

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 88 (1990)

**Heft:** 12: Vermessung und Eisenbahn = Mensuration et chemin de fer = Misurazione e ferrovia

**Artikel:** Calcul de trace de voies et d'appareils de voie

**Autor:** Sartori, G.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-234371>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 05.02.2025

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

## Calcul de trace de voies et d'appareils de voie

G. Sartori

Les services de planification, de construction et d'entretien du chemin de fer établissent des projets d'installations ferroviaires et des programmes d'entretien des voies en place. A partir d'un dessin du projet ou d'un cahier des charges, le rôle du géomètre consiste à établir un modèle numérique, composé de points, de droites, clothoïdes et arcs de cercle, définis dans les 3 dimensions et, en principe, intégré aux réseaux altimétriques et planimétriques des points de base de la mensuration officielle.

On attend du géomètre une confirmation de la faisabilité du projet et une garantie d'exactitude pour la concrétisation dans le terrain du modèle numérique. Ce dernier peut comprendre, en plus des points de l'axe des voies ceux définissant la position d'autres installations y étant liées, telles que les quais, ponts, bâtiments, caténares, etc.

*Die Planungs- und Unterhaltsdienste der Eisenbahn erstellen Bahntrassierungsprojekte oder Unterhaltsprogramme der existierenden Geleise. Der SBB-Geometer erstellt dazu ein numerisches Modell aus Punkten, Geraden, Klothoïden und Kreisbogen, die dreidimensional gerechnet und meistens in Lage und Höhe den Punkten der Landstriangulation angeschlossen werden.*

*Vom Geometer werden Aussagen zur Machbarkeit der Projekte und eine Garantie bezüglich der Genauigkeit der Umsetzung des Modells auf dem Felde erwartet. Nebst der Bestimmung von Geleisachsenpunkten beinhaltet diese Aufgabe auch Absteckung anderer Einrichtungen wie Perrons, Brücken, Gebäude, Fahrleitungen und weiteres mehr.*

### 1. Projets et travaux nécessitant un calcul de tracé

#### 1.1 Tracés nouveaux

Depuis la construction des chemins de fer dans la seconde moitié du siècle passé le réseau suisse n'a subi que peu de modifications importantes. Avec le projet Rail 2000 on prévoit la réalisation de tronçons nouveaux où les problèmes à résoudre sont similaires à ceux rencontrés pour l'édification du réseau des routes nationales. De nombreuses variantes sont imaginées et calculées durant les négociations avec les organismes intéressés. Les contraintes ne sont pas seulement physiques et topographiques. En l'état actuel des études de la plupart des projets de Rail 2000 on cherche à fixer un axe principal. On n'est pas encore entré dans le détail des liaisons de voies. Du strict point de vue géométrique du calcul de tracé le travail, dans cette phase, est relativement facile.

#### 1.2 Transformations et extensions d'installations

Le degré d'importance des opérations est très variable. Cela va de la transformation complète d'une gare, où plus rien ne subsiste des anciennes installations, aux extensions où on ajoute sans beaucoup supprimer ou aux modifications relatives à des corrections de courbes. Elles présentent un point commun pour le géomètre: ins-

crire les nouvelles installations (le projet) dans ce qui les conditionne ou dans ce qui subsiste et définit les points forcés du calcul.

Ces travaux causent en général de plus grandes difficultés d'exécution que des constructions de tronçons nouveaux en pleine nature. Il s'agit de maintenir l'exploitation et de procéder par étapes. On demande au géomètre le calcul de nombreu-

ses situations intermédiaires et provisoires, raccordées sur ce qui n'a pas encore été transformé. Son habilité pratique, son imagination sont fortement sollicitées.

