

# Etude sur les barrages arqués

Autor(en): **Stucky, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **48 (1922)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37383>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Etude sur les barrages arqués*, par A. STUCKY, ingénieur. — *Concours d'idées pour l'établissement d'un plan d'avenir de la Commune de Monthey*. — *La production allemande d'aluminium*. — *Exportation d'énergie électrique*. — NÉCROLOGIE : *Otto Sand*. — BIBLIOGRAPHIE. — SOCIÉTÉS : *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. — *Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes*. — *Société genevoise des Ingénieurs et des Architectes*. — *Société neuchâteloise des Ingénieurs et des Architectes*. — *Comité de rédaction du Bulletin technique de la Suisse romande*. —

## Etude sur les barrages arqués

par A. STUCKY, ingénieur.

### I. Généralités.

L'accumulation hydraulique est appelée à jouer un rôle essentiel dans le développement des usines hydro-électriques. La coopération des usines à basse chute avec les usines à haute chute possédant un réservoir va devenir de plus en plus intime. Il ne paraît pas sans intérêt, au moment où de nombreux projets prévoient de hauts barrages, d'étudier un des types qui trouvera certainement plusieurs applications chez nous.

Les barrages en maçonnerie comme les digues en terre, sans être nouveaux pour la Suisse sont pourtant des ouvrages dans l'exécution desquels l'étranger a eu, plus que nous, l'occasion d'acquérir de l'expérience. Le barrage de gravitation qui s'oppose à la poussée des eaux par son poids, à la façon d'un mur de soutènement, a fait l'objet de plusieurs publications depuis longtemps déjà. Le barrage appelé « arqué » est plus nouveau, tout particulièrement en Europe. Les Américains en ont construit de grands et même d'audacieux, tels le « Salmon Creek damm » dans l'Alaska et celui de Gibraltar (fig. 1 et 2). Un barrage arqué vient d'être mis en service dans le canton de Fribourg, sur la Jogne, et un autre est en construction sur la Reuss, à Amsteg.

Dans bien des cas le barrage arqué s'impose ; toute autre solution paraîtrait absurde, au point de vue statique. De plus le barrage arqué permet de réaliser une économie très notable de matériaux, économie dont la nécessité est aujourd'hui plus urgente que jamais.

Les grands barrages en maçonnerie construits jusqu'ici furent la plupart considérés pour le calcul comme « murs ». Le procédé consiste à détacher dans la région la plus élevée de l'ouvrage une lame verticale que l'on examine indépendamment des lames voisines généralement différentes. Ce calcul est assez sommaire et se borne à déterminer les fatigues produites par la poussée des eaux et le poids propre du mur. L'influence de la liaison des diverses lames verticales, l'influence de l'encastrement latéral ainsi que l'effet des variations de température ne sont en général pas examinés en détail.

Si la vallée dans laquelle le barrage est implanté est étroite, celui-ci s'appuie sur tout son pourtour, tant hori-

zontalement que verticalement, pour autant que les flancs de la vallée offrent un appui parfaitement rigide. Les poussées des eaux sont transmises en partie au sol des fondations par l'action du mur et en partie aux appuis latéraux par l'action des éléments horizontaux qui sont généralement des arcs. Les éléments « murs » et « arcs » se partagent les poussées en raison directe de leur rigidité. Dès que la gorge est très étroite par rapport à la hauteur du barrage, les arcs deviennent les éléments essentiels et sont soulagés par l'action du mur.

Inversément, si le barrage est très long, c'est surtout l'action du mur qui entre en jeu et il est alors tout indiqué d'assimiler pour le calcul le barrage à un mur libre et de ne considérer le soulagement par l'encastrement latéral que comme excès de sécurité, ce soulagement ne pouvant pas être très considérable.

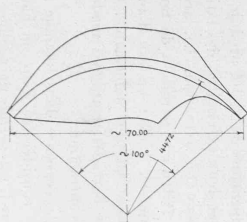
Un mur en maçonnerie rectiligne soumis à la flexion tant horizontalement que verticalement travaille beaucoup moins avantageusement qu'un arc soumis essentiellement à la compression. On est ainsi naturellement conduit à renforcer l'action des éléments horizontaux en leur donnant une forme incurvée. C'est ce qui a eu lieu effectivement pour presque tous les barrages qui sont légèrement arqués. Cette forme arquée devait également avoir pour but de rendre l'ouvrage moins sensible aux variations de température et au retrait du ciment. Mais en réalité une légère incurvation n'a pas l'effet que l'on attendait et il paraît préférable pour la construction de maintenir les barrages de gravitation rectilignes.

