Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 64 (1938)

Heft: 18

Artikel: Procédé graphique pour déterminer le régime d'une installation hydroélectrique en deux paliers avec bassins d'accumulation et un affluent intermédiaire

Autor: Closuit, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-49224

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: 15.07.2025

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

d'autant plus facilement qu'il est formé de couches lenticulaires et qu'une de ces lentilles réagit peut-être plus fortement que les autres. Cela créera une zone de moindre résistance, origine du tassement. Le radier travaille anormalement et les charges se déplacent, causant la rupture de la dalle et l'inclinaison du gazomètre. Il n'est pas exclu non plus qu'il y ait un certain entraînement de grains de sable dans les pores des graviers. Il accentue les changements de volume. Le tassement du gazomètre se poursuivra lentement.

Ce qui précède est, on le voit, la réponse aux points 1 et 2 du questionnaire du début. Il fournit les données pour répondre au point N° 3.

(*A suivre.*)

Procédé graphique pour déterminer le régime d'une installation hydroélectrique en deux paliers avec bassins d'accumulation et un affluent intermédiaire

par M. CLOSUIT, ing. dipl. E. P. Z.

Posons d'abord les données de notre problème :

Soient deux centrales C_1 et C_2 situées sur le même cours d'eau et ayant chacune en amont leur bassin d'accumulation, que nous supposons bassins régulateurs journaliers. (Voire épure ci-contre.)

L'eau arrive à la centrale C_1 par tunnel ou canal, et enfin par la conduite forcée. Elle sort de la centrale C_1, utilise la rivière, pour atteindre plus bas le réservoir R_2 alimenté également par un affluent intermédiaire A_2. L'eau passe ensuite à la centrale C_2 et retourne à la rivière.

Supposons, pour simplifier, que le passage de l'eau d'un point à l'autre soit instantané, supposition qui ne change rien au principe, mais qui rendrait illusoire l'application de la méthode, à moins que ces distances ne soient si petites qu'on puisse négliger les temps. Supposons également que les deux affluents A_1 et A_2 aient un débit constant pour un jour déterminé. Notons aussi que A_1 est la rivière à son entrée dans R_1, tandis que A_2 est un affluent qui apporte ses eaux en R_2. Nous connaissons aussi les deux courbes de production de chaque centrale, que nous transformons en m³ absorbés, pour n'avoir pas à nous occuper du coefficient entre kW et m³, qui varie forcément pour chaque centrale.

Etant connu ce qui précède, il est très aisé de déterminer, à chaque instant, le contenu des deux réservoirs.

Pour plus de clarté, nous appellerons *10*, *11*, *12* ... les courbes qui se rapportent à la chute supérieure, et *20*, *21*, *22* ... celles qui se rapportent à l'inférieure.

Décrivons en quelques mots la méthode en question :

Soit un système de coordonnées; en abscisses écrivons les heures à partir d'un temps t_o, en ordonnées positives et négatives les m³. Construisons les deux droites *10* et *20* de part et d'autre de l'axe des x ; elles représentent respectivement les apports constants des 2 affluents A_1 et A_2 durant 24 heures, à partir de t_o.

A partir du o, portons en haut le contenu du réservoir R_1 à l'instant t_o et menons par ce point la droite *11* parallèle à *10*.

Portons en bas le contenu de $R_2(t_o)$ et menons la parallèle *21* à *20*. Nous connaissons les deux courbes *13* et *23* des m³ absorbés par les centrales à partir de t_o. Ces deux courbes peuvent être construites en accumulant heure par heure les consommations en m³ des deux centrales, ou aussi en prenant la production moyenne de a heures (par exemple $a = 4$ heures, et en utilisant alors les polygones *15* et *25* et les courbes *13* et *23* en pointillé fin, qui coïncident avec celles en traits forts chaque 4 heures, si $a = 4$. Ces polygones rappellent ce qu'en statique graphique on dénomme les polygones de forces et polygones funiculaires (voir un article de M. *J. Calame* au « Bulletin technique de la Suisse romande », août 1931).

