Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 100 (1974)

Heft: 19: Société vaudoise des ingénieurs et des architectes: 1874-1974, SIA spécial no. 5

Artikel: Correction du profil en long des lacets

Autor: Callet-Molin, Jean-Alph.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72129

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: 09.12.2025

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

Correction du profil en long des lacets

par JEAN-ALPH. CALLET-MOLIN, Sion

Introduction

L'amélioration du réseau routier valaisan et, en particulier, la correction des routes de montagne a fait apparaître quelques problèmes constructifs intéressants. La réfection des lacets, en montagne, a conduit à augmenter leur rayon, ce qui a entraîné très souvent la construction d'ouvrages d'art.

C'est en projetant et en construisant ces ouvrages qu'on a pu mettre en évidence ce qu'on pourrait appeler le « phénomène du creux » : le profil en long du bord intérieur, vers le milieu du lacet, accusait un creux très net, tout à fait inesthétique et, de plus, gênant pour la circulation (voir fig. 1 et 2).

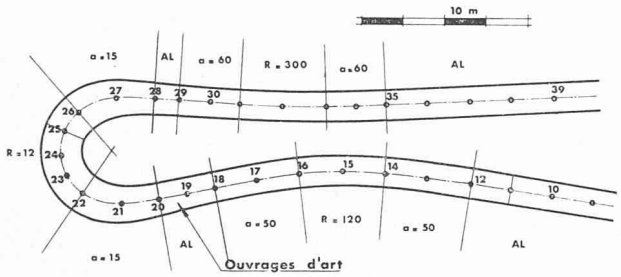

Fig. 1. — Situation.

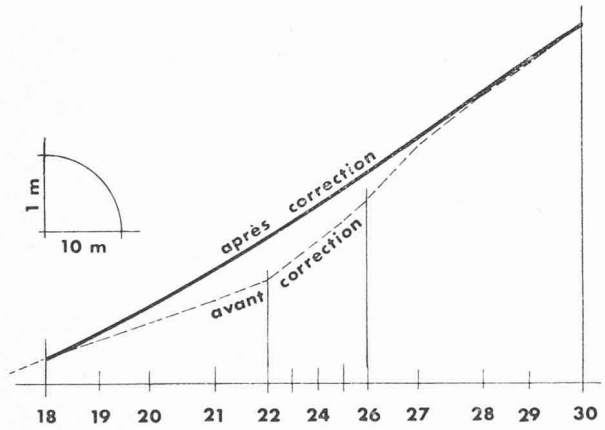

Fig. 2. — Profil en long du bord intérieur.

Ce n'est d'ailleurs pas là une découverte récente. La norme SNV 40198, de 1957, est illustrée d'un profil en long où le phénomène est bien visible. Mais la chose n'avait pas, il y a quelques années, l'importance qu'elle a prise : les lacets étaient alors en remblais et déblais et leur bord intérieur était constitué d'une banquette gazonnée. Un bon contremaître corrigeait à l'œil les irrégularités du profil en long et, surtout, la banquette ne formait pas, comme la bordure en béton d'un ouvrage, une ligne nette accusant le moindre défaut.

Normes SNV

Les règles de l'étude, selon les normes en vigueur, peuvent se résumer ainsi :

1. Les courbes de raccordement des bords sont empiriques et n'obéissent pas à une loi mathématique.
2. Le profil en long est calculé à l'axe, avec une pente constante et, parfois, l'influence de rayons verticaux.
3. Le dévers est constant dans la partie du lacet où l'axe est un cercle (fig. 3, points 14 à 16 et 22 à 26). Il varie linéairement le long des courbes de raccordement (fig. 3, points 11 à 14, 16 à 22, etc.). Des rayons peuvent adoucir la cassure de la variation du dévers (en pointillé sur la fig. 3, aux points 16, 22, 26), comme l'indique la norme SNV 640 195 a.

Commentaires

1. Depuis un certain temps, et particulièrement depuis que l'on fait usage du calcul électronique, on a remplacé les courbes empiriques des bords par des courbes mathématiques obéissant aux mêmes règles que celles de l'axe. On en est venu, en quelque sorte, à calculer trois axes « parallèles » dont les relations sont fixées par les surlargeurs imposées en certains points.