#### 1.3 Renouvellements

Il s'agit essentiellement de remplacement de matériel, de tronçons de pleine voie, ou d'appareils de voie appelés en langage courant aiguillages. On cherche fréquemment à cette occasion à améliorer le tracé. L'appareil de voie représente un cas particulier de calcul de tracé. Dans sa forme la plus simple il se compose d'un segment de voie directe en alignement et d'un segment de voie déviée en arc de cercle. Un dispositif, commandé manuellement ou par un moteur électrique, permet le passage sur l'une ou sur l'autre. Son type définit ses caractéristiques géométriques et ses dimensions: Longueur des éléments, rayon de la voie déviée et angle d'ouverture.

Les éléments de l'appareil de voie peuvent être cintrés afin de placer celui-ci sur une voie en courbe. Les conditions géométriques de cette dernière – courbure, dévers, pente – commandent la géométrie de l'autre voie.

L'appareil de voie, depuis sa tête ou pointe, jusqu'au delà de sa fin ou talons, est placé sur des traverses dont chacune supporte la voie déviée et la voie directe. Dès qu'il se trouve placé en dévers, du fait de la pente transversale des traverses, le profil en long des deux voies est différent l'un de l'autre.

Lorsqu'il s'agit de relier entre eux des appareils de voie placés sur des voies en courbe, donc présentant du dévers, et situées de surcroît dans des plans différents, la solution du problème peut être très ardue à trouver. Il ne s'agit pas seule-

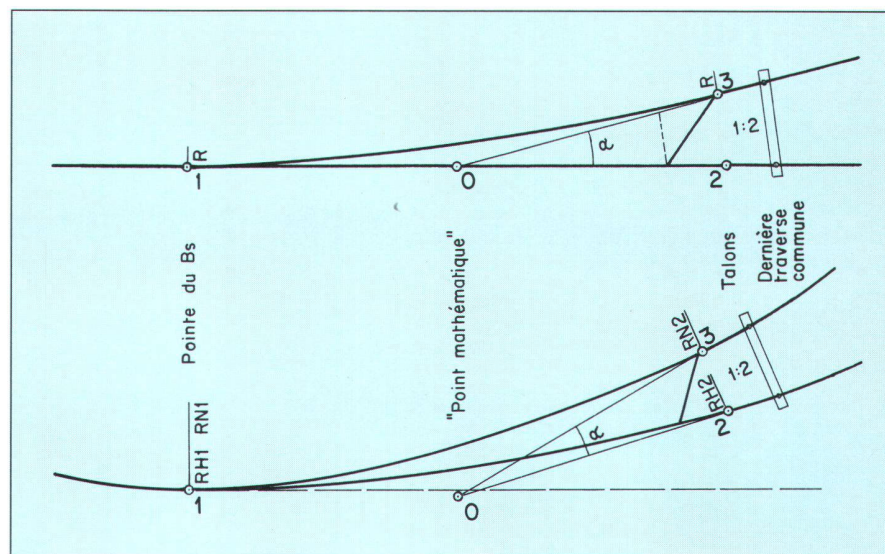


Fig. 1: Représentation schématique sommaire d'un appareil de voie du genre branchement simple placé sur une voie en alignement et une voie en courbe. L'angle  $\alpha$  est l'angle d'ouverture ( $\text{tg}\alpha = 1:n$ ). Le triangle 0, 2, 3 reste invariable.

ment de le résoudre en tracé planimétrique, mais il faut encore examiner avec soin le profil en long de chaque voie. Les remplacements de groupes d'appareils de voie par d'autres dont le type et les caractéristiques sont différents, leur mise en place dans le faisceau des voies existantes procurent les cas de calculs les plus délicats à résoudre, surtout s'il faut minimiser les conséquences sur les autres installations (caténaire, signalisation, quais, réseau, souterrain) et ne pas trop réduire la longueur utile des voies.

## 2. Normes et contraintes à respecter

Lors de la recherche et de l'étude d'un tracé, le géomètre doit s'assurer de la faisabilité des solutions, résultats de ses calculs, en les faisant passer au crible d'un certain nombre de normes et contraintes à respecter. La solution adoptée est une optimisation, présentant souvent un compromis.

