

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 49 (1923)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Calcul des barrages arqués  
**Autor:** Juillard, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-38220>

### **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:** 23.01.2026

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







Fig. 1. — Carte des installations de la Société Romande d'Electricité. — Echelle 1 : 125 000.

En rouge : conduites électriques. — En bleu : canalisations hydrauliques.

Reproduite avec l'autorisation du Service topographique fédéral (7. IV. 1923).



Seite / page

leer / vide /  
blank

nous enseigne que le numérateur de la formule 3 devrait contenir à côté de  $\int_A^B \frac{R_m \cdot \cos \varphi}{E F} \cdot ds$  un second terme de

la forme  $\int_A^B \frac{R_m \cdot f \cdot y \cdot ds}{E J}$ , où  $f$  est la distance de la ligne

funiculaire des poussées à la médiane de l'arc, et  $y$  la distance de cette médiane à l'axe des  $x$ . La seconde intégrale est du signe contraire à celui de la première et est dans notre cas à peu près du même ordre de grandeur que celle-ci ; il est donc possible que le  $\Delta X$  réel ne soit que la moitié de celui calculé par M. Stucky ou encore qu'il soit nul ou négatif<sup>1</sup>.

Dans le cas de la fig. 19 la grandeur de  $\Delta X$  n'a pas grande influence sur les fatigues qui varient peu, que  $\Delta X$  soit exact ou deux fois trop grand. Il en est tout autrement de la déformation qui est proportionnelle à  $\Delta X$ . La remarque de M. Stucky constatant qu'il y a contradiction de dire que les déformations varient beaucoup avec la forme de la médiane de l'arc, tandis que les fatigues varient peu, se révèle par cet exemple déjà, totalement fausse. M. Stucky ne s'étant jusqu'ici occupé que d'une forme tout à fait particulière d'arc sans approfondir la théorie générale, n'a probablement pas remarqué cette propriété.

Le second point que nous avons relevé concernant la fig. 19 provient d'une erreur fondamentale du calcul. On sait en effet que la rotation d'un élément d'arc ou de poutre  $ds$  sous l'influence d'un moment  $M$  a pour expression  $\frac{M \cdot ds}{J \cdot E}$  et lorsque l'arc ou la poutre sont encastrés, la somme de ces rotations élémentaires d'un appui à l'autre doit être nulle puisque ces appuis sont inamovibles<sup>2</sup> : d'où l'équation  $\int_A^B \frac{M \cdot ds}{J \cdot E} = 0$ .<sup>3</sup>

Le moment  $M$  se décompose en deux moments,  $M_o = R_m \cdot f$  et  $M_x = X \cdot y$ , où  $f$  et  $y$  ont la signification que nous venons de leur donner précédemment. Nous avons donc

<sup>1</sup> Ceci semble bien paradoxal, puisque lors d'un  $\Delta X$  négatif, la déformation devrait s'effectuer contre la poussée de l'eau, s'il était possible dans ce cas de déterminer la déformation uniquement au moyen de  $\Delta X$  ou de  $k$ , comme le fait M. Stucky. En traitant le second point nous verrons d'où provient cette contradiction. Nous remarquons simplement ici, qu'en appliquant les formules que nous avons données pour l'arc de cercle d'épaisseur constante, on constate en effet que toutes les charges agissant dans le voisinage de la clef produisent des  $\Delta X$  négatifs, et ceci d'autant plus que l'arc est élastique. A la limite lorsque l'arc devient infiniment élastique et la charge uniformément répartie, la somme des  $\Delta X$  négatifs est égale à celle des  $\Delta X$  positifs et le  $\Delta X$  total nul. Que M. Stucky nous excuse de lui parler d'arc de cercle d'épaisseur constante ; si nous le faisons ici comme nous l'avons fait dans la note que nous avons publiée dans la *Schweizerische Bauzeitung* (Vol. 81, Nr. 2), ce n'est pas pour préconiser à tout prix cette forme d'arc, ou que nous n'en savons pas calculer d'autre, mais bien parce qu'elle nous fournit un excellent moyen pour contrôler immédiatement si un principe général proposé se vérifie aussi dans ce cas particulier. S'il ne se vérifie pas nous le rejetons comme faux et chacun pouvant vérifier ce fait aisément, le fera avec nous, tandis que si nous présentons un arc quelconque accompagné d'une laborieuse détermination graphique, personne n'aura la patience de contrôler l'exactitude de cette détermination, et on ne nous croira qu'à demi.

<sup>2</sup> Cette condition est très importante car elle représente davantage qu'une simple règle de la théorie de l'élasticité ; elle est valable quelle que soit la matière employée.