Un mur plan ou très légèrement incurvé est un ouvrage très rigide qui ne possède pas les qualités d'élasticité d'un arc. Une variation de température de  $\pm 10^{\circ}$  produit dans un mur plan encastré à ses deux extrémités, des fatigues de 24 kg/cm<sup>2</sup>, compression ou extension. Un arc au contraire est soumis, du fait d'une variation de température à la flexion composée. L'effet en est d'autant moins défavorable que l'arc est plus déformable. C'est pour cette raison que les barrages rectilignes modernes sont munis de joints de contraction.

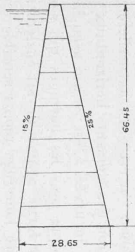
Si l'action des arcs est accessoire dans un mur long, elle devient au contraire considérable dans un barrage court. Dans le premier cas il est permis de négliger l'action des arcs parce que ceux-ci, en diminuant les poussées sur le mur ramènent la ligne des pressions de ce dernier

**Pathfinderdam (Ludin)**

1905 - 1910

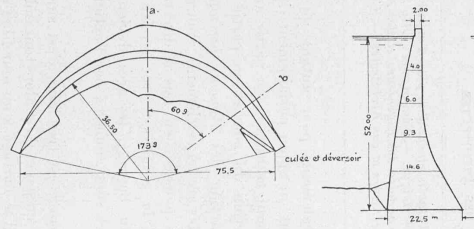


Le Shoshone dam est du même type



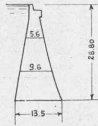
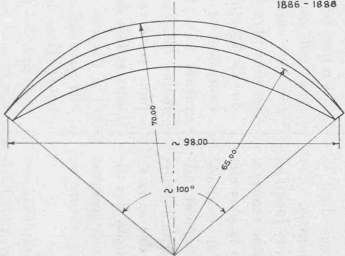
**Barrage de la Jogne**

1920



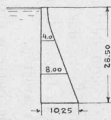
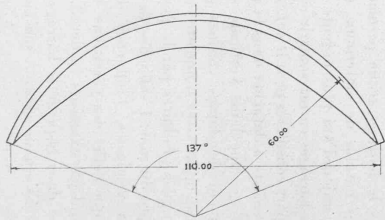
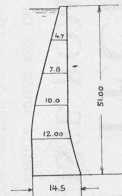
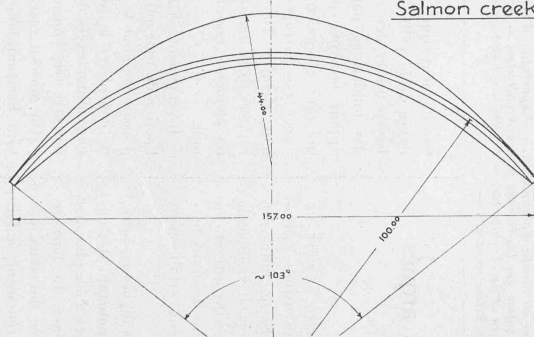
**Sweetwaterdam (Ziegler)**

1886 - 1888



**Salmon creek dam**

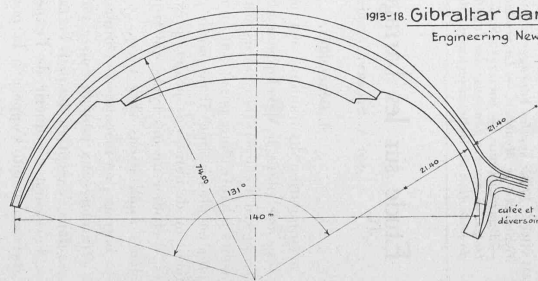
Canadian Engineer  
juin 1918



**Barossadam**

1899-1903

(Eng. News - Record, Sept. 1905)



**1913-18 Gibraltar dam (Santa Barbara, Cal.)**

Engineering News - Record, Mai 1920.

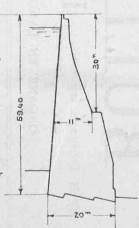
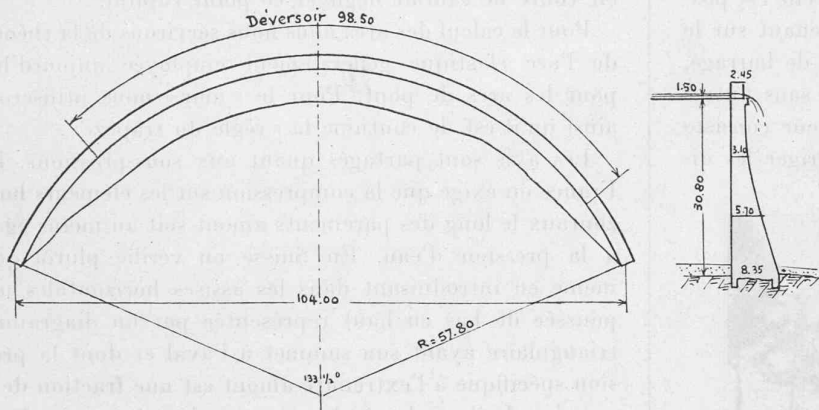


Fig. 1. — Quelques exemples de barrages arqués de grandes dimensions. — Echelle 1 : 1500.