### 2.1 Dynamique

Lorsqu'un véhicule en mouvement suit la trajectoire qui lui est imposée par le tracé

de la voie ferrée, il subit, dès qu'il ne se déplace plus en ligne droite, une accélération transversale ou verticale, ou les deux simultanément. L'accélération transversale est, en partie, compensée par le dévers, selon la formule de base de la dynamique ferroviaire:

$$a_{nc} = \frac{V^2}{R} - g \frac{d}{b}$$

$a_{nc}$  = accélération non compensée en  $m/sec^2$

V = vitesse du mobile en  $m/sec$

R = rayon de courbure en m

g = constance de gravitation terrestre ( $9.81 m/sec^2$ )

d = dévers de la voie

b = écartement des rails

Le premier terme représente l'accélération pour une voie sans dévers, le second terme la diminution d'accélération due au dévers.

Les accélérations verticales sont généralement plus faibles, les rayons verticaux du profil en long étant élevés.

L'accélération transversale est nulle sur un alignement, elle possède une valeur finie constante sur un arc de cercle parcouru à vitesse constante. Lorsque l'on passe de l'un à l'autre ou intercale une courbe de transition, actuellement aux CFF une clothoïde, permettant l'augmentation progressive de l'accélération. La variation de l'accélération en fonction du temps est appelée choc.

Dans ce qui précède, on a simplifié à l'extrême et réduit le véhicule, ses marchandises, ses voyageurs assis ou debouts, les gobelets le liquide qu'ils tiennent d'une main plus ou moins assurée, à un point qui est le centre de gravité de toutes ces masses. En pratique l'accélération et le choc sont dépendant, en plus, de la construction du véhicule, de ses défauts, des défauts d'assiette de la voie, du passage en certains points particuliers, tels les cœurs d'appareils de voie, etc. Les valeurs limites admissibles sont fixées par des normes, elles tiennent compte des effets aléatoires ci-dessus. Elles conditionnent les dimensions des éléments du tracé et leurs caractéristiques en fonction de la vitesse donnée. Rayon, dévers, longueur des courbes de raccordement,

