

Note sur le mémoire de Max Roloff sur l'effet des travaux miniers sur le chemin de fer (*)

Ce mémoire est très intéressant à titre documentaire par les nombreux détails qu'il fournit sur les dénivellations des voies ferrées, les dégâts qu'elles subissent et aussi les bâtiments, remises à locomotives, piles de pont. Cette étude a amené l'auteur à faire des essais sur modèles en petits pour se rendre compte de la marche des affaissements. Il a opéré dans une caisse à parois de verre. Le fond est percé d'une ouverture de section carrée, fermée par une porte appuyée sur trois supports montés sur vérin et qu'on peut abaisser plus ou moins pour figurer l'ouverture de la veine. Celle-ci est naturellement fortement exagérée en comparaison des dimensions de l'appareil pour rendre le mouvement vertical plus sensible. Le mouvement est filmé. La surface libre supérieure est de niveau et une ligne d'observation est jalonnée par de minuscules cylindres en plâtre, placés à écartement uniforme et dont on va suivre les trajectoires et relever soigneusement les déplacements verticaux et horizontaux. On peut ainsi tracer le diagramme de la cuvette et celui des tensions et des pressions.

nelle pour chacun des petits plâtres et on en a déduit les glissements y_1 et y_2 qui ont été portés sur le diagramme n° 1. Ensuite on a calculé les différences $y_1 - y_2$ et on les a portées en ordonnées au milieu de la distance primitive λ et, en réunissant tous ces points, on a la courbe des pressions et des tensions (fig. 1).

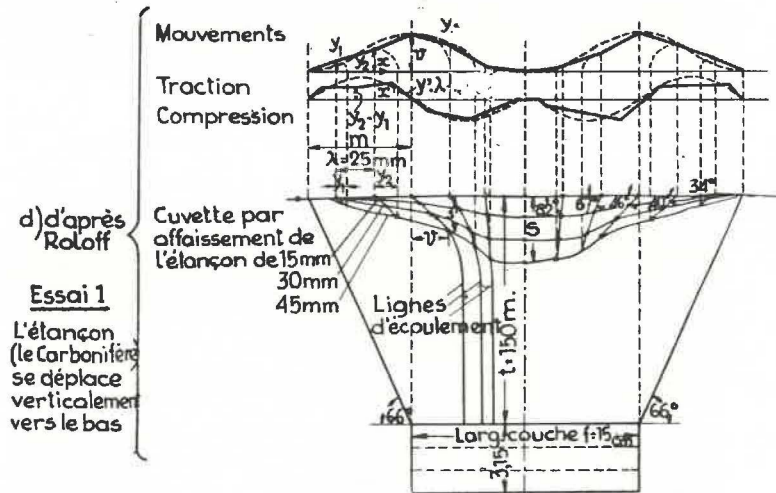
Les déplacements y et les pressions $\Delta y = y_2 - y_1 = \lambda \text{tg} x$ peuvent se représenter par des fonctions trigonométriques.

Soit x la distance d'un point quelconque du sol au bord de la cuvette, m la distance de l'aplomb du chantier au même bord, et v la valeur de y à l'aplomb du chantier.

La courbe des y peut s'écrire $y = A(1 - \cos \pi \frac{x}{m})$

Pour déterminer A , nous avons la condition que, pour $x = m$, y a sa valeur maximum V .

d'où résulte : $A = \frac{V}{2}$ et $y = \frac{V}{2} (1 - \cos \pi \frac{x}{m})$



d) d'après Roloff
Essai 1
L'élançon (le Carbonifère) se déplace verticalement vers le bas

Fig. 1.

Longeur couche : lire : largeur chantier.

L'essai n° I est fait en abaissant le fond bien verticalement. La masse de sable est maintenue sur une certaine hauteur par des parois verticales à partir du fond. l'auteur voulant imiter ce qu'il croit de la cassure verticale par cisaillement des roches du terrain houiller. A partir d'une horizontale de repère, on a mesuré les écarts de la position origi-

La courbe des tensions ou pressions est donnée par

$$\lambda \left(y = \frac{dy}{dx} \right) = \lambda \cdot \frac{V}{2} \cdot \frac{t}{m} \sin \pi \frac{x}{m}$$

(*) Bau Technik, 1953, n° 53.

