf . L'échelle des longueurs d'arc est fonction de l'élément de courbe Δl , lequel est généralement représenté sur les divers diagrammes par $\Delta x = 0,5$ cm. La somme des flèches sera représentée, le plus souvent, à l'échelle du 1 : 10, soit $H = \frac{\Sigma f}{10}$ cm.

Dans ces conditions, le coefficient C_3 a pour valeur

$$C_3 = \frac{\Delta l^2}{5}$$

Δl cm	500	400	300	200	100	50
C_3	50 000	32 000	18 000	8000	2000	500
Echelles des						
longueurs d'arc	1 : 4000	1 : 800	1 : 600	1 : 400	1 : 200	1 : 100

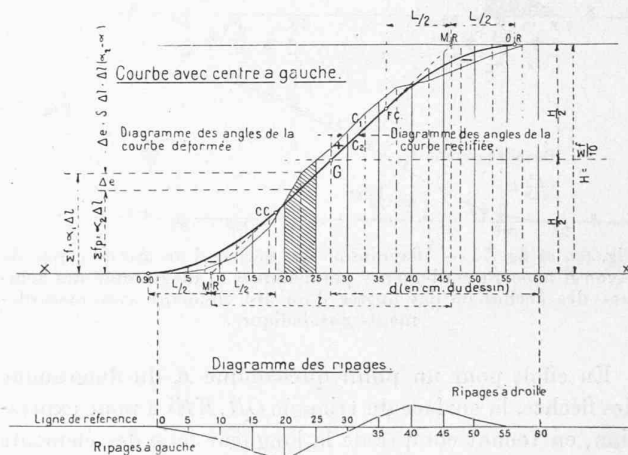


Fig. 10 et fig. 11.

Le coefficient C_3 sera double pour une somme des flèches reportée à l'échelle du 1 : 5. Remarquons que ce coefficient est indépendant du rayon de la courbe et rappelons que la longueur de l'élément de courbe Δl (§ 1) est égale au 1 : 100 du rayon environ et à 5 m pour toutes les courbes dont le rayon ≥ 500 m.

§ 8. *Mesure de l'angle au centre Φ de la courbe donnée et degré de précision de la méthode.*

L'angle Φ est donné en fonction de la longueur d'arc par la formule

$$(19) \quad \Phi = l \frac{200}{\pi R}, \text{ pour la division centésimale et}$$

$$(19a) \quad \Phi = l \cdot \frac{180}{\pi R}, \text{ pour la division sexagésimale.}$$

Nous avons vu, d'autre part (§ 3), que Φ est déterminé en fonction de la somme des flèches Σf

$$\Phi = \frac{\Sigma f}{\Delta l} \text{ en radian.}$$

On trouve l'angle correspondant Φ en grades ou degrés à l'aide de tables centésimales ou sexagésimales.

La flèche théorique d'un arc de cercle est donnée par la formule

$$(20) \quad f = 2 \cdot R \sin^2 \frac{\alpha}{4},$$

tandis que nous avons employé la formule approximative

$$f = \frac{(2\Delta l)^2}{2R}, \text{ qui donne des résultats d'autant plus}$$

élevés que le rapport $\frac{\Delta l}{R}$ est plus grand.

L'angle Φ déduit de la somme des flèches mesurées Σf est trop fort. Le tableau ci-dessous donne l'écart réduit par unité de longueur d'arc

$$\frac{\Delta l}{R} \dots\dots\dots 1/500 \quad 1/200 \quad 1/100 \quad 1/75 \quad 1/50$$

Ecarts réduits par unité de longueur d'arc en secondes centésimales, en excès sur la

valeur réelle de Φ 0,01'' 0,08'' 0,64'' 1,51'' 5,10''

Exemple. Etant donné une courbe de 500 m de rayon, de 600 m de longueur et $\Delta l = 5,00$ m, on demande quel est l'écart $\Delta \Phi$ dans la mesure de l'angle au centre Φ ?

On trouve $\Delta \Phi = 76'' \cdot 4$ centésimales (ou $24''$ sexagésimales environ).