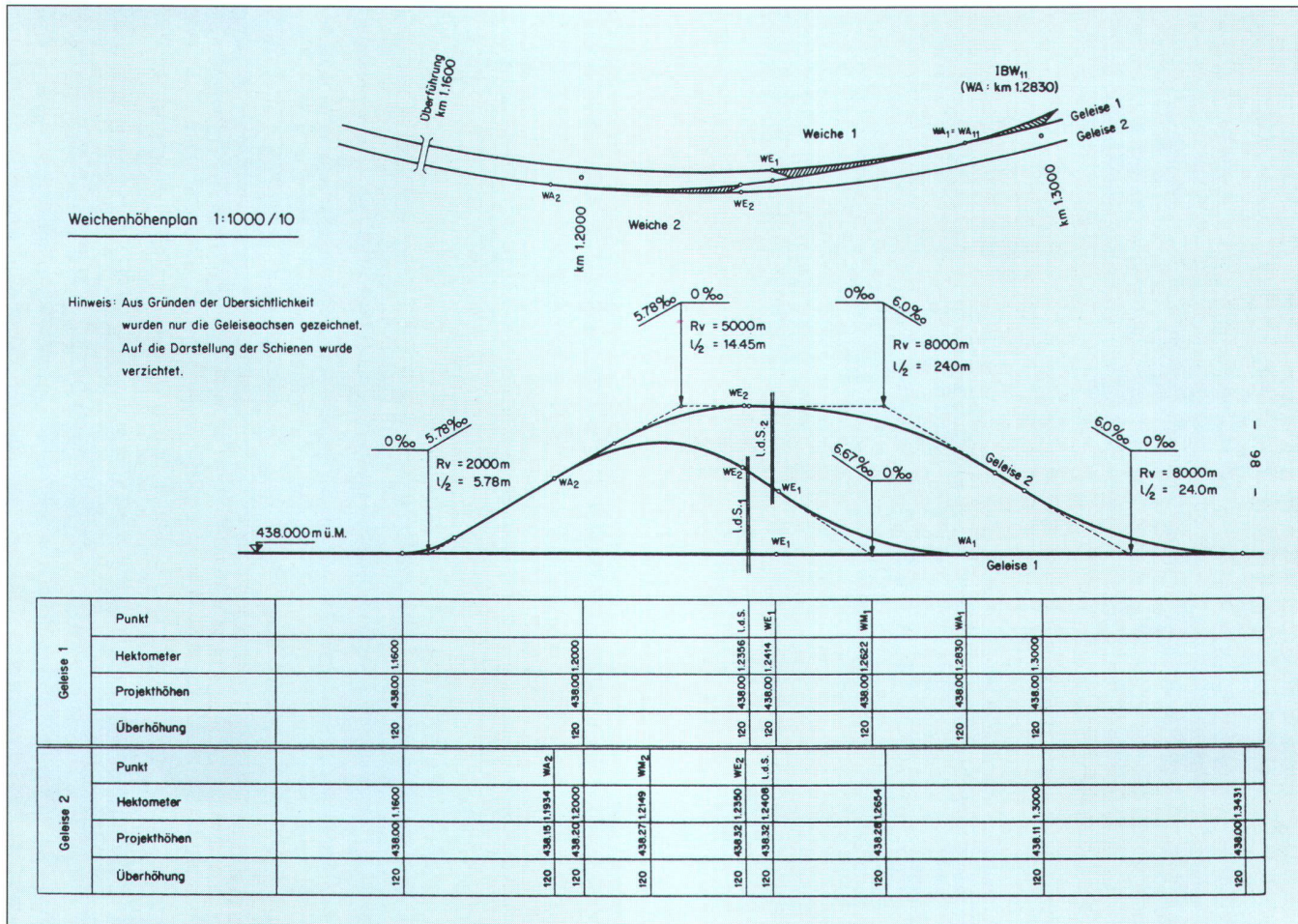
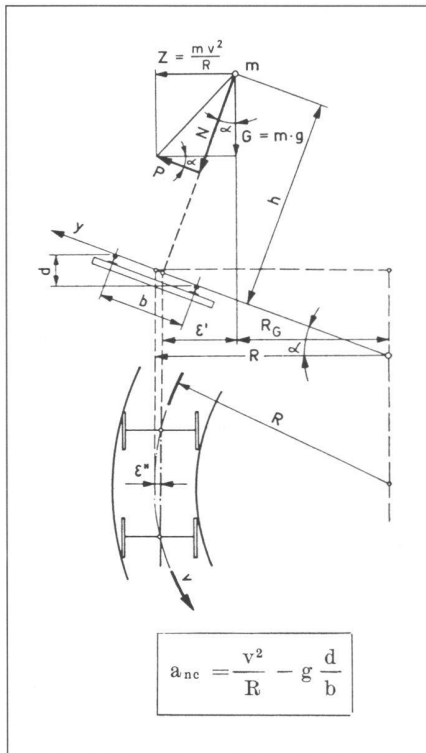


Fig. 2: Profil en long des axes de voies dans le cas d'une liaison de deux voies situées dans des plans différents. Normalement on représente encore le profil en long des rails.



**Fig. 3: Schéma des forces théoriques agissant sur le centre de gravité du véhicule et conduisant à la formule utilisée pour le calcul de l'accélération non compensée  $a_{nc}$ .**

rampe de dévers, etc, découlent des contraintes dynamiques.

Le sujet est vaste, la littérature théorique abondante, la réglementation détaillée. Le cadre de cet article ne permet pas d'aller au-delà de considérations élémentaires.