<sup>3</sup> Voir *Schweizerische Bauzeitung*, du 3 déc. 1921, page 272.

$$\int_A^B \frac{R_m \cdot f}{J \cdot E} \cdot ds + \int_A^B \frac{\Delta X \cdot y}{J \cdot E} \cdot ds = 0.$$

La seconde de ces intégrales étant nulle de par le choix de l'axe des  $x$ , il reste la condition

$$\int_A^B \frac{R_m \cdot f \cdot ds}{J \cdot E} = 0$$

qui est une absurdité, puisqu'aucun des facteurs sous l'intégrale ne change de signe entre  $A$  et  $B$ . Ceci provient de ce que M. Stucky calcule un problème à double indétermination statique comme simplement indéterminé, il s'en suit que la ligne des pressions est également fautive en position, dans le cas de la fig. 19 la ligne des pressions devrait être déplacée d'environ  $1/10$  de l'épaisseur de l'arc, ce qui a naturellement de nouveau une influence sur la déformation.

M. Stucky objectera que le moment de flexion provenant, ou plutôt qui est la cause de ce déplacement, ne produit pas de fatigues dangereuses, et que les erreurs résultant du manque d'homogénéité de la maçonnerie dont est constitué le barrage sont beaucoup plus grandes que celles qu'il introduit dans ses calculs. Nous ne prétendons naturellement pas qu'un barrage soit un corps homogène et nous n'exigeons pas non plus qu'un calcul soit mathématiquement exact. Nous sommes au contraire parfaitement d'accord avec M. Stucky quand il dit : « Je prétends qu'un calcul doit avant tout prouver d'une façon indiscutable, au moyen de règles simples... (nous dirions le plus simples possible) « et suffisamment vérifiées, que l'ouvrage est capable de supporter, avec la sécurité voulue, tous les efforts qui agiront sur lui. » C'est dans cet esprit que nous avons analysé, *L'étude sur les barrages arqués*. Ayant constaté — et M. Stucky devait aussi le constater — que toutes les conditions formulées pour tracer et dimensionner le barrage afin d'en permettre le calcul étaient trop nombreuses et trop compliquées pour être rigoureusement remplies, nous nous sommes demandé si les « règles » données étaient encore « indiscutables » lorsque les hypothèses fondamentales du calcul n'étaient plus entièrement satisfaites.

Maintenant que nous avons illustré notre analyse générale par la critique d'un cas particulier, il nous est facile de conclure :

Dans le cas de la fig. 19 les erreurs provenant de l'inexactitude de la grandeur de  $\Delta X$  et de la fautive position de la ligne des pressions ne menacent probablement pas la sécurité de l'ouvrage si l'on admet que la charge soit exacte ; celle-ci dépendant de la déformation qui est tout à fait inexacte pourrait cependant fort bien n'être pas très rigoureuse. Nous ne voulons pas dire que le résultat final soit nécessairement faux, il se peut qu'une erreur en compense une autre, mais en tous cas le résultat final n'est pas indiscutable. Remarquons cependant que la charge de la fig. 19 est presque uniformément répartie. Dans un autre cas moins favorable il y aurait de plus grandes difficultés à attendre, et qui sait si par exemple

la véritable ligne des pressions ne sort pas du noyau. Quelle que soit l'insécurité de la résistance effective du béton et de ses coefficients d'élasticité, cette insécurité a beaucoup moins d'importance que de savoir si le barrage idéal supposé par le calcul, présente des efforts de 10 kg. à la traction ou à la compression.

D'après M. Stucky le moyen d'échapper à cette insécurité ne peut consister qu'à changer la forme des arcs : à les adapter à la ligne des pressions obtenues. Le changement de la forme de l'arc entraîne celui de la déformation et de la répartition de la charge. Si l'on pouvait tracer les arcs indépendamment les uns des autres sans se soucier de la forme générale du barrage, il est probable qu'on arriverait en multipliant les approximations, à atteindre le but poursuivi. Le labeur serait naturellement très grand, puisque comme nous l'avons vu dans l'exemple étudié, au point où nous en sommes, la déformation calculée correspond encore bien mal à la véritable.

Mais en pratique on n'a pas cette liberté de tracer les arcs d'une manière quelconque et on doit se résoudre à accepter un compromis comme M. Stucky le reconnaît lui-même.

Alors pour vérifier l'exactitude du résultat de ce compromis qui, nous l'avons vu, n'est pas *a priori* suffisante, il ne reste qu'un moyen ; celui de faire le calcul rigoureux de la forme du barrage à laquelle on s'est définitivement arrêté, conformément à la méthode de calcul que nous avons exposée. Ce calcul est passablement compliqué du fait de la forme quelconque des arcs, mais il n'en reste pas moins indispensable.