Les distances verticales entre la courbe 13 et la droite 11 nous donnent à chaque instant le contenu disponible du réservoir R_1.

Si maintenant nous portons à partir de l'axe des x vers le bas les distances d entre *13* et *23*, nous obtenons la courbe *23'*, *et les distances verticales entre 21* et *23* nous donnent *le contenu du réservoir R_2 à chaque instant t.*

Cette dernière courbe peut être aussi construite au moyen du polygone *25*, dont les valeurs sont les différences des consommations des deux centrales aux temps corrélatifs.

Les distances verticales entre les droites *11* et *12*, *21* et *22* étant le contenu total des réservoirs, l'espace compris entre elles représentera le jeu de ces derniers, lesquels seront vides ou pleins selon que les courbes *12* ou *22* seront tangentes à l'une ou l'autre des deux droites citées.

Le procédé ci-dessus repose sur les équations suivantes :

Le contenu du réservoir R_1 à l'instant t est :

$$(1) \qquad R_1(t) = R_1(t_o) + \sum_{t_o}^{t} A_1 \Delta t - \sum_{t_o}^{t} C_1 \Delta t$$

Le contenu du réservoir R_2 à l'instant t est donné par :

$$(2) \quad R_2(t) = R_2(t_o) + \sum_{t_o}^{t} A_2 \Delta t + \underbrace{\sum_{t_o}^{t} C_1 \Delta t - \sum_{t_o}^{t} C_2 \Delta t}_{d},$$

où les lettres ont les significations suivantes :

R_1, R_2 = capacité ou contenu des réservoirs

A_1, A_2 = apports des affluents par seconde

C_1, C_2 = consommations des centrales en m³.

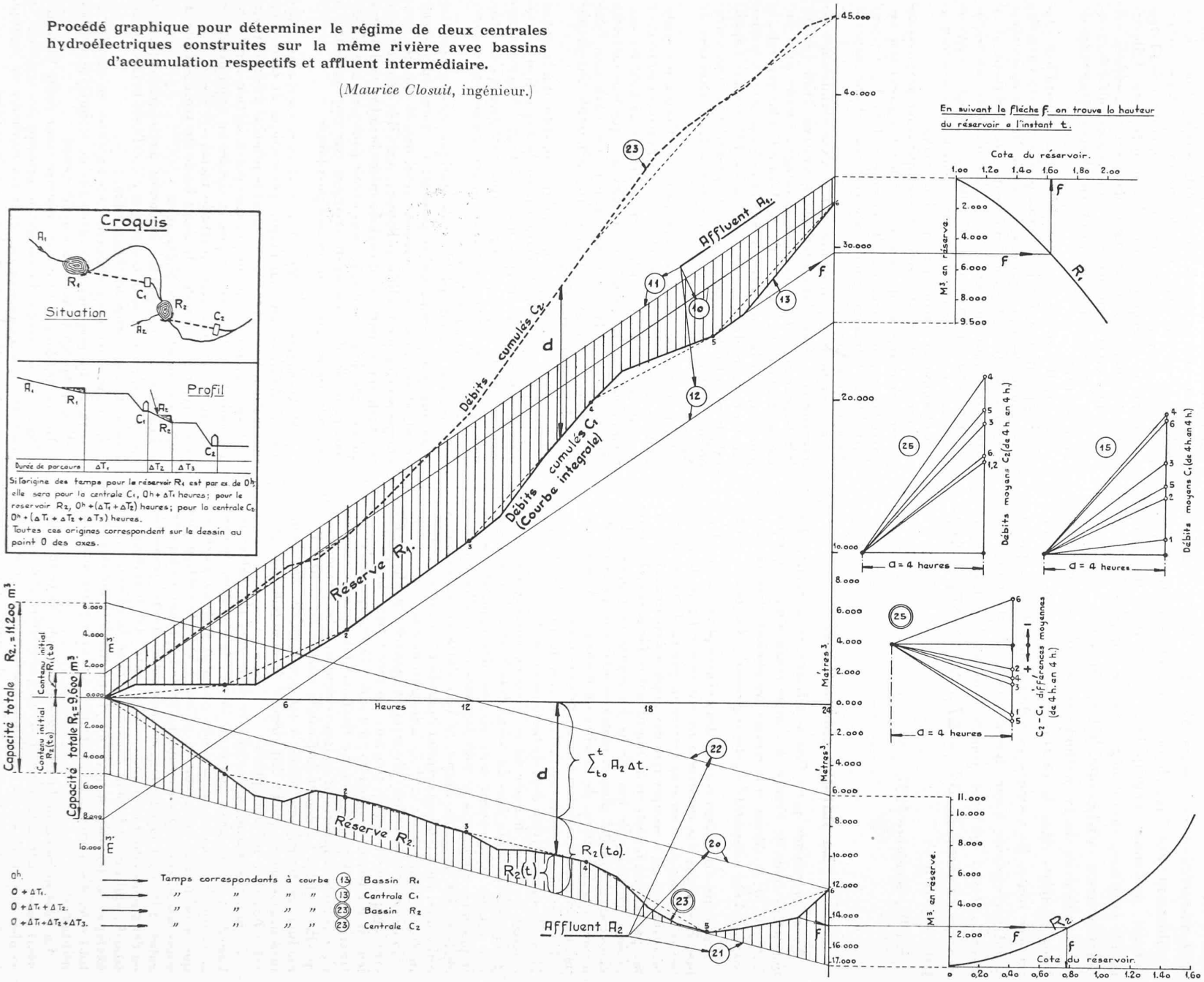
Nous répétons que l'application du procédé exige l'introduction des temps ΔT_1, ΔT_2, ΔT_3 de l'eau pour parcourir les différents chemins qui séparent les réservoirs et les centrales, ce qui constitue non une difficulté, mais un point assez délicat.