ÉTUDE SUR LES BARRAGES ARQUÉS

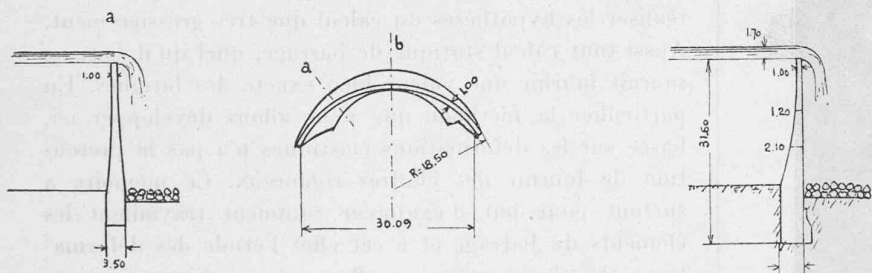
**Thin - Arch Dam** (Engineering News Record)

1919



**Barrage de Amsteg**

1921



**Barrage de la Grande Rhue (Dordogne)**

(Avant-Projet 1921)

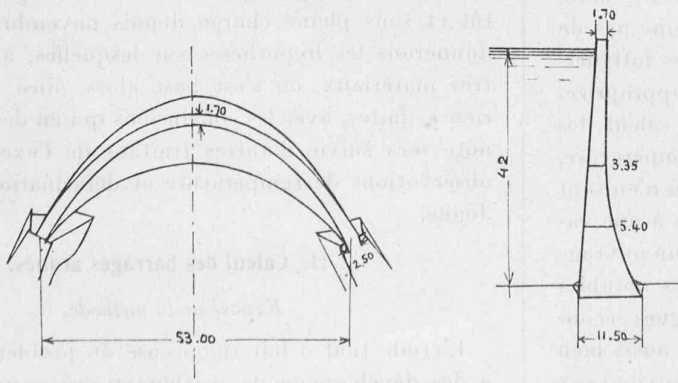


Fig. 1,

Quelques exemples de barrages arqués de grandes dimensions. — 1 : 1 200

vers l'intérieur du noyau et offrent ainsi effectivement un soulagement <sup>1</sup>.

Dans le second cas d'un barrage haut et court, la question est plus complexe. Le mur réduit en effet les poussées sur les arcs. Si cette réduction était constante, le long d'un même arc horizontal, la courbe des pressions de ce dernier resterait la même, les fatigues seraient réduites proportionnellement. Mais en réalité le soulagement des arcs par les sections verticales varie des appuis à la clef. La courbe des pressions peut de ce fait prendre une forme totalement différente et peut, le cas échéant, provoquer des fatigues bien plus défavorables, malgré le soulagement. Pour que celui-ci devienne effectif, il faut adapter les arcs aux poussées réduites qu'ils auront à supporter. On pourra par exemple donner à la ligne médiane la forme de la courbe funiculaire des poussées réduites.

On s'est en général contenté jusqu'ici de calculer les arcs à diverses profondeurs, indépendamment les uns des autres, pour la poussée totale des eaux. Tous les arcs avaient ainsi la forme d'arcs de cercle <sup>2</sup>. M. le Dr Hugo Ritter calcule également les arcs pour la poussée totale <sup>3</sup>. Il examine toutefois la déformation et les fatigues dans un plan vertical médian.

La forme en arc de cercle qui a été généralement admise n'est donc point celle qui convient le mieux dès que l'on ne considère plus le barrage formé par une série d'arcs sans liaison les uns avec les autres. Il faut, comme pour les arcs de ponts, en déterminer la forme convenable dans chaque cas particulier. Suivant la forme générale et les dimensions admises, il se pourra que les arcs doivent différer assez notablement de l'arc de cercle.

Cette forme compliquée des arcs ne satisfait certes pas le constructeur. La simplicité est une des qualités essen-

<sup>1</sup> La partie supérieure du barrage, où la poussée des eaux est nulle, n'est soumise, si on ne considère que le mur, à aucun moment de renversement. En réalité, le couronnement du mur, entraîné vers l'aval par la déformation des régions inférieures, est retenu à sa place par la rigidité de l'arc supérieur et subit de ce fait une poussée vers l'amont. Exception faite de ce point, l'action des arcs sur le mur est un soulagement.

<sup>2</sup> Prof. Mörsch : « Schweiz. Bauzeitung », 2 mai 1908. — Baurat Ziegler : « Beton und Eisen », 1917.