Il n'y a dès lors plus grand intérêt à opérer d'après la méthode de M. Stucky si elle ne peut nous fournir en définitive, malgré le travail considérable qu'elle exige, qu'une approximation sur la forme du mur et si cette forme bien que statiquement plus favorable que la première approximation venue, présente le désavantage de se prêter mal à un calcul simple.

La solution normale du problème consiste au contraire comme nous l'avons déjà exposé, à laisser de côté le cas général et à partir du cas particulier : de l'arc de cercle pour lequel nous avons donné des formules relativement simples, permettant d'exprimer les conditions d'équilibre sous forme d'équations (libre à M. Stucky de résoudre celles-ci par tâtonnement) et de calculer les efforts d'une manière tout à fait rigoureuse. Le choix des dimensions des arcs de cercle n'est naturellement pas empirique ; en appliquant par exemple lors de ce choix, la condition que les arcs doivent pouvoir supporter la poussée d'eau totale, on ne peut guère arriver à un mauvais résultat pour la charge répartie. Si toutefois par suite de la position de la ligne des pressions on obtient néanmoins en quelques points des fatigues inadmissibles, il est toujours assez tôt pour modifier quelque peu la forme des arcs correspondants. A ce point de vue M. Stucky fait erreur en pensant que l'application de notre théorie est limitée au cas d'arcs circulaires d'épaisseur constante. Si nous n'avons donné des formules développées que pour

ce cas particulier, cela tient uniquement à ce que dans le cas général les intégrales rencontrées ne sont pas intégrables mathématiquement ; rien n'empêche par contre de les intégrer au moyen du planimètre avec toute l'exactitude voulue. Il n'y a là aucun inconvénient ; nous appliquons par exemple cette méthode à la détermination de la déformation des poutres (même de section triangulaire) de préférence à la formule directe qui donne davantage de travail.

Si le reproche de M. Stucky de « se limiter d'emblée et *a priori* à l'arc de cercle d'épaisseur constante » est inexact, la phrase parlant de « secret espoir », « d'édifice qui s'écroule » et « de mathématiques auxquelles on ne croit plus qu'à moitié » est tout à fait déplacée ; rien de ce que nous avons dit ne la justifie et si ce n'est qu'une réflexion personnelle M. Stucky devrait mieux éviter l'équivoque.

Il y a peu à ajouter à ce qui a été dit jusqu'à maintenant relativement aux efforts admissibles, spécialement aux efforts de traction. M. Stucky nous donne cette fois l'explication des 10 kg/cm<sup>2</sup> à la traction qu'il ne tolère que lorsque l'équilibre des arcs est possible sans l'intervention de la résistance à la traction. Ceci veut dire qu'il est indifférent que la section subisse une rupture partielle et suppose que l'état statique du barrage ne peut être qu'amélioré, s'il est modifié par cette rupture partielle. Nous avons déjà exprimé notre manière de voir sur ce point et n'y reviendrons pas cette fois-ci.

Nous ne voyons cependant pas qu'il y ait une raison dans le fait que le barrage ne se construit pas dans les conditions idéales que le calcul suppose, pour être plus large dans la fixation des efforts admissibles. En réduisant au contraire le plus possible la grandeur des fatigues, particulièrement de la traction<sup>1</sup>, on est certain, même si la qualité de la maçonnerie laisse à désirer tant au point de vue de l'homogénéité que de la résistance, que l'on assure au barrage la possibilité de travailler conformément aux hypothèses du calcul. Un barrage ainsi dimensionné sur la base d'un calcul rigoureux, offre dès lors une sécurité absolue.

Innertkirchen, le 7 avril 1923.

P.-S. Nous ignorons si M. Stucky aura quelque chose à ajouter à ce que nous avons exposé dans cet article, mais nous tenons dès maintenant à annoncer que nous n'avons pas l'intention de poursuivre une discussion sur ce sujet ; l'exemple particulier que nous avons traité ici n'offre certainement pas assez d'intérêt pour cela. En ce qui concerne la critique de la méthode générale de M. Stucky, nous prions ceux que la question intéresse, de lire notre article de la *Schweizerische Bauzeitung* (13 janvier 1923), dont le *Bulletin technique* n'a donné qu'un résumé succinct.

<sup>1</sup> Lorsque les efforts de traction maximale sont produits par la charge d'eau seule ou par la charge d'eau et la température agissant simultanément, on ne pourra tolérer que quelques kilos par cm<sup>2</sup>. Si au contraire la température produit seule des efforts de traction, on pourra sans danger admettre de plus grandes fatigues.