Cette façon de faire, outre les avantages qu'elle apporte lors de l'étude, grâce à l'ordinateur, régularise le tracé en plan des bords et évite les raccordements douteux auxquels conduisait parfois la géométrie du lacet et de ses extrémités.

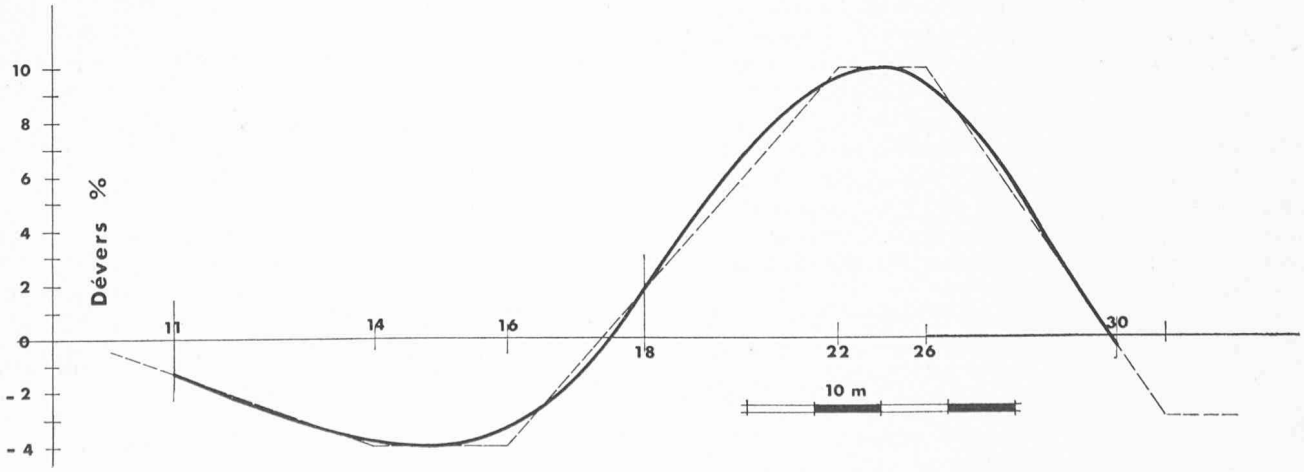

Fig. 3. — Variation des dévers.

2 et 3. Le simple énoncé de ces deux règles explique le « phénomène du creux ». En suivant une génératrice de la chaussée, le long du lacet, on la voit, depuis l'entrée aval, s'incliner progressivement jusqu'au début du cercle en pivotant autour de l'axe et son intersection avec le bord intérieur décrit une courbe régulière (fig. 2, points 18 à 22). Là, le dévers devient constant et la génératrice ne s'incline plus. C'est la cassure au bord intérieur qui donne l'effet du creux (fig. 2, point 22), le phénomène étant considérablement amplifié par la variation de largeur dans le lacet et le « raccourcissement » du bord intérieur par rapport à l'axe.

Facteurs en jeu et principe de la correction

Plusieurs facteurs sont en jeu, en résumé :

1. Le lieu de la chaussée où est calculé le profil en long.
2. La loi de variation des dévers.
3. La loi de variation des largeurs.

1. *Calcul du profil en long*

Il est bien évident que si le profil en long est calculé au bord intérieur, dès l'étude générale, le problème est résolu puisque ce profil en long a une pente constante, réserve faite pour les rayons verticaux. C'est d'ailleurs ce qui se fait pour certaines études routières.

Dans le cas des routes de montagne, cependant, cette façon de faire pose de gros problèmes et l'on s'est proposé un compromis : l'étude générale se fait, comme par le passé, à l'axe et le lacet est corrigé, la correction se limitant à un tronçon déterminé et respectant les conditions de raccordement à l'amont et à l'aval. La correction consiste à calculer un profil en long, au bord intérieur, non pas rectiligne mais suivant une courbe très tendue tangente, à ses extrémités, au profil en long initial (fig. 2). Le calcul de cette courbe est détaillé plus loin. La chaussée ne pivote plus autour de l'axe mais autour du nouveau bord intérieur.