<sup>3</sup> Dr. Hugo Ritter : « Die Berechnung von Bogenförmigen Stammauern », Lang, Karlsruhe 1913

tielles de tout ouvrage d'art. Nous verrons par la suite qu'effectivement tout écart de l'arc de cercle dû à un soulagement inégal des arcs par les murs est un défaut et présente des inconvénients. On peut se demander dès lors s'il n'est pas possible d'éviter ce défaut par une disposition appropriée de barrage. Nous verrons au cours de ce travail si la chose est possible et comment elle est possible. Mais nous tenons à insister dès maintenant sur le fait que si l'arc de cercle est la forme idéale de barrage, on ne peut pas prétendre qu'elle convienne sans autres à toute disposition. Le travail du constructeur consiste justement à choisir les proportions et à corriger les di-

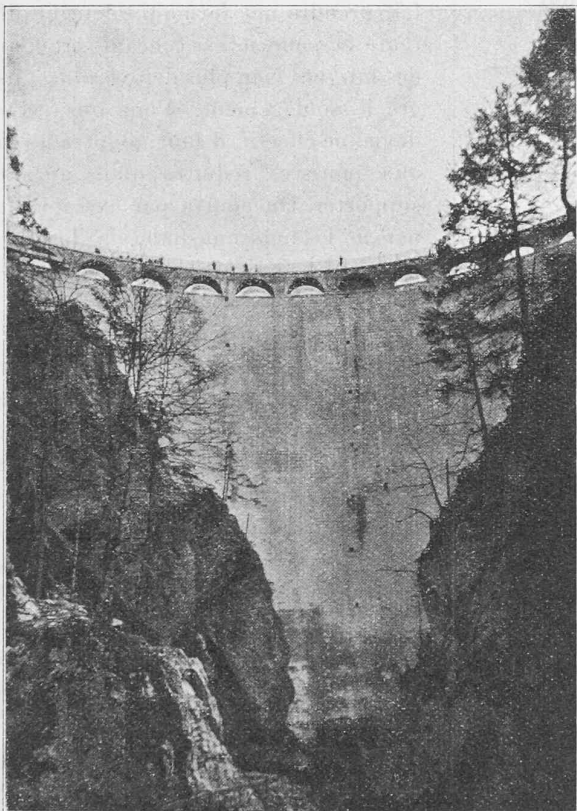


Fig. 2. — Le barrage de la Jogne

mensions jusqu'à ce que le soulagement par les murs soit aussi uniforme que possible. Il ne suffit donc pas de dessiner un barrage et d'en calculer ensuite les fatigues. Il faut en construire soigneusement la forme appropriée.

Si l'on a presque toujours négligé dans le calcul des barrages plans les effets d'une variation de température, ainsi que les effets du retrait du ciment, ceux-ci n'en sont pas moins très considérables. Les fatigues dues à une variation de température, telle que peut la subir un ouvrage de ces dimensions sont généralement bien plus notables que celles dues aux poussées des eaux. Ces fatigues secondaires de température se présentent d'ailleurs aussi bien dans les sections verticales que dans les arcs horizontaux parce que le raccourcissement ou l'allongement des arcs entraîne une déformation des sections verticales. Si le calcul par les méthodes usuelles d'un barrage-plan

donne des efforts de compression de 10 à 15 kg./cm<sup>2</sup> au maximum et point d'efforts d'extension, les efforts effectifs, température comprise, en sont généralement notablement supérieurs. C'est d'ailleurs bien en prévision de ces efforts secondaires que la limite des fatigues a toujours été admise si basse. Le calcul complet d'un barrage en voûte ne saurait négliger ce point capital.

Pour le calcul des arcs nous nous servirons de la théorie de l'arc élastique généralement employée aujourd'hui pour les arcs de pont. Pour le « mur » nous utiliserons ainsi qu'il est de coutume la « règle du trapèze ».

Les avis sont partagés quant aux sous-pressions. En France on exige que la compression sur les éléments horizontaux le long des parements amont soit au moins égale à la pression d'eau. En Suisse on vérifie plutôt que, même en introduisant dans les assises horizontales une poussée de bas en haut représentée par un diagramme triangulaire ayant son sommet à l'aval et dont la pression spécifique à l'extrémité amont est une fraction de la pression de l'eau, la résultante reste dans le noyau. Nous reviendrons sur cette question dans l'application du calcul.

Nous tenons encore à relever ici que quoi qu'on fasse, les dimensions du barrage, les matériaux employés, les méthodes de construction, ne permettront jamais de réaliser les hypothèses du calcul que très grossièrement. Aussi tout calcul statique de barrage, quel qu'il soit, ne saurait fournir une valeur bien exacte des fatigues. En particulier la méthode que nous allons développer ici, basée sur les déformations élastiques n'a pas la prétention de fournir des chiffres rigoureux. Ce mémoire a surtout pour but d'examiner comment travaillent les éléments du barrage et à cet effet l'étude des déformations élastiques est un excellent moyen d'investigation.

