

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes  
**Band:** 6 (1880)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Calcul des murs de soutènement  
**Autor:** Vautier, Alph.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-7754>

#### **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:** 14.01.2026

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

letin de travaux originaux émanant d'ingénieurs ou d'architectes étrangers à la Société.

ART. 3. Le Bulletin se compose annuellement en moyenne de 50 à 60 pages de texte en deux colonnes et de dix à douze planches.

Il ne pourra être publié de photographies que sur une autorisation du Comité, après avoir pris l'avis du trésorier, à moins que le surplus des frais ne soit couvert par l'auteur.

ART. 4. Les planches seront autant que possible réduites au format du Bulletin.

ART. 5. Le Bulletin sera publié en quatre numéros par an, paraissant autant que possible à intervalles égaux.

ART. 6. Chaque auteur est responsable des idées émises dans ses propres écrits, à l'entière décharge de la Société.

ART. 7. Le prix d'abonnement est fixé dès le 1<sup>er</sup> janvier 1881 à 5 fr. par an pour les abonnés non-sociétaires en Suisse, et à 5 fr. 50 cent. à l'étranger.

ART. 8. Les auteurs peuvent faire faire un tirage à part de leurs écrits. Ils ont à payer à l'éditeur le surplus du coût des frais d'impression, tant pour le texte que pour les planches et le brochage.

ART. 9. Le Comité déposera chaque année à la bibliothèque cantonale un exemplaire du Bulletin.

ART. 10. Le format du Bulletin demeure conforme à celui adopté pour les années 1875 à 1880.

ART. 11. Le budget du Bulletin est fixé pour l'année et pour l'ensemble à une somme d'environ 800 à 1000 fr. par an, sauf décision spéciale de l'assemblée générale, et après défaillance du prix des abonnements.

ART. 12. Le Bulletin pourra recevoir des annonces en sus des colonnes de texte mentionnées à l'art. 3 ci-dessus.

Le règlement qui précède a été adopté par le Comité d'administration et par le Comité de rédaction dans leur séance du 25 juin 1880.

Le Président :  
LOUIS GONIN.

Le Secrétaire :  
H. VERREY.

#### CALCUL DES MURS DE SOUTÈNEMENT

L'étude des murs de soutènement se présente fréquemment dans la rédaction des projets et la plupart des constructeurs acquièrent l'habitude de leur assigner des dimensions convenables, soit par analogie avec des murs existants, soit en s'aidant des nombreuses formules qui figurent dans les aide-mémoire.

Ces formules, parfois basées sur des considérations théoriques exactes seulement dans quelques cas particuliers, sont souvent des recettes empiriques où l'exactitude a été sacrifiée à la simplicité. Elles ne tiennent pas compte du fait que la densité des terres et celle des maçonneries sont variables et elles n'ont en vue que certains types de murs.

Etablies pour les hauteurs de murs qui se présentent le plus fréquemment dans la pratique, les formules empiriques ne sont pas applicables aux murs très élevés qui se rencontrent souvent dans l'étude des bassins de retenue.

D'autre part, les théories scientifiques qui ont été élaborées par divers auteurs conduisent à des formules d'un emploi long

et difficile, ou bien à des constructions graphiques qui exigent passablement de temps et l'habitude de ce genre d'opérations. J'ai donc cherché à rendre facilement applicables par chacun, les théories les plus recommandables, sans leur faire perdre aucune qualité d'exactitude.

Je traiterai aussi des fondations sur terre et de la butée, qui se rencontrent dans l'étude de diverses constructions.

#### CHAPITRE PREMIER

##### De la poussée des terres et de l'eau.

La pression que l'eau exerce sur une surface immergée est déterminée par les lois de l'hydrostatique et peut être exactement évaluée ; il n'en est pas de même de la pression exercée par les terres de diverses espèces.

Un massif de terre coupé selon un plan vertical pourra se maintenir ainsi quelque temps en vertu de la *cohésion* qui agglutine ses molécules et de leur *frottement* réciproque mais bientôt les agents atmosphériques auront détruit la cohésion et la terre s'éboulera jusqu'à ce qu'elle forme un talus assez peu incliné pour que les molécules y soient retenues par le frottement seul. C'est ce talus que l'on nomme le *talus naturel des terres*.

La plupart des théories font abstraction de la force de cohésion dont l'action n'est pas constante et qui cesse d'exister dès qu'il y a la moindre fissure dans le terrain. On n'a donc égard qu'au frottement moléculaire.