2. *Variation des dévers*

Ayant ainsi un bord intérieur sans reproche, on a voulu obtenir une surface de chaussée tout à fait régulière en corrigeant la loi de variation des dévers selon le même principe : on se fixe le dévers (et sa dérivée) aux extrémités du tronçon à corriger ainsi qu'au point où il est maximum et on le fait varier selon une loi mathématique pour obtenir une courbe régulière (voir fig. 3).

3. *Variation des largeurs*

Le seul facteur qu'on ne puisse pas corriger sans remettre en question la géométrie du lacet est celui de la variation des largeurs. La figure 4 montre qu'elle est importante et, surtout, qu'elle peut varier brusquement au début et à la fin du lacet (points 20, 21 et 27, 28). Cette variation brusque a un effet sur le bord extérieur et provoque sur celui-ci une bosse à l'entrée du lacet et un creux à la sortie comme le montre la figure 5. Cette figure, qui est un profil en long développé, si elle indique le phénomène, en donne cependant une image fausse. La projection verticale de la figure 6 est une représentation plus réelle car elle replace le profil en long dans la géométrie du lacet. Le phénomène, alors, choque moins parce qu'il peut être interprété comme un effet voulu de surlargeur.

Cet effet peut être atténué par une géométrie telle que la largeur varie plus progressivement. C'est dans cette voie qu'il faut chercher une amélioration plutôt que dans la correction du bord extérieur. Si, en effet, on corrige les deux bords selon le principe énoncé plus haut, on abandonne la variation régulière du dévers et l'on peut avoir des surprises désagréables.

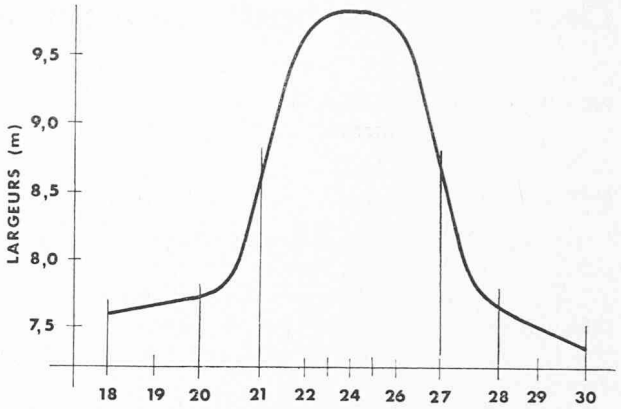

Fig. 4. — Variation des largeurs.

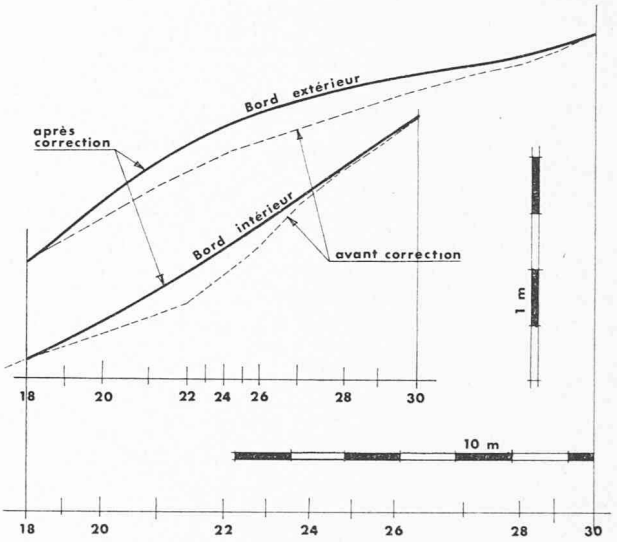

Fig. 5. — Profil en long des bords.

