

N° 25

NOTICE

SUR UN INSTRUMENT DESTINÉ AU

CALCUL RAPIDE DES TERRASSEMENTS

Par M. BLUM

Ancien élève de l'École des Ponts et Chaussées,
Ingénieur-adjoint du 5^e arrondissement de la voie des chemins de fer de l'État.

Les tableaux graphiques de M. l'inspecteur général Lallanne, relatifs aux surfaces entièrement en remblai ou en déblai, sont formés uniquement de lignes droites, les unes horizontales, les autres verticales ou inclinées à 45 degrés à droite ou à gauche; on y entre par la cote sur l'axe que nous désignerons par y et qui se lit dans ce sens $\backslash$ (voir le tableau *fig. 1*, Planche 12), et par la déclivité i du terrain naturel qui se lit sur les horizontales; par le point δ de rencontre des deux directions passent :

1° une ligne verticale $|$ dont la cote indique la superficie de déblai ou de remblai.

2° Une autre ligne inclinée $\backslash$ qui, correspondant à la graduation inférieure, indique la largeur occupée par le demi-profil et la longueur du talus.

On se servirait avantageusement, pour la lecture, d'une espèce de rapporteur formé par une toile à calquer fixée sur un léger châssis, et sur laquelle on aurait préalablement tracé quatre lignes issues d'un même point et respectivement parallèles aux directions des lignes fondamentales du tableau.

Ce rapporteur permettrait de supprimer les parallèles issues des divisions des échelles qui fournissent les inconnues du problème, ces échelles seules pouvant suffire alors ; on pourrait même supprimer complètement le quadrillage du tableau et ne laisser subsister que les échelles graduées, en se servant à la fois du rapporteur et d'un T, le tableau lui-même, étant convenablement fixé sur une planchette.

Toutes les graduations sont portées sur le contour du tableau, mais on peut, sans altérer le mode de lecture, les reporter sur telle droite que l'on voudra prendre dans la figure, pourvu que dans chaque cas on détermine la graduation de la ligne que l'on aura choisie pour échelle, par sa rencontre avec les lignes de division de la première c'est-à-dire en projetant la graduation de l'une sur l'autre par le système de projetantes respectif.

Ainsi considérons le tableau de la figure 2 réduit aux échelles graduées, par la suppression du quadrillage : nous pouvons remplacer l'échelle BCD par B'CD en projetant la graduation de BC sur B'C suivant les projetantes $\backslash$; nous pourrions de même remplacer DE par D'E', porter toute l'étendue de l'échelle des surfaces sur BH et rectifier l'échelle des emprises et talus suivant A'GF. Pour une cote sur l'axe y et une inclinaison i du terrain naturel, on entrera toujours dans le tableau par l'oblique $\backslash$ passant par y et par l'horizontale — passant par $i\delta$; mais on lira y en y' sur la nouvelle échelle B'CD et i se lira en i' sur D'E' ; l'oblique $\backslash$ et l'horizontale — se coupent en O et l'on trouvera comme précédemment sur les échelles respectives les inconnues du problème, en suivant l'oblique $\swarrow$ et la verticale $|$ passant par ce point.

La figure 3, dans laquelle on n'a représenté que les nouvelles échelles, indique en lignes fines pleines le diagramme de l'opération ; transportons l'échelle des talus et emprises, parallèlement à elle-même, pour la faire coïn-

cider avec celle des cotes sur l'axe : le point e' viendra en e'' sur l'oblique $\diagup$ passant par ce point; rien ne sera changé au mode de lecture, sinon qu'on lira alors l'emprise et le talus, toujours sur la ligne $\diagup$ passant par le point O , mais à droite de ce point en e'' au lieu de les lire à gauche en e' .