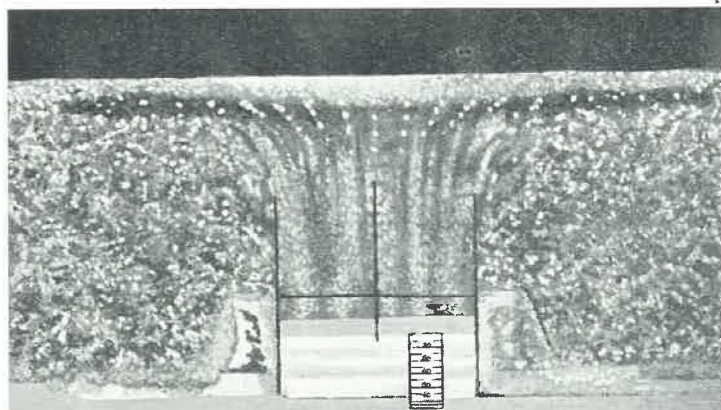


Fig. 2.

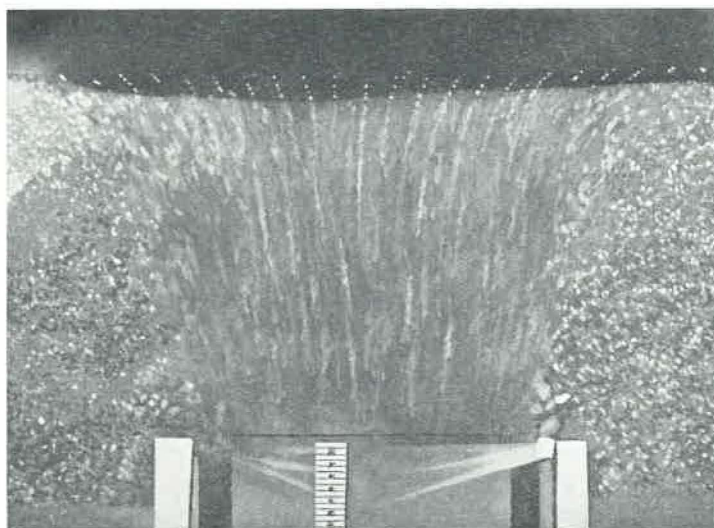


Fig. 3.

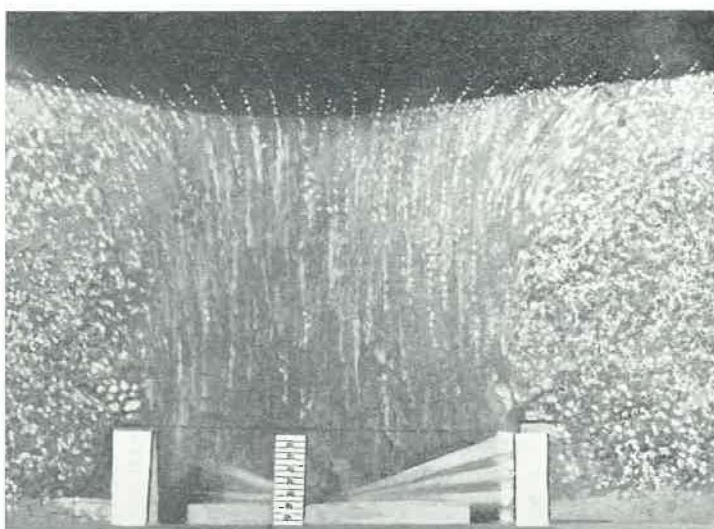


Fig. 4.