La forme de la surface du terrain ainsi que la surcharge qui peut y être placée ont une influence sur l'intensité de la poussée. Le cas le plus général et le seul auquel la théorie s'applique rigoureusement est celui d'une surface plane, horizontale ou inclinée ; dans le cas d'une surface irrégulière ou d'une surcharge on obtiendra des résultats suffisamment exacts en les assimilant à une surface plane, ainsi que nous l'expliquerons.

Jusqu'ici, il n'a pas été fait d'expériences méthodiques pour contrôler les théories de la poussée des terres, de sorte qu'il n'est pas possible de décider d'une manière absolue de leur valeur relative. Je comparerais plus loin les résultats de quelques-unes d'entre elles et justifierai de la préférence donnée à celle de l'éminent ingénieur Macquorn Rankine, dont le *Mémoire sur la stabilité des terres granuleuses* a reçu l'approbation d'ingénieurs français très compétents.

Ce mémoire, traduit pour les Annales des Ponts et Chaussées de 1874, est reproduit en partie dans le Manuel de mécanique appliquée de Rankine. C'est à ce mémoire que j'emprunterai les formules de la poussée des terres.

L'auteur recherche quelle est la résultante des pressions qu'un massif de terres à surface plane et inclinée exerce sur un plan vertical, normal au plan qui contient la ligne de plus grande pente, et il établit :

1<sup>o</sup> Que la résultante des pressions est parallèle à la surface du terrain.

2<sup>o</sup> Qu'elle passe au tiers de la hauteur du plan vertical.

3<sup>o</sup> Que son intensité est donnée par l'équation

$$T = \frac{Dh^2}{2} \cos \theta \frac{\cos \theta - \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \varphi}}{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \varphi}} \quad (1)$$

formule dans laquelle :

$T$  désigne l'intensité de la poussée exercée par un massif de un mètre d'épaisseur sur le plan vertical ;

$D$  est le poids du mètre cube de terres ;

$h$  la hauteur du plan vertical ;

$\theta$  l'angle que la surface du sol soutenu fait avec l'horizon ;

$\varphi$  l'angle du talus naturel des terres avec l'horizon.

La valeur de  $T$  peut être mise sous la forme

$$T = Dh^2 K \quad (2)$$

dans laquelle  $K$  désigne un coefficient dépendant seulement de  $\theta$  et de  $\varphi$ .

$$K = \frac{\cos \theta \cos \theta - \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \varphi}}{2 \cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \varphi}} \quad (3)$$

*Cas particuliers.* Lorsque la surface du sol est horizontale  $\theta = 0$ .

$$T = Dh^2 \frac{1 - \sin \varphi}{2(1 + \sin \varphi)}$$

Lorsque la surface du sol a la plus grande inclinaison possible,  $\theta = \varphi$ .

$$T = Dh^2 \frac{\cos \varphi}{2}$$

Lorsque le mur supporte une charge d'eau,  $\varphi = \theta = 0$ ,  $D = 1000^k$ .

$$T = 500 h^2$$

Le calcul de la formule générale (1) est assez long et il n'est pas nécessaire d'évaluer les angles  $\varphi$  et  $\theta$  à quelques degrés près, de sorte qu'on se servira avec avantage du tableau ci-dessous, dans lequel j'ai groupé les valeurs du coefficient  $K$  à introduire dans la formule (2). Le calcul de la poussée se réduira ainsi à de simples multiplications.

La seconde colonne du tableau indique la pente équivalente à l'inclinaison  $\theta$ . On remarque que le talus en remblai incliné à  $3/2$  correspond à la pente 0,667 ou à  $\theta = 33^{\circ}40'$ .

TABLEAU I.