Or, les triangles rectangles isocèles $y'op$ et $e''op$ nous donnent :

$$y'p = pe'' = op, \text{ et } op = ri';$$

donc si nous portons sur une horizontale passant par le point o , à droite et à gauche de ce point, deux échelles identiques à celle des inclinaisons de terrain (qui actuellement est verticale), si de plus ces échelles ont leur extrémité r confondue en o , c'est-à-dire si elles sont placées symétriquement par rapport à ce point, les points i'_1 et i'_2 qui sur ces échelles correspondent au point i' de la première, seront placés, l'un i'_2 , sous la verticale du point y' , l'autre i'_1 , sous la verticale du point e'' .

On voit ainsi qu'en rendant mobile la double échelle ainsi construite (après avoir déplacé l'échelle des emprises comme il a été dit plus haut), *il suffira, étant données une cote sur l'axe y et une inclinaison i du terrain naturel, d'amener le point i de l'échelle de gauche de la partie mobile, sous le point y de l'échelle des cotes sur l'axe, pour lire aussitôt sur les échelles respectives :*

- 1° *La surface, au-dessus du point o ;*
- 2° *Le talus et l'emprise au-dessous du point i de l'échelle de droite de la partie mobile.*

La disposition que nous obtenons ainsi est celle d'une règle à calcul; aussi dans ce qui va suivre, appellerons-nous, pour plus de clarté, la partie fixe du nom de règle et celle qui est mobile du nom de réglette.

La transformation que nous venons de faire et qui nous a conduit à adopter pour réglette l'échelle des inclinaisons

sons de terrain, n'est pas la seule possible: la figure 5 en présente une autre que nous croyons plus avantageuse; en effet elle nous ramène au système de graduation qui a servi à la construction des tableaux de M. Lalanne (*), ce qui permettra d'utiliser les calculs qui ont été faits pour l'établissement de ces tableaux; de plus cette seconde transformation amplifie dans le rapport de 1 à $\sqrt{2}$, l'échelle des surfaces, avantage qui n'est pas à dédaigner, puisque cette échelle est la plus importante.

Nous avons alors (*fig. 5*):

BCD' pour échelle des cotes sur l'axe;

BE' pour échelle des surfaces;

AGF' pour échelle des emprises et talus;

DE reste l'échelle des inclinaisons de terrain.

Toutes ces échelles sont parallèles ou perpendiculaires aux axes de coordonnées primitifs des tableaux de M. Lalanne; leurs origines sont d'ailleurs communes, le zéro de l'échelle des inclinaisons étant pris pour origine de cette échelle. Déplaçons DE pour l'amener à coïncider avec BE', le zéro de DE viendra à l'origine de BE', un point z viendra en z' , sur l'horizontale de ce point, et si l'on a comme

(*) Rappelons ici que :

Les graduations des tableaux ont été calculées pour être portées sur les deux axes rectangulaires AA' et AA''; la graduation des déclivités et celle des cotes sur l'axe étant portées sur AA', celles des surfaces, des emprises et des talus sur AA'' (*fig. 6*).

Les lois de graduation sont les suivantes :

pour les déclivités	$x' = \log(t \pm c)$
pour les cotes sur l'axe	$y' = \log(lt + y) - \log lt$
pour les superficies	$z' = \log(z + l^2t) - \log l^2t$
pour les emprises	$l' = \log L - \log l$
pour les talus	$l'_t = \log\left(\frac{n l_t}{\sqrt{m^2 + n^2}} + lt\right) - \log lt$

l — désignant la demi-longueur de la plate-forme;

t — l'inclinaison du talus (n de base sur m de hauteur);

c — la déclivité du terrain naturel;

l_t — la longueur des talus

t, lt, l^2t et l sont des constantes

c, y, z, L et l_t sont les variables.

données y et z , on déterminera de même que précédemment le point o par la rencontre de l'oblique \ passant par y et de l'horizontale — passant par z' .

Les triangles rectangles isocèles $z'op$ et pos (*fig. 5*) donnent alors :

$$z'p = pS = po = By,$$

c'est-à-dire qu'en formant la réglette de deux échelles identiques à celle des *cotes sur l'axe* et ayant toutes deux leur *origine* confondue en O , le point z' sera en face de y pris sur l'échelle de gauche de la réglette, et le point S sera en face du même point pris sur l'échelle de droite.