## 2.2 Maintenance de la voie

Du fait des efforts provoqués par le passage des charges, l'assiette des voies et des appareils de voie se détériore, de même que le matériel s'use. Un tracé peut, même s'il répond aux critères de la dynamique et des règlements sur le tracé géométrique, être générateur d'un déplacement progressif anormal et d'usure prématurée, aggravant ainsi la charge et le coût de l'entretien. On remarque cet effet surtout dans les appareils de voie.

Il n'existe pas dans le domaine de directives écrites précises. Le géomètre doit être en possession d'une solide expérience et travailler en collaboration avec les services de construction du matériel et d'entretien de la voie.

## 2.3 Profil d'espace libre

Les dispositions d'exécution de l'Ordonnance fédérale sur les chemins de fer définissent le gabarit limite des obstacles et le profil d'espace libre d'une voie à écartement normal. Il existe actuellement 4 types de profil d'espace libre selon les diffé-

rents genres de véhicules et de charges.

Il s'agit pour le géomètre de déterminer un tracé permettant le passage du profil choisi pour la ligne ou le parcours intéressé en fonction des obstacles fixes qu'il a relevés ou, inversement, de calculer la position d'ouvrages et d'installations de manière à ne pas entrer en conflit avec le profil.

L'examen de ces points demande beaucoup d'attention, surtout dans les courbes où il faut tenir compte du dévers et introduire des surlageurs, le véhicule n'étant plus, cette fois, réduit à son centre de gravité. Il faut prévoir que le service de la voie souhaite poser celle-ci légèrement plus bas que le niveau calculé, de manière à atteindre ce dernier seulement après un certain nombre de bourrages d'entretien.

## 2.4 Conditions d'exploitation

Il s'agit là notamment d'obtenir que le tracé des voies et l'emplacement des aiguillages, nouveaux ou modifiés, offrent ou conservent les longueurs utiles au garage et au dépassement des trains, que la longueur et largeur des quais répondent aux exigences.

On peut inclure dans ce sujet les conditions aux parcours sinueux dans les

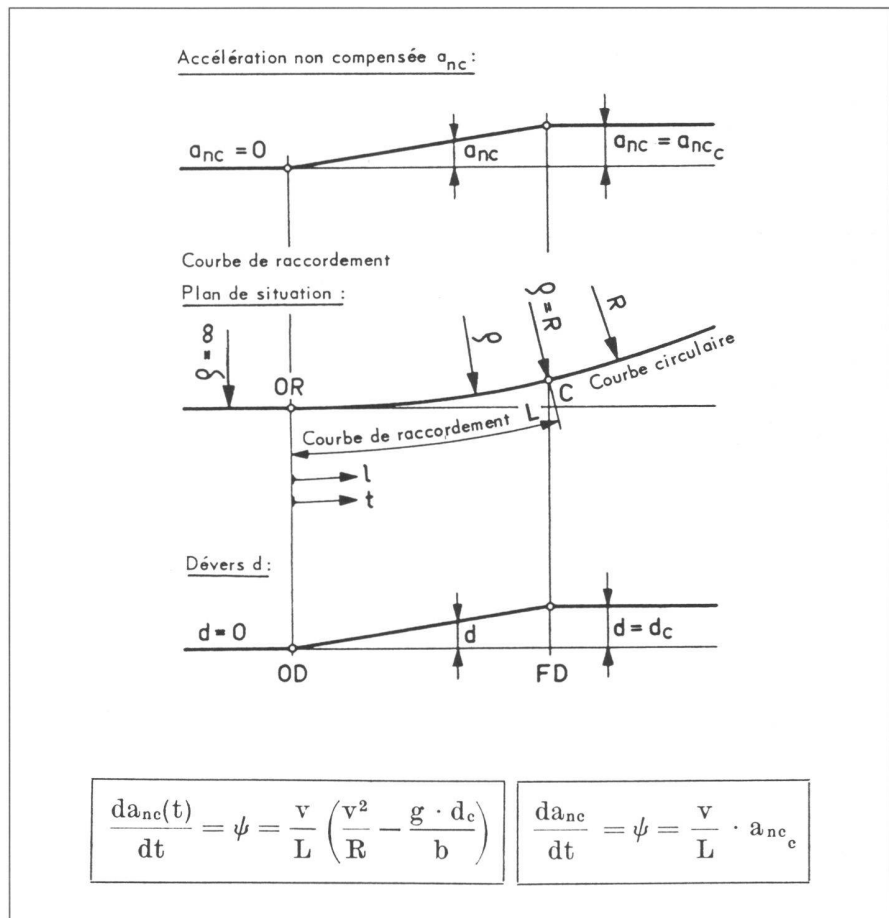
champs d'aiguillages, devant permettre les mouvements de manœuvre et le passage des longs trains de marchandises sans déraillements dûs aux croisements de tampons des wagons. Les normes géométriques applicables sont définies dans la réglementation citée au chiffre 2.1.