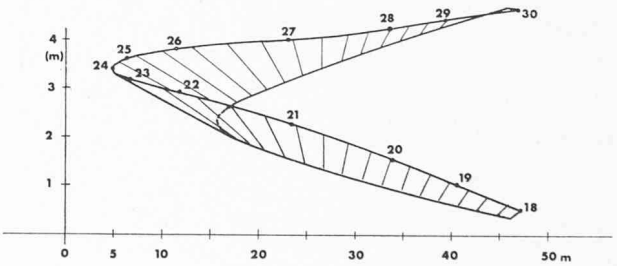

Fig. 6. — Projection verticale du lacet corrigé.

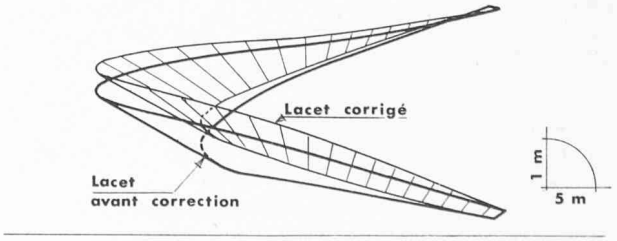

Fig. 7. — Projection verticale.

Cependant, il faut remarquer que le phénomène signalé sur le bord extérieur a pratiquement la même importance qu'avant la correction, comme le montre la figure 7 et qu'il n'a jamais attiré l'attention, sur place, comme c'était le cas pour le bord intérieur.

Courbe du dévers et du profil en long

On a choisi la même loi mathématique pour la variation des dévers et pour le profil en long. Elle est détaillée ci-dessous pour l'application aux dévers.

La courbe choisie l'a été, très simplement, e n fonction des conditions aux limites : elle doit être tangente, à ses extrémités, au projet initial.

Si l'on appelle d le dévers et d' sa dérivée, x se mesurant le long du tracé, les conditions aux limites s'énoncent :

pour $x = 0$ $\quad d = d_1 \quad d' = d'_1$

pour $x = L$ $\quad d = d_2 \quad d' = d'_2$

On a choisi, pour remplir ces quatre conditions, l'équation ci-après :

$$d = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$$

dont la dérivée est :

$$d' = 3Ax^2 + 2Bx + C$$

Les conditions aux limites permettent de trouver C et D et d'écrire :

$$A\,L^3 + B\,L^2 = d_2 - d_1 - d'_1 \cdot L$$

$$A\;3L^2 + B\;2L = d'_2 - d'_1$$

ces deux équations permettant de déterminer A et B.

Il faut cependant accorder une grande attention au comportement de la courbe sur le tronçon qui nous intéresse et, en particulier, éviter toute inflexion non voulue qui pourrait conduire aux fantaisies de la figure 8. Autrement dit, la dérivée seconde d'' ne doit pas s'annuler entre 0 et L.

$$d'' = 6Ax + 2B = 0 \quad \text{pour } x = -\frac{B}{3A}$$

Donc : $$0 > -\frac{B}{3A} > L$$

Si l'on se réfère au cas courant où le dévers passe par un maximum (fig. 8), le développement et l'interprétation de cette double condition mène aux inéquations suivantes, fixant des limites à la valeur des tangentes d'_M et d'_N :

Pour le 1er tronçon (fig. 9) : $\frac{k}{2} \leq d'_M \leq \frac{2}{3}k$

Pour le 2e tronçon (fig. 10) : $k \leq d'_N \leq \frac{2}{3}k$

avec $$k = 3\,\frac{d_2 - d_1}{L}$$

La figure 8 illustre les limites ci-dessus et permet de se fixer celles que l'on estime impératives et celles que l'on pense pouvoir dépasser sans inconvénients.

On voit donc que la courbe des dévers est calculée en deux tronçons puisque l'on se fixe, outre les conditions aux extrémités du lacet, un extremum. La courbe du profil

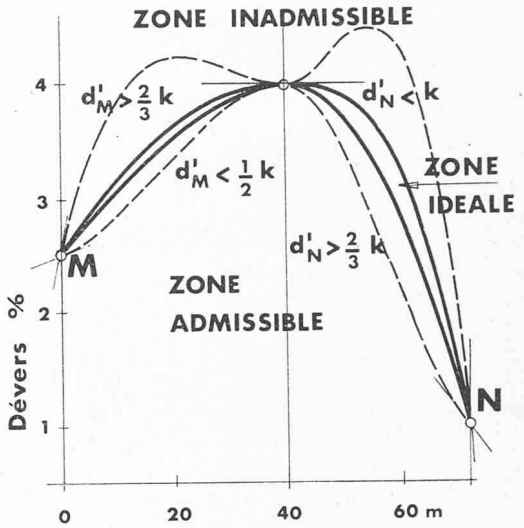

Fig. 8. — Etude de la courbe des dévers.