La figure 7 représente la règle et la réglette qu'on obtient par cette transformation : l'origine de toutes les échelles de la règle se trouve sur une même verticale ; la réglette se compose de deux échelles des cotes sur l'axe ayant leur point zéro au milieu.

On peut en conservant les mêmes échelles les placer de façon à donner moins de longueur à la règle : on voit en effet (*fig. 5*) qu'on peut amener DE à coïncider avec BE' soit en déplaçant DE comme nous l'avons fait (le point z vient alors en z') soit en déplaçant $B E'$; dans ce dernier cas le point E' vient en E et S vient en S' ; les échelles de la règle auront leur extrémité sur une même perpendiculaire commune ; la réglette sera composée des deux mêmes échelles, mais elles seront tournées en sens inverse, leur point commun sera le point D' (10).

La figure 8 donne la disposition des échelles qui résulte de cette transformation ; nous pensons que c'est celle qu'il faut adopter puisqu'aux avantages déjà énumérés, elle joint celui de donner moins de longueur à la règle.

L'instrument de calcul dont nous venons d'exposer le mode de construction paraît pouvoir rendre assez de services, pour nous engager à en proposer l'emploi ; on pourrait le construire très simplement en faisant graver toutes

les échelles sur une même feuille *de papier fort*, et en découpant suivant la forme indiquée par les figures 7 et 8, celles qui forment la règlette ; les espacements des échelles devront être les mêmes pour la règle et pour la règlette de façon qu'en appliquant celle-ci sur la règle, les graduations des deux éléments de l'instrument se trouvent sur une même ligne commune ; la règle étant fixée sur une planchette, la règlette [collée au besoin sous une petite lame de verre ayant un bord dressé,] serait guidée dans son mouvement rectiligne par un T ou une règle à dessin appliquée sur la planchette. Cette solution nous paraît la plus simple et la plus économique.

Un pareil instrument dont les graduations seraient déduites de la transformation des tableaux graphiques envoyés aux ingénieurs par l'administration, aurait une longueur d'environ 80 centimètres ; mais on peut sans préjudice pour son exactitude le ramener à une longueur plus pratique en changeant l'échelle des longueurs.

Puisque l'échelle des surfaces est amplifiée dans le rapport de 1 à $\sqrt{2}$, et que c'est elle qui détermine la longueur de l'instrument, on obtiendrait l'approximation donnée par les tableaux dont il est parlé ci-haut, avec une règle d'environ 0^m,56 de longueur.

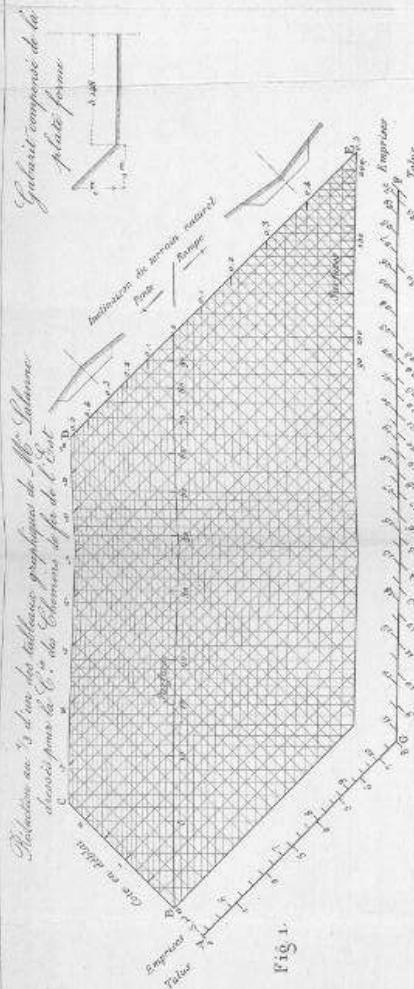
La construction en bois d'une règle applicable à un seul gabarit ne paraît pas justifiée ; cependant le même gabarit s'appliquant généralement à de grandes longueurs de route il est plus que probable que la dépense de construction d'un semblable instrument serait largement compensée par les avantages qu'on retirerait de son emploi ; on peut d'ailleurs réaliser une règle s'appliquant à tous les cas ; en effet, M. l'inspecteur général Lalanne a publié dans les Annales (1^{er} semestre 1850) un tableau relatif au cas d'une *plate-forme* et d'un *talus quelconques* ; une règle construite en bois pour ce cas général serait certainement d'un grand secours aux ingénieurs. Cet instrument aurait une préci-