## 2.5 Signalisation, caténaire

Afin de garantir de distances de freinage et d'arrêt suffisantes, ou de permettre le sectionnement de la ligne de contact à l'entrée des gares, la distance entre certains signaux et l'aiguillage leur faisant suite doit respecter certaines valeurs, selon le genre de signalisation et les possibilités de circulation des trains. Toutes les dispositions des appareils de voie dans les gares, même si elles sont géométriquement possibles, ne peuvent être admises.

Lors de renouvellements de groupes d'aiguillages aux têtes des faisceaux de voies, il est parfois très difficile de satisfaire à ces impératifs sans diminuer les longueurs utiles des voies.

En ce qui concerne la ligne de contact, la hauteur du fil au-dessus des rails doit respecter une cote minimale conditionnant, en particulier sous les ponts, dans les galeries et tunnels, le profil en long. Le rele-



**Fig. 4: Diagramme de la variation de l'accélération  $a_{nc}$  et du dévers  $d$  en fonction de la longueur parcourue dans la courbe de raccordement. Deux formules donnant la variation de l'accélération en fonction du temps, ou choc, sont indiquées.**

vage progressif de la voie par les bourrages de maintenance est à prévoir. Les mâts de la caténaire doivent respecter les distances fixées pour les obstacles.

### 3. Données de construction

Mis à part les chantiers concernant les nouveaux tronçons de voies ferrées, les travaux à l'intérieur du périmètre des installations se déroulent dans des conditions particulières du fait du maintien de l'exploitation, donc fréquemment de nuit, sur des voies en service ou à côté de voies en service. Pour des raisons d'horaire la planification des activités est stricte, les conditions atmosphériques passant au second plan.

C'est dire que les éléments fournis par le géomètre doivent être clairs et d'un emploi commode.

Pour la mise en place de la voie, le constructeur demande, en principe, l'écart latéral (ripage) et la différence de niveau par rapport à la situation avant travaux ou la distance latérale et la différence de niveau relatives à des points définis et matérialisés à l'extérieur du tracé, de préférence à distance fixe, sinon variable mais avec indications sans équivoque.

L'emplacement des mâts de la ligne de contact est indiqué par un piquetage traditionnel. Certains travaux de voie, sans toucher aux mâts, nécessitent un réglage de la ligne sur la base des indications données par le géomètre, qui peut calculer les répercussions au niveau du fil de contact de ripages de voies et de modifications de dévers et de profil en long.

Les bases pour le guidage automatique des machines de dressage et de bourrage sont remises sur support magnétique comme on le verra par ailleurs.

Malgré cela, pour la pose et la construction, la position et le repérage des points sont matérialisés par des signes, principalement des piquets, démontrant par là que l'automatisation, maintenant largement utilisée dans les phases d'acquisition des données de terrain et de leur traitement, n'est pas encore descendue au niveau de l'aide-géomètre que l'on voit toujours, sur les chantiers, lever haut sa masse d'un geste ferme et auguste.