$\theta$	PENTE	Valeurs de $\varphi$												
		$\varphi = 0^{\circ}$	$10^{\circ}$	$15^{\circ}$	$20^{\circ}$	$25^{\circ}$	$30^{\circ}$	$33^{\circ}40'$	$35^{\circ}$	$40^{\circ}$	$45^{\circ}$	$50^{\circ}$	$55^{\circ}$	$60^{\circ}$
$\theta = 0^{\circ}$	0.—	0.500	0.351	0.294	0.245	0.202	0.166	0.143	0.135	0.109	0.086	0.066	0.050	0.036
10	0.176	—	0.492	0.333	0.266	0.214	0.175	0.149	0.141	0.112	0.088	0.068	0.051	0.036
15	0.268	—	—	0.483	0.304	0.233	0.186	0.157	0.148	0.117	0.091	0.070	0.052	0.037
20	0.364	—	—	—	0.470	0.272	0.207	0.167	0.161	0.125	0.097	0.073	0.055	0.039
25	0.466	—	—	—	—	0.453	0.247	0.196	0.182	0.138	0.104	0.079	0.058	0.041
30	0.577	—	—	—	—	—	0.433	0.245	0.221	0.158	0.116	0.086	0.062	0.044
$33^{\circ}40'$	0.667	—	—	—	—	—	0.416	0.293	0.183	0.129	0.095	0.067	0.046	
35	0.700	—	—	—	—	—	—	0.440	0.196	0.134	0.096	0.069	0.047	
40	0.839	—	—	—	—	—	—	—	0.383	0.170	0.114	0.077	0.053	
45	1.000	—	—	—	—	—	—	—	—	0.353	0.146	0.093	0.057	
50	1.192	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.321	0.121	0.073	
55	1.428	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.282	0.098	
60	1.732	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.250	

Valeurs de  $\varphi$  et de  $D$ .

L'angle  $\varphi$  du talus naturel des terres peut être obtenu expérimentalement, en coupant les terres à pic et en les laissant à elles-mêmes. Cette opération n'est pas toujours praticable en raison du temps qu'elle exige, et l'on pourra se contenter de mesurer la plus forte pente des talus formés par des terres de même nature et qui se sont maintenus.

On pourra aussi consulter les données ci-dessous indiquées par divers auteurs, mais on aura soin de tenir compte de l'état d'assèchement des terrains à soutenir. Pour ceux qui sont exposés à être imprégnés d'eau, il importe d'assigner à l'angle  $\varphi$  une faible valeur.

Valeur de  $\theta$ .

Nous avons dit que l'angle  $\theta$  est celui que fait avec l'horizon la surface du terrain soutenu. Il peut arriver que la section normale au mur ne coupe pas le terrain soutenu selon sa ligne de plus grande pente. Dans ce cas, il faudra prendre pour valeur de  $\theta$  l'inclinaison de la ligne qui représente la surface du terrain soutenu, en l'augmentant un peu.

TABLEAU II.

	POIDS du mètre cube. D	ANGLE DU talus naturel $\varphi$	
		kilogrammes.	degrés.
Gravier et sable . . . . .	1800 à 1900	24 à 30	
Gros gravier . . . . .	1500 à 1600	38 à 45	
Terre argileuse sèche . . . .	1550 à 1700	45	
» très mouillée .	1950 à 1800	17	
Terre végétale humide . . . .	1650 à 1750	27	
» sèche . . . . .	1200 à 1400	43	
Terre graveleuse . . . . .	1300 à 1900	45	
Terres de bruyère . . . . .	600 à 700	44	
Terres fortes sèches . . . .	1500 à 1600	40 à 55	
» très humides . .	1800 à 1900	17	
Argile et tuf mêlés . . . . .	1900 à 2000	50	
Terre grasse caillouteuse . .	2200 à 2290	50	
Terre sèche pulvérulente . .	1100 à 1500	36	
Remblai sec en débris et terres diverses, à la gare du Flon .	— —	39	

Lorsqu'il s'agit d'un remblai réglé à 3 de base pour 2 de hauteur  $\theta = 33^\circ 40'$  et l'angle  $\varphi$  peut être évalué de  $33^\circ 40'$  à  $40^\circ$  selon la qualité des terres.

#### Application.

On demande de calculer la poussée que le massif BM (fig. 1)<sup>1</sup> exerce sur le plan vertical AB. Le talus naturel des terres est de  $40^\circ$  et leur poids par mètre cube 1700<sup>k</sup>. AB = 6<sup>m</sup> et  $\theta = 30^\circ$ .

Le tableau I donne pour  $\varphi = 40^\circ$  et  $\theta = 30^\circ$ , K = 0.158.

On a donc :  $T = 1700^k (6)^2 \cdot 158 = 9670^k$ .

Cette poussée agit à 2<sup>m</sup> au-dessus du point A et est inclinée de  $30^\circ$  sur l'horizon.

Pour un massif de terres argileuses sèches dont la surface serait inclinée de 0.176 par mètre, on aurait :

$$D = 1700, \varphi = 45^\circ, h = 6^m \text{ et } K = 0.088.$$

D'où :  $T = 5386$ .