sion plus grande que celui dont il est parlé ci-haut : on pourrait donc lui donner une longueur moindre tout en atteignant la même précision dans la lecture; afin d'en rendre l'usage plus commode on pourrait placer sur le revers, pour les cas les plus usuels, les constantes qui entrent alors dans le calcul.

Le grand avantage de la règle serait de donner par un seul déplacement de la réglette toutes les inconnues (surface, talus et emprise), et celles-ci pourraient être lues sans tâtonnement, avec une très grande approximation.

Tours, le 22 mars 1880.

M. Toulon, actuellement ingénieur des Ponts et Chaussées, avait également proposé d'obtenir les *surfaces des profils en travers*, au moyen de règles à calcul convenablement graduées. Ses premières recherches, qui remontent à l'époque où il était élève ingénieur à l'École des Ponts et Chaussées, lui assurent incontestablement la priorité. Cet ordre d'idées, bien naturel d'ailleurs puisque la règle logarithmique ordinaire donne le quotient du carré d'un nombre par un autre nombre, n'a réellement d'effet utile que par la construction d'un instrument approprié aux calculs pour chaque gabarit spécial. C'est ce que M. Blum a cherché à réaliser d'une manière très simple et très économique en utilisant la graduation des tableaux graphiques déjà construits et distribués aux ingénieurs, et en la reportant sur des échelles en carton dont une est mobile. M. Blum est donc revenu, comme M. Toulon, à l'idée d'ajouter une règle glissant le long d'une règle fixe, toutes deux étant convenablement graduées, au lieu d'un tableau graphique à double entrée. Il a mis ainsi en évidence l'équivalence des propriétés de la règle à calcul et de l'abaque; et quoique la règle ne soit pour rien dans l'invention de l'abaque, qui n'est qu'une application particulière de plusieurs principes généraux [1^o substitution d'une série de lignes *isoplèthes* (d'égale cote) à une table numérique à double entrée; 2^o son emploi de coordonnées graduées inégalement suivant une loi convenable qui peut n'être pas logarithmique], M. Blum a implicitement prouvé que l'abaque pourrait au contraire conduire à imaginer la règle, si elle n'avait pas déjà deux siècles d'existence. (*Note de la rédaction.*)