§ 9. *Considérations sur l'établissement des divers diagrammes.*

a) *Diagramme des flèches.* Les flèches inscrites sur le carnet seront reportées en ordonnées, à une certaine échelle, au droit de chaque point de division (§ 3). Ce diagramme n'étant pas indispensable, on passera directement au suivant, lettre b.

b) *Diagramme des sommes des flèches.* Sur le carnet, on inscrira dans l'interligne les sommes des flèches et l'on établira ensuite le diagramme en portant les Σf en ordonnées dans les demi-intervalles qui suivent la flèche cumulée. En effet, en cumulant les flèches du diagramme des flèches, on cumule en réalité des surfaces élémentaires, de longueur Δl ou Δx sur le dessin et de

hauteur f , limitées par des droites parallèles aux flèches considérées et passant par les demi-intervalles. En conséquence, la somme des flèches en un point quelconque sera reportée dans le demi-intervalle qui suit la flèche cumulée.

c) *Diagramme des ripages.* Pour la même raison que ci-dessus, les sommes des différences partielles Σe seront reportées sur chaque point de division qui suit le demi-intervalle correspondant à la différence partielle.

d) *Diagramme des rallongements et des raccourcissements des files de rails.* Par anticipation, nous dirons que ce diagramme résultant de la somme des ordonnées du diagramme des ripages, celles-ci seront reportées dans le demi-intervalle qui suit le ripage considéré.

En résumé, chaque opération de sommation est décalée d'un demi-élément dans le sens du kilométrage.

Problème I. On demande de calculer la flèche f_N au point de tangence d'un arc de cercle de 500 m. de rayon pour $\Delta l = 5,00$ m. On trouve $f_N = 2,50$ cm.

Problème II. On demande de calculer la flèche f_N , au point O. R. d'une courbe de raccordement de 50 m de longueur raccordant un arc de cercle de 500 m de rayon comme ci-dessus, pour $\Delta l = 5,00$.

On trouve $f_N = 0,125$ cm.

§ 10. *Rallongements et raccourcissements des files de rails et établissement de leur diagramme.*

Première proposition préliminaire.

La différence de longueur s de deux arcs concentriques de rayons R et R' est égale au produit de l'angle au centre par la différence des rayons $R - R'$ (fig. 12).

$$\alpha = \frac{\text{arc } AB}{R} = \frac{\text{arc } A'B'}{R'}$$

$$(21) \quad \text{d'où } s = \alpha (R - R').$$

Exemple numérique.

Données : Rayon de l'axe de la voie, $R = 60$ m.

Ecartement d'axe en axe des rails, $e = 1,074$ m.

Longueur de la courbe suivant l'axe de la voie, $l = 120,198$ m.

Inconnue : Différence de longueur entre les deux files de rails, s . On trouve $s = 2,156$ m.

Deuxième proposition préliminaire.

Dans un triangle rectangle (fig. 13), dans lequel le rapport des côtés de l'angle droit $\frac{b}{c} \ll 0,05$, la différence de longueur $a - c$, entre l'hypoténuse a et le côté c , a pour valeur

$$(22) \quad a - c = \frac{b^2}{2c}$$

En effet, cette différence a sensiblement pour valeur l'ordonnée CC' pour une abscisse AC du cercle de rayon BA dont l'origine est au point A.

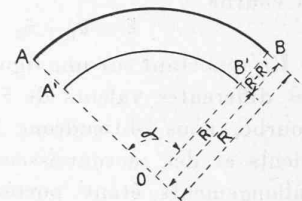


Fig. 12.

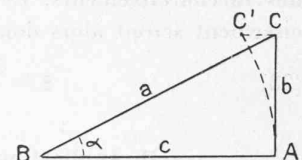


Fig. 13.

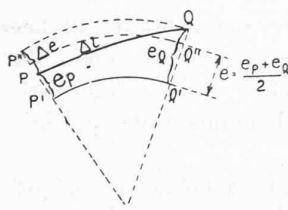


Fig. 14.

Rallongements ou raccourcissements proprement dits des files de rails.