Ce qui importera donc avant tout dans le calcul qui va suivre ce ne seront pas tant les formules plus ou moins rigoureuses et les chiffres auxquels nous serons conduits que quelques résultats généraux qui s'imposent. La méthode développée ici fut adoptée en 1918 par le bureau technique *H. E. Gruner*, à Bâle, avec la collaboration de M. le professeur *Rohn*, Zurich, pour les calculs du barrage de la Jogne, qui est en service depuis un an bientôt et sous pleine charge depuis novembre 1921. Nous donnerons les hypothèses sur lesquelles, à défaut d'autres matériaux, on s'est basé alors, ainsi que les expériences faites, avec les conclusions qui en découlent. Cette note sera suivie d'autres traitant de l'exécution et des observations de température et déformations faites à la Jogne.

## II. Calcul des barrages arqués.

### *Exposé de la méthode.*

L'étude tout à fait rigoureuse du problème conduirait à des développements mathématiques compliqués et ne saurait fournir une méthode simple et pratique. Si nous voulons arriver à un résultat utile, il faut nous en tenir à une méthode approximative. Cela est justifié aussi par

le fait que soit les dimensions de l'ouvrage, soit les matériaux employés ne permettront jamais de réaliser très exactement les hypothèses du calcul.

Nous considérons une série d'arcs horizontaux de un mètre de hauteur et une série d'éléments verticaux que nous appellerons « murs » de un mètre de largeur. Nous obtenons ainsi deux systèmes qui vont se partager la poussée des eaux dans la mesure de leur rigidité. La part qui revient à chacun des deux systèmes « arcs » et « murs » se détermine au moyen des conditions d'élasticité de l'ouvrage: il faut que les déformations du système « arcs » coïncident exactement avec les déformations aux points correspondants du système « murs ». Cette condition nous donne six équations de coïncidence par point considéré.

Soit un élément d'arc de longueur  $ds$  dont nous appellerons le centre de gravité  $m$ , l'élément correspondant du mur est désigné par  $m'$ . Le mouvement de déformation d'un point  $m$  est rapporté à 3 axes de coordonnées, l'un normal, les deux autres tangents à la surface du barrage en  $m$ . L'élément  $m$  prendra après la déformation une position nouvelle définie par rapport à l'ancienne par la distance  $\delta m$  dont les trois composantes sont  $\delta_{mn}$ ,  $\delta_{mt}$  et  $\delta_{mv}$ . Nous faisons abstraction du mouvement vertical  $\delta_{mv}$  parce que nous ne considérons le barrage qu'à partir du moment où l'écrasement dû au poids propre a déjà pu s'opérer. La composante verticale du mouvement provenant de la flexion des murs est d'un ordre de grandeur inférieur aux déplacements horizontaux et peut par conséquent être négligée.

En effet, si  $s_m$  est la longueur d'un élément vertical d'un des murs soumis à la flexion, le déplacement horizontal du point  $m$  est  $\delta_{hor} = s_m \cdot \sin \varphi_m$ .

La composante verticale du déplacement de  $m$  est par contre :

$$\delta_{vert} = s_m \sin \varphi_m \tan \frac{\varphi_m}{2} \approx s_m 2 \sin^2 \frac{\varphi_m}{2}$$

La nouvelle position de l'élément (fig. 3) est encore définie par le changement de direction que subit le plan tangent à la surface du barrage, par rapport aux trois axes.

Pour que l'élément  $m'$  du mur correspondant à  $m$  de l'arc se superpose exactement à ce dernier après la déformation, il faut que  $\delta_{mn} = \delta_{m'n'}$ ,  $\delta_{mt} = \delta_{m't'}$  et que les trois changements de direction coïncident.

Etant donné les poussées sur le parement du barrage (poussées que nous supposerons normales puisque nous avons affaire à la poussée des eaux uniquement) il nous faut trouver quelle part de ces poussées agit sur les arcs et quelle part agit sur les murs pour que les déformations ci-dessus coïncident partout. En chaque point  $m$  la poussée donnée est la résultante des poussées partielles sur les deux systèmes dont nous ne connaissons pour l'instant pas même les directions (différentes de la normale) fig. 5. Si nous réussissons à trouver des relations entre les poussées partielles et les déformations correspondantes des arcs et des murs, il nous sera facile d'éta-

blir pour chaque point  $m$  six équations qui permettront de déterminer les trois composantes des poussées ainsi que trois moments de torsion.

On voit d'emblée que les relations entre les efforts et les angles de torsion seront très compliqués et que si nous voulons arriver à une méthode de calcul pratique, il faut renoncer à tenir compte de l'influence de la torsion. Il resterait ainsi trois conditions dont l'une,  $\delta_{mv} = \delta'_{mv}$ , est négligeable.