Le tableau précédent réduit aux échelles graduées

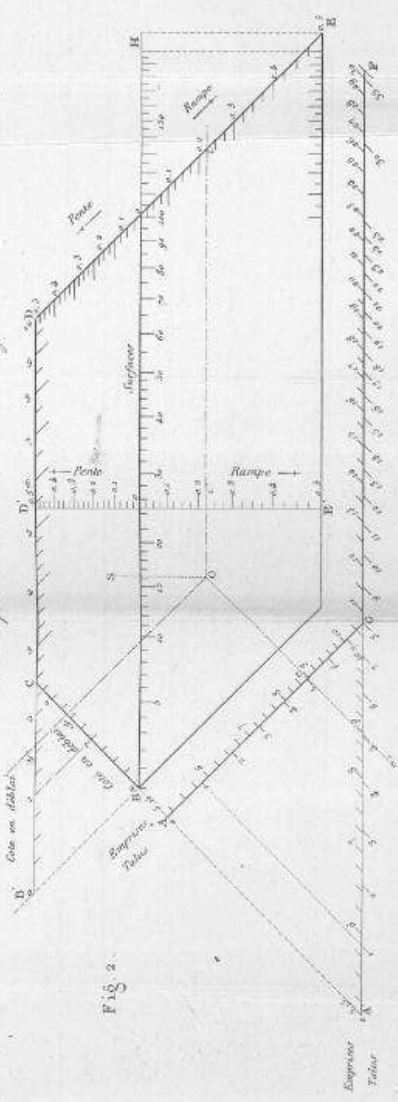


Fig. 3

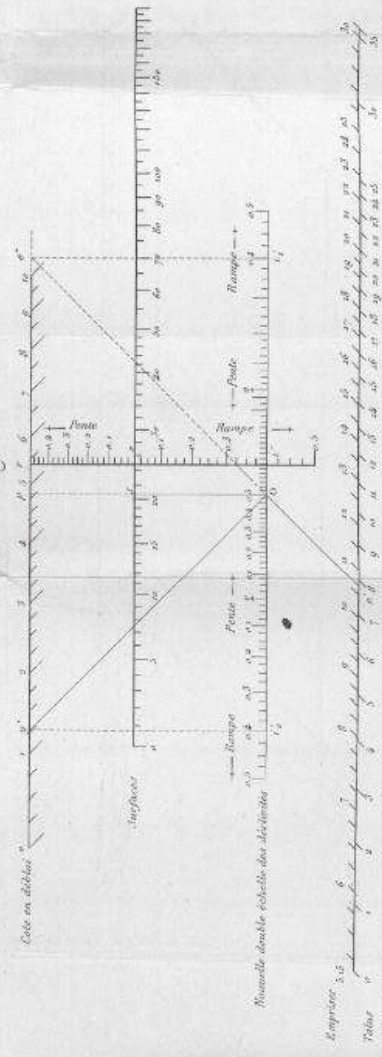


Fig. 4. Angle formé avec les échelles de la fig. 3. La partie haute, représente la hauteur dans une position quelconque, les graduations n'y sont pas figurées.