Considérons l'élément PQ de la courbe déformée (fig. 14) que nous nous proposons de faire coïncider avec l'élément $P'Q'$ de la courbe rectifiée. Projétons tout d'abord l'élément PQ en $P''Q''$ sur un arc concentrique à $P'Q'$. Cette projection réduit la longueur Δl de l'élément de courbe de la quantité (deuxième proposition).

$$\Delta \xi_1 = \frac{\Delta e^2}{2\Delta l}.$$

Il reste ensuite à faire coïncider l'élément $P''Q''$ avec l'arc $P'Q'$ de la courbe rectifiée par un mouvement de translation, dans le cas de la figure, vers le centre de la courbe. La coïncidence parfaite ne pourra s'obtenir qu'après avoir fait subir à l'élément $P''Q''$ un raccourcissement $\Delta \xi_2$. D'après la première proposition, nous avons

$$\Delta \xi_2 = \frac{\Delta l}{R} \cdot e.$$

En faisant la même opération pour tous les éléments de la courbe déformée et en faisant ensuite la somme de tous les rallongements ou raccourcissements partiels $\Delta \xi_1$ et $\Delta \xi_2$, nous avons pour un point quelconque de la courbe

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = \Sigma \xi_1 + \Sigma \xi_2.$$

En reportant sur une ligne de référence, en ordonnées, les différentes valeurs de ξ pour tous les points de la courbe, nous obtiendrons le diagramme des rallongements et des raccourcissements des files de rails. Les rallongements étant portés au-dessus de la ligne de référence et les raccourcissements en dessous.

Remarquons que les ξ_1 sont toujours des raccourcissements. Dans les courbes de raccordement, le rayon R sera remplacé par le rayon de courbure moyen ρ de l'élément considéré,

$$\rho = \frac{L \cdot R}{x}.$$

Pour une valeur approchée du rallongement ou du raccourcissement des files de rails à la fin de la courbe ou en un point quelconque P de celle-ci, il suffit de faire la somme Σe des ripages entre les points MR de la courbe ou jusqu'au point P , en tenant compte des signes qui seront positifs pour des rallongements et négatifs pour des raccourcissements. Le rallongement ou le raccourcissement seront alors donnés par la formule

$$(23) \quad \xi = \frac{\Sigma e \cdot \Delta l}{R}.$$

II. Application de la méthode.

§ 11. Opérations préliminaires.

Les alignements droits à l'entrée et à la sortie de la courbe présentant le plus souvent des défauts d'alignement, il est recommandé de relever les flèches sur toute leur étendue ou

du moins sur une certaine longueur. Nous verrons plus loin comment l'on peut s'en dispenser.

On commencera les opérations par le *chainage* de la courbe sur la file de rails extérieure ou du grand rayon, en commençant par l'alignement qui précède la courbe. L'origine et la fin du chainage (ou kilométrage) seront rattachés au kilométrage officiel.

La longueur des éléments de courbe ne dépassera pas le $1/100$ du rayon ou le $1/25$ pour l'arc composé de 4 éléments.

Relevé des flèches. Les flèches seront mesurées à l'aide d'un appareil spécial avec fil de soie tendu à ses extrémités par des équerres. Les flèches seront mesurées soigneusement en faisant la lecture sur l'un des bords du fil, celui du côté du rail dont on mesure les flèches, et en s'assurant que les deux équerres s'appliquent exactement contre le bord intérieur du champignon du rail. L'appareil, complété par la réglette divisée à l'échelle 2 : 1, permet de faire des lectures de flèches négatives jusqu'à 0,50 cm environ. Le fil doit être tendu fortement pour subir le moins possible l'influence du vent. Par un grand vent, on renverra les opérations à un temps plus propice.

Les flèches mesurées seront inscrites sur le carnet de chantier, en regard de leur position kilométrique.

Repérage des obstacles. Les flèches une fois mesurées, on procédera au repérage des obstacles situés à proximité de la voie, tels que poteaux, garde-corps, bâtiments, murs, ponts, etc. Tous ces objets seront rattachés au kilométrage spécial au moyen d'une équerre de pose et l'on mesurera la distance d de l'obstacle au bord intérieur du champignon du rail, perpendiculairement à la file de rail qui sert de base d'opération. On complètera le repérage par des croquis.