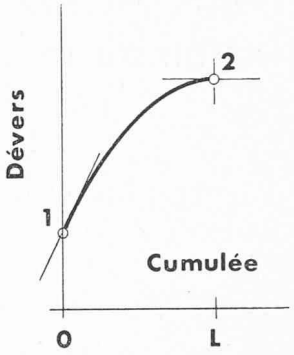

Fig. 9. — Courbe des dévers : 1er tronçon.

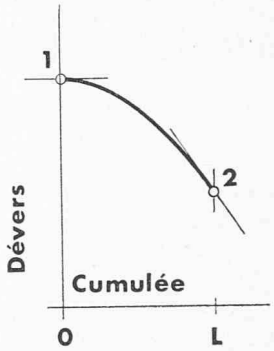

Fig. 10. — Courbe des dévers: 2e tronçon.

en long est calculée selon la même méthode mais en un seul tronçon, en remplaçant les dévers et leur dérivée par les niveaux et les pentes aux extrémités du bord intérieur à corriger (sur la fig. 2 les points 18 et 30).

Avantage pour la circulation

La figure 7 montre un avantage primordial de la correction pour la circulation automobile : la pente longitudinale est quasi constante au bord intérieur alors qu'auparavant elle était faible à l'entrée du lacet pour augmenter brutalement juste avant le milieu de courbe, à l'endroit le plus défavorable pour les véhicules montants (voir aussi la fig. 2).

Présentation du projet

La correction décrite a pour conséquence de modifier fortement le profil en long à l'axe (de l'ordre de plusieurs décimètres). Il faut cependant être conscient de ce que l'axe n'est qu'une ligne fictive. Dans le profil en long général de la route, il faut l'interpréter, à l'endroit du lacet, comme indiquant une pente moyenne, le lacet lui-même faisant l'objet d'une étude détaillée.

Conclusion

Cette méthode qu'on a utilisée systématiquement, depuis plusieurs années, pour les lacets où s'inscrivent des ouvrages

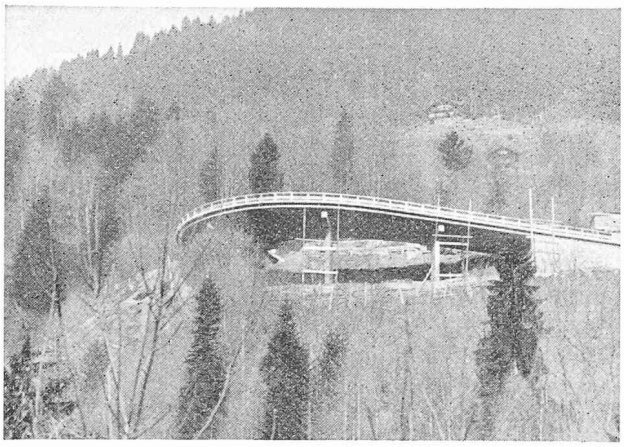

Fig. 11. — Pont des Mayettes (Route Monthey-Morgins) : allure du bord extérieur.

d'art et qu'on a pu étendre aux cas de ponts et d'ouvrages en dehors de lacets, s'est révélée particulièrement efficace et les ouvrages réalisés de la sorte représentent une très nette amélioration.

Un programme fortran, utilisable au moyen d'une console, a été mis au point, permettant de calculer par l'électronique, très rapidement, l'implantation complète des niveaux d'un ouvrage ou les niveaux de la chaussée, en utilisant la méthode décrite.