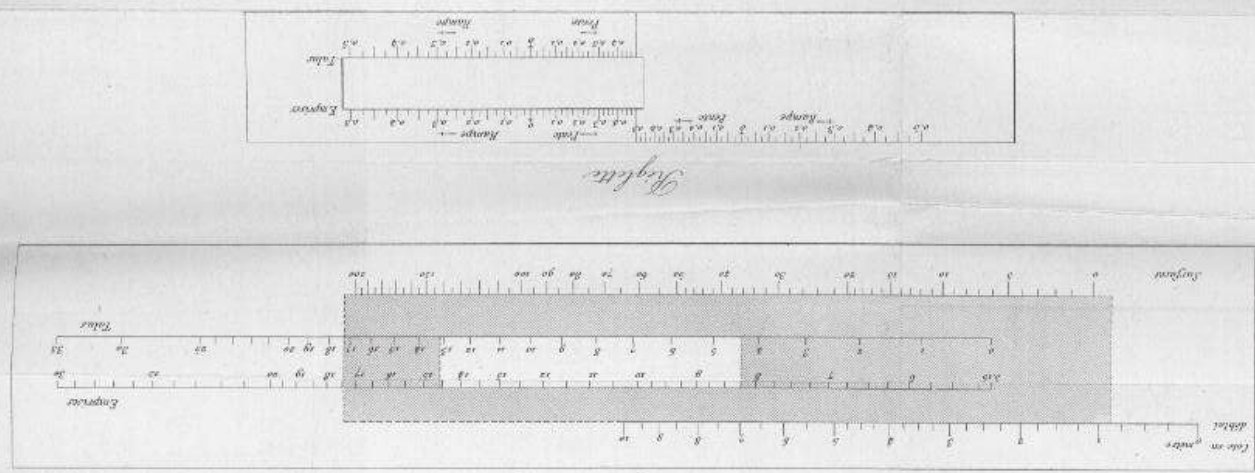
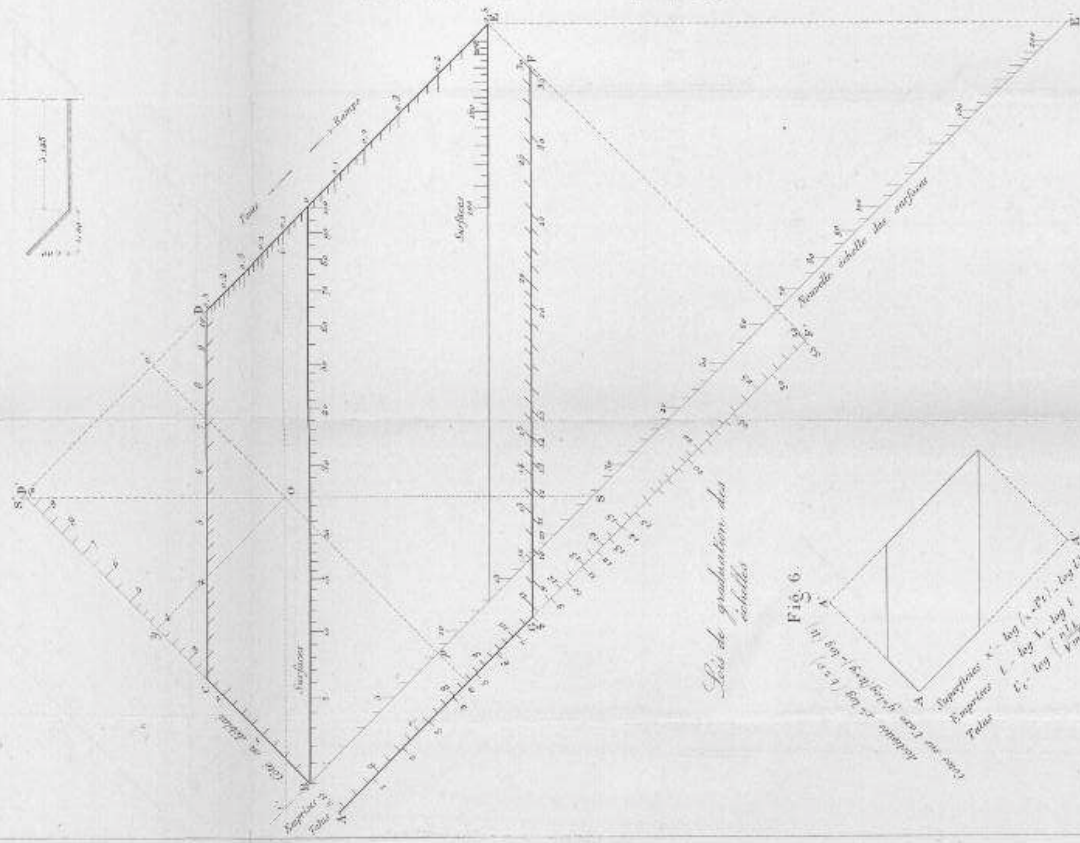


Fig. 5.
Gabarit composé de la plate-forme



Figures obtenues avec les tables de la fig. 5.

Fig. 6.

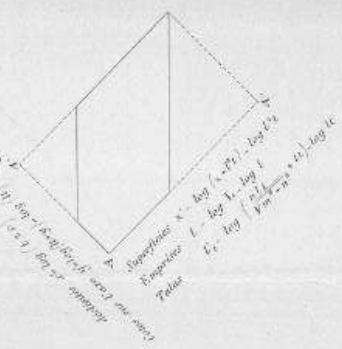


Fig. 7.

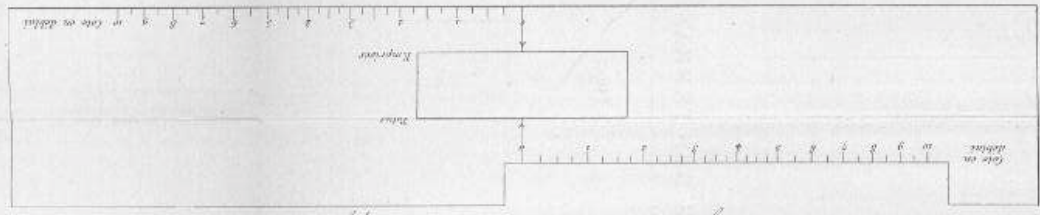


Fig. 8.