L'étude de la correction de la courbe devra se faire aussitôt les opérations sur le terrain terminées, si l'on veut que la voie soit encore en place au moment du piquetage.

Matériel de bureau nécessaire à l'étude des courbes.

une machine à calculer,
une règle bien droite, et en plus pour la méthode graphique, un compas spécial à pointes sèches avec ressort et balustre et vis d'écartement entre les deux branches, et en outre un pistolet pour tracer les paraboles quadratiques du diagramme des sommes des flèches.

§ 12. Manière d'éviter le levé des flèches dans les alignements et mesurage direct de l'angle au centre Φ .

Les alignements à l'entrée et à la sortie de la courbe seront piquetés au théodolite et l'on placera des piquets dans le voisinage des futurs points OR , origines des deux raccords. L'origine et la fin du chainage correspondront à ces deux points.

Le levé des flèches se fera à partir du point 2 jusqu'au point $n - 2$ (fig. 15). Pour compléter les relevés, on mesurera au théodolite les ordonnées y_1, y_2 et y_3 ainsi que les ordonnées y_{n-3}, y_{n-2} et y_{n-1} , en posant une latte horizontalement au droit des points 1, 2, 3, $n-3, n-2$ et $n-1$, perpendiculairement aux deux alignements respectifs t_1 et t_2 .

Les ripages aux points 0 et n étant nuls par définition, les flèches f_{-1} et f_{n+1} doivent être nulles. Les autres flèches calculées seront alors obtenues par les formules

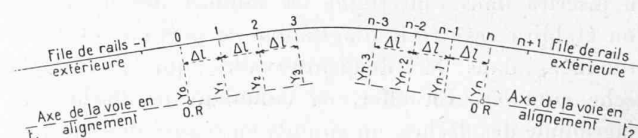


Fig. 15.

$$f_0 = \frac{y_0 - y_2}{2} \quad \text{et} \quad f_1 = \frac{y_1 - y_3}{2},$$

$$f_n = \frac{y_n - y_{n-2}}{2} \quad \text{et} \quad f_{n-1} = \frac{y_{n-1} - y_{n-3}}{2},$$

dans lesquelles y_0 et y_n sont le demi-écartement des voies en alignement.

On complètera ensuite le carnet de relevés par les flèches calculées puis on fera la somme des flèches paires et impaires et l'on calculera ensuite l'angle au centre Φ , par la formule

$$\Phi_1 = \frac{\Sigma f}{\Delta l}.$$

Pour terminer les relevés, on pourra mesurer au théodolite l'angle au centre Φ , en établissant une polygonale sommaire, sans la mesure des côtés.

La différence $\Phi - \Phi_1$ sera transformée en somme des flèches $\Delta f = \Delta l (\Phi - \Phi_1)$ où Φ et Φ_1 sont exprimés en radian.

n étant le nombre des flèches mesurées, on corrigera chaque flèche de la quantité

$$\frac{\Delta l (\Phi - \Phi_1)}{n},$$

qui varie environ de 0 à $\pm 0,05$ cm (à l'échelle 2:1) et l'on fera de nouveau les sommes des flèches pour l'établissement du diagramme.

(A suivre.)

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

Procès-verbal

de l'assemblée des délégués du samedi 13 avril 1946, à
9 h. 15 du matin, à l'Hôtel Schweizerhof, à Berne.

(Suite et fin¹.)

10. Rapport sur le travail de la Commission et du bureau S.I.A. pour la reconstruction.

M. E. Choisy, directeur, président de la Commission de la S. I. A. pour la reconstruction, rapporte sur les travaux entrepris depuis la dernière assemblée des délégués.

Sur proposition de la Commission pour la reconstruction, le Comité central a engagé comme employé au Bureau S. I. A. pour la reconstruction, M. Engler, architecte.

La Commission chargée de l'étude de la rationalisation dans les constructions, pour adapter notre technique aux tâches de la reconstruction, est actuellement composée de MM. Roth, président, Vouga, Brechbühler, Vetter, de Sausure et Zietzschmann.

Le Bulletin périodique d'information continue à paraître régulièrement et le prochain numéro sera distribué dans la seconde quinzaine d'avril.