Adresse de l'auteur :

Jean-Alph. Callet-Molin, ing. EPUL-SIA
c/o Bureau technique
Michel Andenmatten, ing. EPUL, SIA, ASIC
Rue du Sex 16
1950 Sion

Exemple pratique de mesures faites lors de la construction du métro de Francfort

par MARCEL GRANGIER, Lausanne

1. Introduction

Les techniques de mesure et parallèlement les capacités de mesure ont fait un progrès énorme au cours de ces dernières années. L'ingénieur dispose actuellement de possibilités quasi illimitées d'investigation et de contrôle. Malheureusement, pour des raisons d'économie, seule une petite partie de ses possibilités est utilisée. La tradition qui veut que les méthodes empiriques soient les plus sûres, coûte infiniment plus que toutes les mesures réunies. Malgré cela, en général seuls les mesures et contrôles indispensables sont faits.

Le métro de Francfort est dans ce sens un cas particulier, puisqu'il a été l'occasion d'études poussées sur le plan scientifique et d'une campagne de mesures et de contrôles intensifs.[1]

Nous nous bornerons à la description de trois types d'appareils et aux résultats qu'ils ont permis d'obtenir.

2. Appareillage utilisé

Les trois types d'appareils choisis sont :

Les extensomètres, les déflectomètres et les cellules de mesures de pression.

2.1 *Extensomètre*

Appareil peu coûteux et facile à mettre en place, l'extensomètre est largement utilisé. Qu'il soit à tige ou à fil, le principe de mesure reste le même, à savoir :

Transmettre un mouvement interne dans l'axe de mesure, à un point de contrôle externe. La lecture peut être soit directe avec un comparateur, soit à distance grâce à des capteurs électriques. Dans ce dernier cas, toutes les télétransmissions avec enregistrement ou stockage et interprétation par ordinateur, l'asservissement du système d'alarme ou autre, sont possibles. La sensibilité est fonction de la longueur et elle varie en général entre 0,01 et 0,1 mm.

[1] Voir BTSR N° 15, 18.7.1974, p. 309. « L'application de la nouvelle méthode autrichienne de construction de tunnels à la construction du métropolitain de Francfort-sur-le-Main », par Gerhard Atrott.

Dans le cas du métro de Francfort, les extensomètres ont surtout été utilisés pour mesurer les tassements de la surface avant, pendant et après le passage de la galerie. L'exemple ci-dessous montre des variations allant jusqu'à 80 mm en surface.

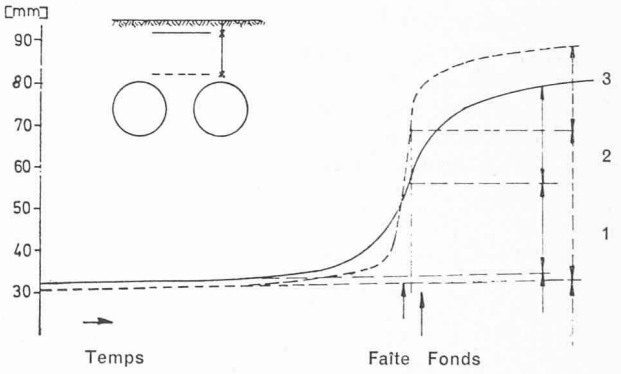

Fig. 1. — Mesure des déplacements verticaux à l'aide d'extensomètres.

1 Abaissement de la nappe phréatique.
2 Avant le passage du front de la galerie.
3 Après le passage du front de la galerie.
—— Point de référence près de la surface.
- - - Point de référence près du faîte.

2.2 *Déflectomètre*

Contrairement à l'extensomètre, le déflectomètre est un appareil relativement cher. La mesure perpendiculairement à l'axe du forage se fait grâce à un fil de référence tendu dans l'appareil et à des capteurs inductifs placés à chaque niveau de mesure. Ces niveaux sont normalement espacés de 5 m, la plage de mesures est dans ce cas de plus ou moins de 50 mm. La lecture se fait grâce à un coffret de mesures électriques. Les valeurs peuvent naturellement aussi être notées directement, enregistrées sur papier ou stockées en ordinateur. L'asservissement d'un système d'alarme est sans autre possible.