Soit en un point  $m$  la poussée partielle sur les arcs  $p_{arc}$  et la poussée partielle sur les murs  $p_{mur}$ . Chacun des  $p$  partiels se décompose à son tour en deux composantes normale et tangentielle dont nous pouvons examiner séparément les influences. (Fig. 5.)

A cet effet il nous faut établir des relations  $f(p)$  entre les poussées normales et les déplacements  $\delta_{mn}$  et  $\delta_{mt}$  des arcs et les déplacements  $\delta'_{mn}$  des murs d'une part et entre

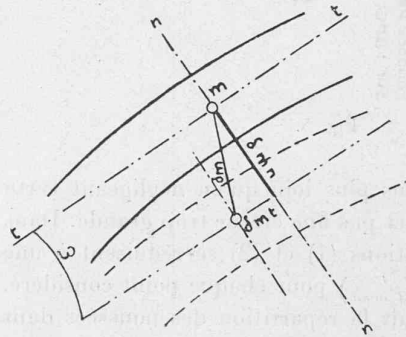


Fig. 3.

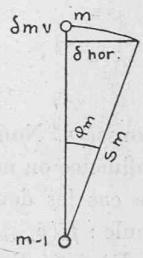


Fig. 4.

les poussées tangentielles et les  $\delta_{mn}$  et  $\delta_{mt}$  des arcs, ainsi que  $\delta'_{mt}$  des murs d'autre part.

Nous obtenons ainsi pour chaque point  $m$  quatre équations :

- (1)  $f_n(p_{norm}) + f_n(p_{tang}) = f'_n(p'_{norm})$  (concordance des déplacements normaux  $\delta_{mn}$ ).
- (2)  $f_t(p_{tang}) + f_t(p_{norm}) = f'_t(p'_{tang})$  (concordance des déplacements tangentiels  $\delta_{mt}$ ).
- (3)  $p_{tang} = p'_{tang}$
- (4)  $p_{norm} + p'_{norm} = p_{total}$

Ces quatre équations qui se réduisent immédiatement à deux permettent de calculer les poussées partielles et partant les fatigues et les déformations en tous les points  $m$ . Nous donnons par la suite le moyen de calculer les relations  $f(p)$  pour le cas des poussées normales au moyen des épures de déformations.

Ce calcul se simplifie énormément pour les poussées normales agissant sur les arcs parce que, comme nous le verrons plus loin, les poussées normales ne provoquent dans l'arc qu'une seule force hyperstatique  $\Delta x$  agissant parallèlement à la corde. Dans le cas de poussées tangentielles, il faut faire intervenir les trois grandeurs hyperstatiques; le calcul est plus long mais le principe reste

identique. Pour les murs, le calcul est le même dans les deux cas des poussées normales et tangentielles.

Pour arriver à une méthode de calcul pratiquement utilisable, il vaut mieux négliger également l'influence des déformations tangentielles sur la répartition des

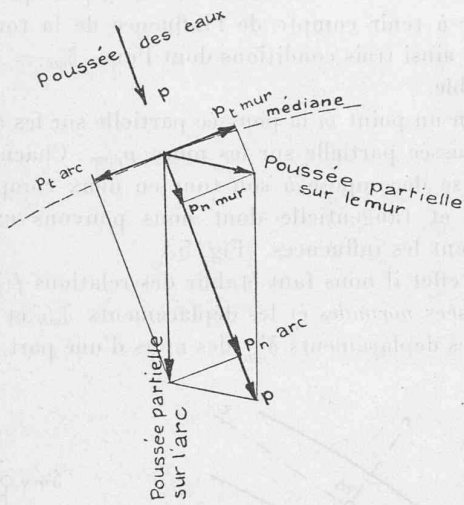


Fig. 5.

poussées. Nous verrons plus loin qu'en négligeant cette influence on ne commet pas une erreur trop grande. Dans ce cas les deux équations (1) et (2) se réduisent à une seule :  $f_n(p_{norm}) = f'_n(p'_{norm})$  pour chaque point considéré.

Dès que l'on connaît la répartition des poussées dans une série de sections verticales, on en déduit les poussées véritables sur chacun des arcs. Les polygones funiculaires de ces poussées deviennent les lignes médianes. On peut ensuite passer au calcul des fatigues.

Les variations de température se manifestent dans les arcs d'une manière analogue aux poussées de l'eau. Ils entraîneront les murs dans leur déformation. Il en résultera de nouveau une répartition des poussées virtuelles dues à la température sur les deux systèmes arcs et murs.

Supposons la répartition des poussées  $p$  connue dans une section verticale :  $p = p_a + p_m$ . Nous pouvons décomposer les poussées  $p_m$  sur le mur en poussées concentrées  $P_a, P_b$  agissant en  $a, b...$  (Fig. 6.)