Pour le même massif, mais très mouillé, on aurait :

$$\varphi = 17^\circ, K = 0.300, D = 1900.$$

D'où :  $T = 20520$ .

Cet exemple montre combien il est important de tenir compte de l'état d'humidité du terrain à soutenir et l'avantage économique qu'il y a à l'assainir, si possible.

#### Surcharges.

Nous avons dit que la théorie de la poussée des terres ne s'applique rigoureusement que lorsque la surface du terrain est plane; il est cependant facile de l'appliquer à d'autres cas avec une approximation suffisante.

Soit, par exemple, un terrain bosselé B m.m.'m." (fig. 1); nous remplacerons cette ligne brisée par une ligne droite BM tracée de telle manière que la surface comprise entre les lignes AN et BM prolongées jusqu'à leur rencontre soit équivalente à celle limitée par la ligne primitive et par la ligne AN prolongée jusqu'à la surface du sol.

Dans le cas d'une surcharge telle, par exemple, que le poids d'un mur de terrasse (fig. 2), il faudra calculer le poids par mètre courant du massif ABmm'M et tracer une ligne B'M telle que le poids du massif de terres AB'M équivaille au poids trouvé.

La hauteur à introduire dans le calcul de la poussée sera  $h = AB'$ , et le point d'application de cette force sera au tiers de cette hauteur.

#### COMPARAISON ENTRE LES DIVERSES THÉORIES DE LA POUSSÉE DE LA TERRE

Il y a quelque intérêt à comparer entre elles les méthodes qui ont été proposées pour déterminer la poussée des terres. Basées sur des conceptions diverses, sur lesquelles des expériences méthodiques pourraient seules prononcer, elles diffèrent dans les résultats. La théorie de M. Rankine présente l'avantage de ne s'appuyer que sur des principes de statique bien établis, et elle peut inspirer confiance pour l'application aux constructions, car, ainsi que nous allons le montrer, c'est elle qui assigne à la poussée la plus grande intensité.

<sup>1</sup> Les figures auxquelles nous renvoyons forment une planche spéciale qui sera publiée dans le prochain numéro du bulletin.

Les diverses théories sur la poussée des terres sont d'accord en ce point, que la résultante des pressions élémentaires qu'un massif de terres exerce sur un plan s'applique au tiers de la hauteur de ce plan; mais elles diffèrent beaucoup sur la direction de la résultante, de sorte que, pour comparer leurs résultats, il faut n'avoir égard qu'à leur composante horizontale. C'est, du reste, cette composante qui agit pour détruire le mur par renversement ou glissement, tandis que la composante verticale s'ajoute à son poids. Il y a aussi divergence sur la manière de tenir compte de la forme du parement du mur qui touche aux terres, de sorte que nous restreindrons la comparaison au cas d'un parement vertical.

Je désigne toujours par D le poids du mètre cube de terre, par  $\varphi$  l'angle de son talus naturel avec l'horizon, par  $\theta$  celui de la surface du terrain soutenu, par  $h$  la hauteur du plan vertical, par T l'intensité de la poussée, par H sa composante horizontale, enfin K sera un coefficient dépendant de  $\varphi$  et de  $\theta$  variant d'une méthode à l'autre.

#### 1<sup>o</sup> Méthode Rankine.

Nous avons vu ci-dessus que la poussée  $T = Dh^2K$  et que la force T est parallèle à la surface du terrain soutenu. Sa composante horizontale sera donc :

$$H = Dh^2K \cos \theta.$$

#### 2<sup>o</sup> Méthode Poncelet.

M. le prof. Bresse a développé, dans son cours de résistance des matériaux, la méthode graphique de Poncelet. Cette méthode est basée sur la recherche du prisme de moindre résistance. Elle suppose que le frottement des terres contre les maçonneries est indépendant de la nature des terres et qu'il est mesuré par l'angle constant  $21^\circ 48'$ , tandis que Rankine admet que ce frottement est le même que celui des terres entre elles, et est, par conséquent, mesuré par l'angle  $\varphi$ .

En outre, la direction de la poussée serait, d'après Poncelet, indépendante de  $\varphi$  et de  $\theta$ , de sorte qu'elle ferait, avec le fruit postérieur du mur, un angle constant de  $90^\circ - 21^\circ 48' = 68^\circ 12'$ .