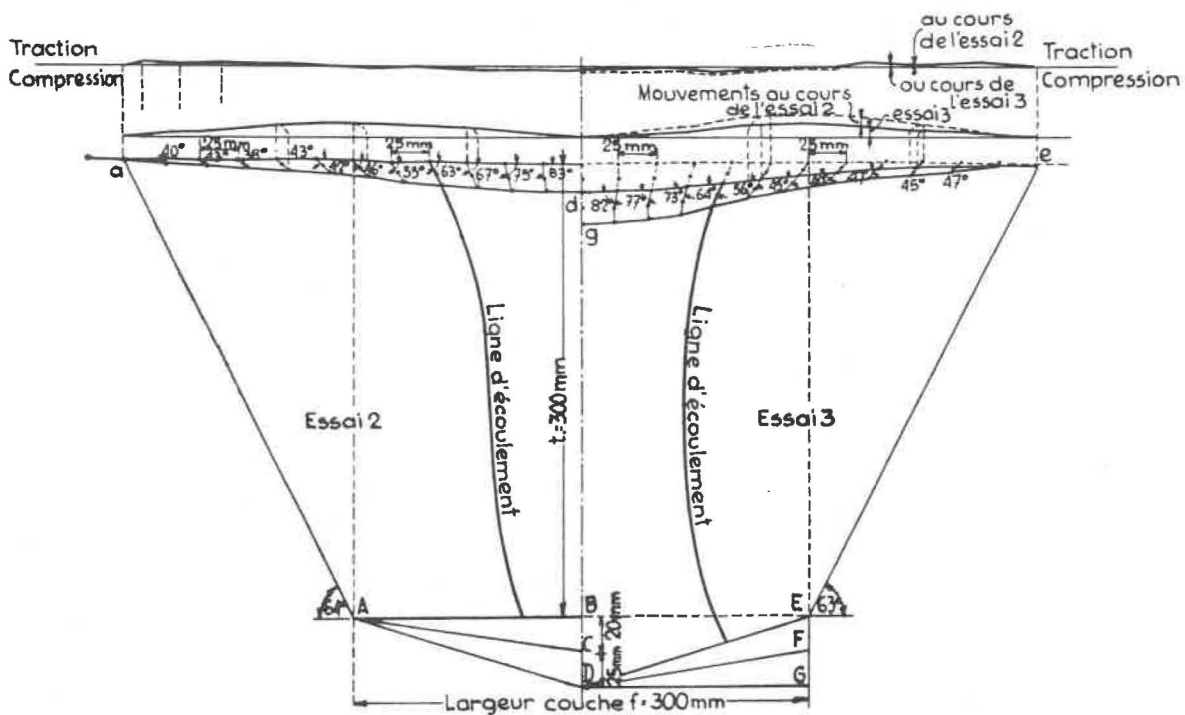


Fig. 5. — Essais n° 2 et 3.

Ces deux lignes sont figurées en pointillé sur le diagramme et l'accord avec les mesures est satisfaisant.

Les trajectoires des corpuscules de plâtre, depuis l'origine jusqu'à la position au fond de la cuvette, sont visibles sur la paroi de verre et sont tracées sur la fig. 1. La photographie montre comment elles se poursuivent vers le bas (fig. 2). Ce sont des lignes de flux et le diagramme en montre trois. On peut d'après leur apparence dire que ce sont des exponentielles. Celle qui part du sol sous un angle de 45° serait $x = ey$ puisque $y_0' = 1$. Ces lignes sont fort différentes de celles de l'hydrodynamique des fluides sans viscosité, ce qui ne doit pas surprendre. Le point central de la cuvette descend verticalement et n'est sujet ni à tension ni à compression et cela est vrai pour toute profondeur et toute épaisseur de la veine. Cela résulte d'ailleurs de la symétrie du dispositif expérimental.

Les essais II et III sont représentés figures 3, 4, et 5. Dans la partie gauche, on a fait pivoter la porte de fond autour de l'extrémité d, on crée ainsi au milieu du champ un orifice d'écoulement de section croissante. Dans la moitié de droite, on part d'un plan incliné qu'on rabat jusqu'à l'horizontale et l'orifice d'écoulement est à l'extrémité droite. Cela donne une vague similitude avec un chantier progressant du centre vers une extrémité du panneau ou inversément. Les lignes de flux, qui au voisinage de la surface sont semblables à celles de l'essai n° 1, s'incurvent en profondeur et se dirigent vers la section maximum d'écoulement. Dans les deux cas, la partie centrale est le siège d'une compression, mais toutes autres conditions égales, les tensions et les compressions sont beaucoup moindres

que dans l'essai n° 1. Les résultats rapportés sont les moyennes de dix essais successifs.