Appelons  $\delta_{aa}$  le déplacement horizontal de  $a$  sous une poussée  $P = 1$  en  $a$  et  $\delta_{ab}$  le déplacement de  $a$  pour  $P = 1$  en  $b$ .

Le diagramme des  $p_m$  étant différent pour chaque section verticale, il en résulte que  $p_a$  (poussée sur un même arc) est variable.

Soit :  $\delta_{aR}$  le déplacement dans le plan de la section verticale d'un point  $a$  de l'arc sous la poussée  $p_a$ .

La concordance des déformations des murs et des arcs s'exprime par une série d'équations :

$$\begin{aligned} P_a \delta_{aa} + P_b \delta_{ab} \dots \dots &= \delta_{aR} \\ P_a \delta_{ba} + P_b \delta_{bb} \dots \dots &= \delta_{bR} \end{aligned}$$

On peut établir une série analogue pour chaque « mur ». Ces groupes d'équations ne sont pas indépendants les uns des autres. La résolution directe est trop longue, le

plus simple est de résoudre pour lui seul chaque système correspondant à un mur et de faire les corrections nécessaires ensuite.

Pour étudier l'effet d'une variation de température on procède d'une manière identique avec les poussées virtuelles.

Le calcul statique proprement dit suppose donc la connaissance préalable des coefficients  $\delta_{aa} \dots \delta_{bb}$  et  $\delta_{aR}$ .

Les coefficients  $\delta_{aa}$  ne sont autre chose que les ordonnées des lignes d'influence des déformations des murs sous l'effet des poussées horizontales. Ils peuvent être calculés par exemple au moyen du procédé qui consiste à décomposer le mur en éléments rectilignes courts dont on calcule les déformations respectives. Une épure des déformations donne les déformations de l'ensemble. Le théorème de Mohr sur la ligne élastique est plus compliqué dans l'application à cause des moments d'inertie variables.

Pour déterminer les coefficients de déformation des arcs  $\delta_{aR}$  on peut employer le même procédé. Il faut remarquer que l'on ne connaît pas encore la forme définitive des arcs, forme qui dépend justement du soulagement par les murs. La ligne médiane définitive ne diffère toutefois pas notablement de la première forme admise et l'on peut très bien partir de celle-là.

La détermination des déformations d'un arc exige la connaissance de la grandeur hyperstatique  $\Delta x$ . Nous donnerons plus loin le moyen de calculer  $\Delta x$  ou le coefficient hyperstatique de l'arc «  $k$  » dans le cas particulier qui nous intéresse.

Le calcul général se compose de :

1. Détermination des coefficients de déformation des murs.
2. Calcul des coefficients hyperstatiques des arcs.
3. Calcul des coefficients de déformation des arcs.
4. Répartition des poussées sur les deux systèmes.
5. Calcul des fatigues.

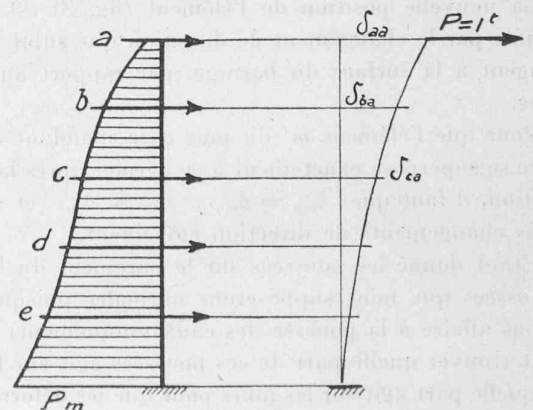


Fig. 6.

L'exemple suivant nous permettra d'exposer le détail du calcul.

La méthode développée ici suppose que le module d'élasticité  $E$  est uniforme, même lorsque les arcs et les murs sont soumis à des efforts de traction. La théorie de

l'arc élastique est d'autant plus rigoureuse que l'arc est plus déformable, mince et fortement surbaissé. Les formules donnant les fatigues et les déformations élastiques des arcs deviennent incertaines dès l'instant où ceux-ci doivent supporter de grands efforts de traction. M. Résal<sup>1</sup> dans sa remarquable étude sur les barrages recommande de n'appliquer les formules générales de l'arc élastique que si le rapport de la flèche de l'arc à son épaisseur est supérieur à 3,75.

Nous aurons l'occasion plus loin d'insister sur la nécessité essentielle de donner aux arcs toute l'élasticité désirable de manière à éviter dans la mesure du possible le travail à l'arrachement. Cette condition peut être remplie facilement pour les arcs supérieurs. A partir d'une certaine profondeur les arcs deviennent souvent trop massifs. Nous avons renoncé à chercher la valeur exacte des déformations des régions massives du barrage. Une telle étude devrait être nécessairement basée sur des conventions plus ou moins arbitraires. Elle devrait tenir compte en particulier des matériaux employés, une maçonnerie proprement dite étant plus sujette aux fissurations que le béton. Les méthodes de bétonnage (interruptions du travail) ne sont pas non plus sans influence sur la déformabilité. Ce sont là tout autant de facteurs qu'une théorie simple ne saurait englober. Etant donnée cette incertitude du calcul, nous avons préféré compléter les diagrammes de répartition des poussées dans les régions basses du barrage par estimation en assignant aux murs la totalité des poussées. Notons en passant qu'une modification des poussées sur le pied des murs n'a que très peu d'influence sur les déformations et partant les fatigues des régions élevées de l'ouvrage.