La poussée donnée graphiquement peut être calculée au moyen d'une formule :  $T = Dh^2K'$ , dans laquelle K' est une fonction extrêmement complexe de  $\varphi$ , de  $\theta$ , du fruit du mur et de l'angle  $21^\circ 48'$ . L'emploi de cette formule est beaucoup plus long et beaucoup plus sujet à erreurs que la construction graphique, et je crois inutile de la faire connaître, mais elle fait ressortir le fait que la poussée est fonction de  $Dh^2$ .

La composante horizontale,  $H' = Dh^2K' \cos 21^\circ 48'$ .

3<sup>o</sup> Un aide-mémoire, dressé par M. Rheinhard, à Stuttgart, donne une formule différente encore pour la poussée des terres, sans indiquer sur quelle théorie elle est fondée.

D'après cette méthode, la poussée est parallèle au talus naturel des terres, de sorte que sa composante horizontale

$$H'' = Dh^2K'' \cos \varphi.$$

Le coefficient  $K'' = \frac{\cos \varphi}{2}$  lorsque  $\theta = \varphi$ . C'est une valeur identique à celle donnée par la formule de Rankine, mais lorsque

$$\theta = 0 \quad K'' = \frac{\cos^2 \varphi}{2(1 + \sin \varphi \sqrt{2})^2}.$$

4<sup>e</sup> Enfin nous trouvons dans l'aide-mémoire de Claudel et dans la plupart des traités sur la poussée des terres, la formule bien connue :

$$T''' = D h^2 \frac{1}{2} \tan^2 \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right).$$

Elle est basée sur le fait que, lorsque le terrain est horizontal, le prisme de plus grande poussée est limité par la bissectrice de l'angle  $90^\circ - \varphi$ , ce qui est vrai dans ce cas et d'accord avec la théorie Rankine, mais cette hypothèse ne peut absolument pas s'appliquer à un terrain incliné.

La composante horizontale  $H''' = Dh^2 K'''$ .

Ainsi, pour les méthodes ci-dessus et très probablement pour toutes celles qui pourraient s'élaborer sur ce sujet, la composante horizontale est le produit de  $Dh^2$  par un facteur variant selon la méthode de calcul, de sorte qu'il nous suffira de comparer les résultats numériques donnés par ces facteurs.

1<sup>o</sup> Lorsque le terrain est horizontal  $\theta = 0$ .

$$\varphi = 10^\circ \varphi = 20^\circ \varphi = 30^\circ \varphi = 40^\circ \varphi = 50^\circ \varphi = 60^\circ$$

Théorie Rankine  $K \cos \delta = 0.351 \quad 0.245 \quad 0.166 \quad 0.109 \quad 0.066 \quad 0.036$   
Id. Poncelet  $K' \cos 21^\circ 48' = 0.280 \quad 0.196 \quad 0.137 \quad 0.094 \quad 0.058 \quad 0.032$

Formule Rheinhard  $K'' \cos \varphi = 0.311 \quad 0.200 \quad 0.127 \quad 0.080 \quad 0.047 \quad 0.025$   
Id. Claudel  $K'''$ , résultats identiques à ceux de Rankine.

2<sup>o</sup> Lorsque le terrain est incliné au maximum  $\theta = \varphi$ .

$$\varphi = 10^\circ \varphi = 20^\circ \varphi = 30^\circ \varphi = 40^\circ \varphi = 50^\circ \varphi = 60^\circ$$

Théorie Rankine  $K \cos \delta = 0.485 \quad 0.442 \quad 0.373 \quad 0.293 \quad 0.206 \quad 0.125$   
Id. Poncelet  $K' \cos 21^\circ 48' = 0.483 \quad 0.440 \quad 0.373 \quad 0.293 \quad 0.205 \quad 0.124$   
Formule Rheinhard  $K'' \cos \varphi$ , identique à la formule de Rankine.  
Id. Claudel  $K'''$ , inapplicable.

Ces deux hypothèses extrêmes suffisent pour constater que la poussée horizontale est la plus forte lorsqu'on emploie la théorie de Rankine, et que pour le cas de  $\theta = \varphi$ , elle concorde à très peu près avec la méthode graphique de Poncelet et est identique à la formule de l'aide-mémoire de Rheinhard.

On peut conclure de cet examen que, jusqu'à ce que des expériences méthodiques aient prononcé, la méthode de M. Rankine doit être préférée.