La matérialisation est presque toujours accompagnée d'éléments graphiques et numériques, dont le contenu et la forme sont le fruit d'une entente de longue date entre le géomètre et les services de construction.

### 4. Conclusion

On peut dire, en conclusion de ce bref aperçu, que le calcul de tracé de voies et d'appareils de voie:

Ligne n° 123. TRACE V9 (\DENG\COO\DENG.ET9)

Les déplacements ci-dessous sont donnés par rapport à l'état existant de la voie mesurée en 04.12.89.

Distance au repère = distance entre le repère et l'axe de la voie, moins 784 mm.  
Diff. H. au repère = différence de hauteur entre le repère et le rail le plus proche.

kilomètre	distance	n°	ripage	relev.	dév.	dist.	diff.H	fl.	TRACE	PROFIL
[km]	entre	du		/		au	au	pour		
	points	repère	[mm]	abais.	[mm]	repère	repère	20m.		
	[m]			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
7.185	0.000				0					
7.185	30.113		7 <	3 ↓	0					
7.215	29.989		1 <	1 ↑	0		0			1.2°/00
7.245	30.254		0 >	6 ↓	0		0			L=142.50
7.276	30.054		9 >	7 ↑	0		0	L=155.54		
7.306	22.091		12 >	22 ↑	0		0			
7.328	6.880				0		0			—OV—
7.335	6.161		0 <	75 ↑	0		0			R=25000
7.341	13.213				0		1	—OR—		L=30.00
7.354	3.746	118	2 >	144 ↑	7	-1279	204	6		
7.358	0.300				9			8		—OV—
7.358	5.605	7/1	0 >	0 ↑	10			8		
7.364	10.321	117	6 <	159 ↑	13	-1246	208	11		
7.374	10.042	116			19	-1396	240	16		
7.384	2.132	115	70 >	207 ↑	24	-1642	255	21	L=75.00	
7.386	7.834	7/01	241 <		25			22		
7.394	10.001	114	120 >	229 ↑	30	-1970	302	25		
7.404	9.966	113	160 >	220 ↑	35	-2424	340	30		
7.414	1.841	112	0 >	0 ↑	41	-2963	335	34		
7.416	0.471				42			35	—C—	
7.416	5.495	119/12	196 >	195 ↑	42			35		0.0°/00
7.422	2.164	7/2	0 >	0 ↑	42			36		L=122.37
7.424	10.127	111	202 >	155 ↑	42	-3644	372	36	R=-1400	
7.434		201	182 >	99 ↑	42	1339	175	35	L=20.28	

Page 1

Fig. 5: Exemple d'une liste, destinée au service de la voie, indiquant les écarts de position entre l'ancien et le nouveau tracé (ripages, relevages / abaissements), les cotes de repérage, la flèche pour une corde de 20 m, ainsi que les éléments du tracé et du profil en long.

- ne se borne pas seulement à la résolution d'un problème de géométrie plus ou moins difficile du point de vue mathématique,
- est le résultat d'une optimisation satisfaisant au mieux à un grand nombre de contraintes et demandant de bonnes connaissances du chemin de fer,
- exige de la part du géomètre un travail de collaboration et de synthèse avec les spécialistes des divers équipements.

Le géomètre du chemin de fer est un utilisateur intensif de l'informatique. Les particularités de son domaine d'activité l'ont contraint à développer un outil spécialement adapté. Il lui demande une grande souplesse d'utilisation et la possibilité de

s'actualiser afin de s'adapter à l'évolution des techniques de construction et de maintenance.

L'adaptation au changement des méthodes de travail devrait également pouvoir être réalisée rapidement (performance des PC, enregistrement des levés, informatique graphique, transformation de la mensuration officielle).

Adresse de l'auteur:

Gérard Sartori  
Chef du bureau des géomètres  
Arrondissement CFF I  
Case postale 345  
CH-1001 Lausanne