Dans un dernier chapitre, Roloff compare les résultats de ses essais sur modèle avec un nivellement de la réalité et avec la courbe type de Lehmann.

La base de nivellement est dans la zone d'influence de deux couches exploitées simultanément, l'une à 243 m, l'autre à 285 m de profondeur. Il y a une centaine de mètres de morts-terrains sans cohésion. Les chantiers n'ayant pas été conduits d'après un plan systématique, la partie de la cuvette comprise entre le bord et l'aplomb du périmètre du chantier le plus profond, présente une suite de pointes et de dépressions. Dans la partie proche de la limite des chantiers, l'allure est assez régulière et on a pu déterminer que les trajectoires (ou lignes de flux) font au départ des angles de 40° à 50° avec l'horizontale. La seule chose à retenir, c'est la valeur de l'angle limite, 55° dans le sens de l'aval pendage de la couche ($i = 26^\circ$) et de 60° dans une autre direction. C'est conforme aux observations dans la Ruhr. Roloff s'en étonne. Dans ses essais sur modèle, il a opéré avec du sable et il trouve des angles limites de 63° et 66° , c'est-à-dire plus forts qu'en terrain cohérent. Il doit donc y avoir une erreur systématique dans son dispositif. Ce doit être la présence d'une cloison verticale pour guider la descente aux bords du chantier. En fait, le foudroyage ne s'élève verticalement que momentanément et dans ce qu'on appelle le bas-toit. Le cône d'éboulement gagne en largeur en même temps qu'en hauteur. Si dans la figure 2 on mène une ligne entre le bord de la cuvette et le haut de la cloison, elle sera inclinée sur l'horizontale.

zon d'une trentaine de degrés. Les vraies lignes de flux s'arrêtent à mi-hauteur du modèle dans l'essai n° 1.

La comparaison des diagrammes de tension tracés par Roloff et ceux tracés par Lehmann fait apparaître deux divergences principales :

1) Le maximum de tension est à l'aplomb du périmètre dans les premiers, tandis que dans les seconds il se produit en un point ayant pour angle directeur $\alpha/2 + \pi/4$.

2) Dans les courbes de Lehmann aussi, la compression dans la zone centrale est beaucoup plus forte et plus étendue.

Il est inévitable que les résultats quantitatifs diffèrent suivant les terrains, mais on ne peut pas s'en prévaloir pour contester l'allure même du phénomène.

REMARQUES

1) L'équation des trajectoires d'un mobile pesant en milieu résistant est une fonction logarithmique ayant une asymptote verticale (tous les traités de balistique).

2) Lorsque l'on pompe dans un puits ou un sondage profond, la dépression produite introduit dans les courbes hypsométriques de la nappe aquifère des perturbations qui vont en diminuant d'amplitude à mesure que l'on monte et que l'on s'écarte dans le sens horizontal. Les lignes de flux partant d'un point de la surface vers le fond du puits sont des courbes logarithmiques. Le bord de l'entonnoir peut aller jusqu'à 5 km (Niemczyk, p. 47) pour un rabattement de 15 m dans le sondage. On a ici, à grande échelle, le même phénomène que dans l'écoulement du massif sans cohésion dans le modèle en petit. Le chantier d'exploitation se place à une échelle intermédiaire. Lorsque l'aire devient très petite, l'entonnoir à la surface tend donc vers la même forme logarithmique.

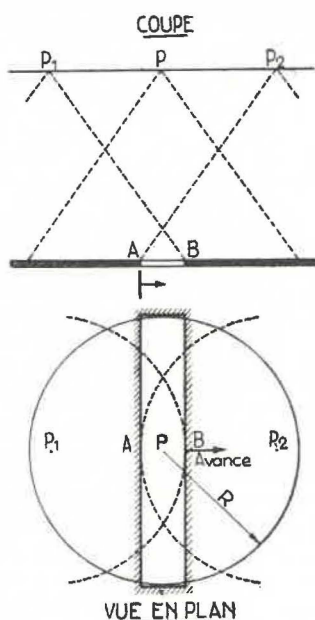
3) Il ne paraît pas impossible de réaliser des expériences en petit se rapprochant plus de la réalité que le modèle Roloff et les instruments très précis dont on dispose actuellement pour mesurer les déplacements et les temps, pourraient donner des indications transposables dans le domaine spéculatif et dans celui des applications.