## CHAPITRE II

### Conditions de stabilité d'un mur de soutènement.

Dans plusieurs des problèmes qui se rencontrent dans l'étude de la stabilité des constructions, le poids propre des parties que l'on se propose de calculer est assez peu important, relativement aux forces extérieures, pour qu'on puisse le négliger ou l'apprécier arbitrairement dans un premier calcul. Il est ainsi possible de déterminer presque sans tâtonnements les dimensions convenables des diverses parties de la construction. Il n'en peut être de même pour les murs de soutènement, car la seule force qu'ils puissent opposer à la poussée des terres ou de l'eau réside dans leur poids propre.

Lorsque l'on cherche à déterminer algébriquement les conditions de stabilité d'un mur d'un type donné, et à en déduire l'épaisseur à la base, on arrive à des formules d'un calcul si laborieux qu'il est de beaucoup préférable d'avoir recours à une série de tâtonnements et l'on arrivera assez rapidement à un résultat convenable si l'on a choisi judicieusement le type du mur dont on veut vérifier les conditions de stabilité.

Le problème doit en effet être posé en ces termes.

Etant donné le profil d'un mur et la poussée à laquelle il doit résister, vérifier s'il réalise les conditions de stabilité sans excès de force.

S'il n'en est pas ainsi, il est facile de modifier ses dimensions et de vérifier à nouveau.

Lorsqu'il s'agit d'un mur de retenue d'eau dont la poussée est exactement connue, on pourra limiter le cube des maçonneries au strict nécessaire, tandis que lorsqu'il s'agit de poussée de terres dont le talus naturel n'est pas déterminé d'une manière bien rigoureuse, il serait oiseux de pousser très loin les tâtonnements ; mais encore ici la théorie sera utile comme contrôle des dimensions que l'expérience ou les formules empiriques auraient indiquées.

### CALCUL DU POIDS DU MUR

Le poids d'un mur à parement postérieur vertical comme celui de la figure 1, est égal à sa section, multipliée par le poids du mètre cube de maçonnerie et par sa longueur. Ainsi que pour le calcul de la poussée nous considérerons une longueur de un mètre.

Lorsque le mur présente des retranches ou un fruit comme le type de la figure 3, son poids agissant est augmenté du poids de la terre qui repose sur lui, c'est-à-dire du poids du prisme compris entre le mur et la verticale AB et il y aura lieu de chercher le centre de gravité de ce poids total. On peut simplifier cette recherche sans commettre d'erreur appréciable en remplaçant le massif de terre par une surépaisseur fictive des maçonneries. Pour cela il suffira de multiplier les largeurs telles que  $bb'$  par le rapport  $\frac{D}{D'}$ .  $D'$  désignant le poids du mètre cube de maçonnerie et  $D$  celui des terres.

On obtiendra ainsi la surépaisseur  $bb''$ , et le profil fictif  $Ab''EC$  aura le même poids que le mur et les terres qu'il supporte sur ses retranches. Il sera facile d'en trouver le centre de gravité par l'une des méthodes connues.

Lorsque le mur présente un fruit postérieur incliné sur les terres comme celui de la figure 4, une partie de son poids est supporté par les terres, l'autre seule agissant sur la base du mur. Or comme la poussée des terres est calculée pour le massif limité par la verticale AB, on admet que le mur perd de son poids celui du volume de terre qu'il remplace (comme s'il s'agissait d'un corps plongé dans un liquide). Il est donc facile de tracer le profil fictif du mur dont le poids s'oppose à la poussée des terres.

On prendra  $b' b'' = Bb' \frac{D}{D'}$  et l'on tracera  $Ab''$ . (fig. 4.) Le profil agissant du mur sera  $Ab''EC$ .

Lorsque le mur supporte un parapet, un mur de bâtiment ou toute autre charge permanente, c'est le poids et le centre de gravité de l'ensemble qui doivent entrer dans le tracé de l'épure des forces que nous indiquerons plus loin. (A suivre.)

### En vente chez Georges Bridel éditeur, à Lausanne.

- L. GONIN. *Notice sur l'ascenseur à air comprimé* pour chemins de fer à fortes rampes et à profil varié. — In-8 avec 4 planches et une photographie . . . . . 3 fr. 50  
J. MEYER. *Les chemins de fer de la Suisse occidentale au point de vue de la construction*. Notice historique, statistique et descriptive. — 1 vol. in-8 . . . . . 3 fr.