Si l'on procède à un rapide tour d'horizon, on constate ce qui suit :

En France, le gouvernement Gouin, succédant à celui du général de Gaulle, a très fortement comprimé les crédits, spécialement ceux affectés à la reconstruction. C'est ainsi que les montants prévus pour les levés photogrammétriques ont été réduits de 90 %, ce qui exclut la possibilité de mener à chef le contrat qui avait été soigneusement préparé pour les géomètres suisses.

L'Exposition de l'Urbanisme et de l'Habitation, primitivement fixé à l'été 1946, a été repoussée au printemps 1947.

¹ Voir Bulletin technique des 6 juillet et 20 juillet 1946, p. 185 et p. 203, et du 3 août 1946, p. 214.

Les bureaux français d'architectes ne sont pas encore tous complètement occupés. Il n'est pas exclu que certains réajustements de crédits aient lieu après les élections de juin.

En Allemagne, nous nous heurtons à de très sérieuses difficultés, à commencer par l'impossibilité d'obtenir des visas.

En Italie, de nombreuses relations intéressantes et utiles ont été nouées, mais il paraît difficile de conclure, pour le moment, des contrats sans apport d'argent suisse.

Avec la Belgique, les rapports sont relativement faciles et les transferts de fonds moins compliqués.

Quoi qu'il en soit, les résultats pratiques obtenus jusqu'à ce jour restent extrêmement modestes, ce qui a incité la Commission pour la reconstruction à procéder à un examen complet de la situation.

Au point de vue financier, rappelons que notre budget a été établi et approuvé pour permettre à notre organisme de vivre pendant deux ans, sans percevoir aucune commission sur un travail quelconque.

Les recettes comprennent pour une moitié les subventions des souscripteurs, membres de la S. I. A., et pour l'autre moitié une contribution de la Confédération au titre des occasions de travail. Bien que cette dernière ne nous ait pas encore été versée, elle a fait l'objet d'engagements si formels qu'on ne peut douter qu'elle nous soit acquise.

A ce jour, il a été dépensé, pendant onze mois d'activité, 35 000 fr. sur le montant de 65 000 fr. prévu comme dépenses pour la première période du 1^{er} mai 1945 au 30 avril 1946. Nous sommes donc très largement au-dessous des prévisions.

D'autre part, il faut se souvenir qu'à l'origine, nous considérions comme probable qu'il y aurait du chômage en Suisse et que les Etats étrangers, ainsi que leurs entreprises, manifesteraient le désir de collaborer avec les architectes et ingénieurs suisses. C'est exactement le contraire qui s'est produit ; néanmoins, tenant compte du fait qu'il s'agit là d'une situation peut-être temporaire et que nous avons actuellement, grâce au Bureau pour la reconstruction, forgé un outil particulièrement bien adapté, la Commission unanime, approuvée en cela par le Comité central, considère qu'il convient de continuer à préparer la reprise de rapports normaux entre les techniciens suisses et les pays qui nous entourent.

M. M. Kopp, président, remercie M. Choisy pour son intéressant exposé.

M. J. Mussard, ingénieur : Les tâches du bureau pour la reconstruction comprennent d'une part la reprise et le développement des relations avec l'étranger, d'autre part l'inventaire, la coordination et l'encouragement de tout ce qui doit être fourni par notre technique pour la reconstruction.

1. Les relations avec l'étranger.

En France, tous les travaux envisagés par le bureau pour la reconstruction sont en suspens depuis les fortes réductions budgétaires et les autres réformes administratives du gouvernement Gouin ; il en est de même dans la zone d'occupation française en Allemagne. Ce sont précisément les crédits pour les relevés topographiques qui ont été tout particulièrement réduits. Un certain nombre de bureaux de géomètres suisses auraient commencé leurs travaux ce printemps encore, sur la base de nos tractations avec le Ministère de la reconstruction. On doute maintenant qu'il soit possible d'entreprendre ces travaux pendant cette année encore. L'Exposition internationale pour l'Urbanisme et l'Habitation, dont l'ouverture devait avoir lieu en juin-juillet 1946, a dû être renvoyée à l'année prochaine. Par contre, nous pouvons noter un certain nombre de demandes de maisons