D'une manière générale, on peut dire que la méthode développée ici trouve surtout son application au calcul des barrages minces et fortement arqués et qui sont de ce fait soumis par la poussée des eaux presque exclusivement à des fatigues de compression. Si on voulait appliquer cette méthode à des arcs trop massifs, il serait facile de tenir compte dans une certaine mesure du fait que les régions soumises à l'arrachement peuvent se fissurer en introduisant dans le calcul des moments d'inertie réduits.

La méthode de M. Résal citée plus haut s'appliquerait au contraire de préférence à des barrages plus massifs dont les arcs sont caractérisés par un rapport de la flèche à l'épaisseur  $e$  inférieur à 3,75. Comme M. H. Ritter, M. Résal examine les déformations dans le plan médian seul. Nous verrons par la suite que la poussée sur les arcs peut éventuellement varier considérablement et que suivant la forme irrégulière d'un profil évasé de vallée, les murs latéraux peuvent supporter une très grande part des poussées. Il est donc prudent d'examiner les déformations non seulement dans le plan médian mais dans les murs latéraux aussi.

(A suivre.)

## Concours d'idées pour l'établissement d'un plan d'avenir de la Commune de Monthey.

### Rapport du Jury.

29 projets ont été déposés dans le délai fixé.

Le jury s'est réuni le 20 juin à Monthey ; sont présents :

MM. Jules COUCHEPIN, ingénieur à Martigny ;

Camille MARTIN, architecte à Genève.

Alphonse LAVERRIÈRE, architecte à Lausanne ;

Maurice TROTET, président de la commune de Monthey ;

Marc RIBORDY, conseiller communal à Monthey.

M. le Dr Bovet empêché est remplacé par M. Jacques Favarger, architecte à Lausanne.

Après une visite des projets exposés et une étude sur place de différents quartiers de la localité, le jury commence ses travaux.

M. C. Martin est nommé président et M. Favarger, rapporteur.

Il est procédé individuellement à un premier examen des projets, après avoir déterminé les points principaux qui serviront de base aux appréciations. Ces points sont les suivants :

1. Liaison des routes de Saint-Maurice et de Collombey par une artère de grande circulation passant entre la gare et la vieille ville.
2. Communications de la ville avec les quartiers situés au nord de la voie ferrée (passages sous voies).
3. Aménagement des abords de la gare du Tram A.-O.-M.
4. Amélioration du débouché des routes de Champéry et de Collombey.
5. Choix d'emplacements pour les édifices demandés au programme et aménagement de la vieille ville.
6. Choix d'emplacements pour : le cimetière, les abattoirs, le four à incinérer les ordures, la place de foire, la place de sports et les bains, la place du marché.
7. La détermination des quartiers d'habitation et des quartiers réservés à l'industrie, ainsi que les propositions pour l'élaboration d'un Règlement du plan d'extension. (Fig. 1).

*Raclette.* — Les auteurs de ce projet ont étudié soigneusement les voies de communication générales qui sont excellentes ; les liaisons du centre aux différents passages sous voies sont également très bonnes. Les tracés des artères sont élégants et variés et permettent la création d'un réseau de tramways desservant d'une manière judicieuse les quartiers éloignés. Les carrefours, par contre, sont généralement mal étudiés et de formes quelconques. Les artères projetées sont trop nombreuses et d'une importance trop égale.

Le débouché de la route de Collombey et de la route d'Illiez est bon. La gare de tramway et ses abords ne sont pas suffisamment étudiés ainsi que les places de sports et de jeux dont l'emplacement est bon, mais qui auraient dû être composées avec plus de soins. Les abattoirs sont bien placés, de même que le four à incinérer les ordures. L'emplacement choisi pour la place de foire est admissible. Cependant il eût été préférable de l'éloigner des habitations.

La prolongation des quais, à côté du Château-Vieux, paraît superflue d'autant plus qu'elle entraîne la disparition d'immeubles importants.

Les zones destinées à l'industrie, devraient être mieux séparées des zones d'habitations.

Ce projet présente des qualités pratiques indiscutables qui auraient pu être développées davantage par une étude plus approfondie et mises en valeur par une présentation plus claire (Fig. 2).

<sup>1</sup> « Annales des Ponts et Chaussées », mars-avril 1919.