Notes sur le temps de la propagation des mouvements du sol depuis le fond jusqu'à la surface

(Communication gracieuse de M. K. WARDELL)

Le fait que les levés topographiques ne peuvent déceler les mouvements du sol que dans les limites des erreurs inévitables rend très difficile la réponse à cette question.

Si nous considérons d'abord une longue taille (fig. 1) quand elle aura progressé un certain temps,



les premiers affaissements mesurables apparaîtront au point P. Cela veut dire qu'il n'est pas possible de parler de mouvement de descente tant qu'on n'a pas mesuré en P un affaissement d'au moins 25 mm. Il est probable qu'au moment où l'on fait cette observation, le mouvement a déjà débuté un peu avant. Une autre complication provient de ce que le stade correspondant à ces 25 mm varie avec l'ouverture de la veine et le remblai.

Faisons abstraction de ces difficultés pour le moment. Il a été constaté qu'un montage de 3 m de largeur dans une veine de 1 m d'ouverture, à la profondeur de 36 m, n'a aucun effet sur la surface. D'autre part, on a souvent observé dans le Yorkshire, à diverses profondeurs, qu'un vide de largeur

R/6 amène des affaissements mesurables. On peut donc estimer que l'avancement susceptible de produire un affaissement doit être au minimum de R/8 (fig. 1, $AB = R/8$). Si cette supposition est vraie, le temps qui s'est écoulé entre le démarrage de la taille et l'apparition de l'affaissement à la surface, varie avec la vitesse d'avancement. Si par exemple, dans la figure 1, il a fallu trois mois pour avancer de AB, ces trois mois représentent le délai nécessaire qu'on puisse observer un affaissement.

On peut en déduire une règle générale en exprimant l'avancement en fonction de R. Par exemple, si l'avancement annuel est de $2R$, le délai sera de $R/8 : 2R = 1/16$ d'année ou 23 jours. Par suite, si nous considérons qu'en pratique les avancements se tiennent entre $0,05R$ et $20R$, on pourra construire un graphique ainsi limité qui sera un arc d'hyperbole. Mais, la question se complique quand la longueur du front est beaucoup moindre que $2R$; il faudra alors pour qu'on puisse mesurer 2,5 mm que le chantier ait largement dépassé le point B. Bien que cela n'entame pas la validité de notre hypothèse, cela crée de grandes difficultés dans l'analyse des observations faites pour trouver la solution du problème. Dans l'état actuel, il paraît probable que la valeur minimum R/8 est trop considérable. Cette hypothèse va à l'encontre de celle des dalles faisant pont ou des voûtes de pression.

La nature des terrains est aussi à considérer et certaines compétences seront certainement d'opinion que la largeur du vide est en rapport avec la solidité des roches du toit et la nature du recouvrement. Tout en concédant ce point, je pense qu'on est porté à en exagérer l'importance et cette opinion me paraît confirmée par le fait que la « Courbe de la progression de l'affaissement » a été trouvée valable pour des conditions très diverses.

Dans l'état actuel des observations, nous ne disposons que de deux exemples et aucun des deux n'est absolument sans reproche parce que, dans l'un, la longueur de la taille est beaucoup plus petite que $2R$ et, dans l'autre, parce que l'affaissement de 2,5 mm a été déterminé par interpolation, les observations ayant été faites à intervalles de deux mois.

Cas A.

Couche : 1,25 m d'ouverture.
Inclinaison : 5°.
Profondeur : 290 m.
Vitesse d'avancement : 250 m = 1,25 R.
Longueur du front : 115 m.
Angle limite : 34°.
Délai calculé : 6 semaines.
Délai observé : 4 semaines.

Cas B.

Couche de 0,75 m d'ouverture.
Inclinaison : 0°.
Profondeur : 130 m.
Longueur du front : 135 m.
Vitesse d'avancement : 360 m = 4 h.
Angle limite : 35°.
Délai calculé : 10 jours.
Délai observé : 6 jours.