Il pourrait être avantageux de travailler avec des kW et kWh au lieu de m³ : s et m³, mais cela exigerait l'introduction d'un rendement m³ : kW qui varie pour chaque centrale.

Le procédé décrit permet d'établir d'avance avec assez

Procédé graphique pour déterminer le régime de deux centrales hydroélectriques construites sur la même rivière avec bassins d'accumulation respectifs et affluent intermédiaire.

(*Maurice Closuit*, ingénieur.)



d'exactitude un programme de production pour chaque centrale, en tirant le plus grand profit possible des deux réservoirs. Une certaine inexactitude découle du fait que les rendements et les valeurs ΔT_1, ΔT_2, ΔT_3 ... varient sensiblement avec les débits ; mais en admettant des valeurs moyennes appropriées, ces erreurs, qui sont tantôt positives, tantôt négatives, se compensent d'une manière assez satisfaisante, le long du jour.

L'application de la méthode est simple et donne de bons résultats dans la pratique, si l'on a soin de commencer toutes les courbes au même point O, bien que ce point corresponde, pour chaque courbe, à un temps différent ; il y a, en effet, quatre échelles de temps décalées des valeurs ΔT_1; $\Delta T_1 + \Delta T_2$; $\Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3$; par rapport à O.

Séville, décembre 1937.

La statique cinématique.

Nous empruntons aux « Procès-verbaux » de la Société des ingénieurs civils de France, *le compte rendu d'une conférence faite par M.* A. Moser *et le résumé des commentaires qu'elle a inspirés à son président, l'illustre ingénieur* A. Caquot. — Réd.

Aux côtés du brillant cortège des sciences physiques modernes, la statique des constructions fait encore figure de cavalier seul : mais dans un sens nettement péjoratif. Sa tendance héréditaire à ne s'occuper que des applications immédiates a fini par lui être funeste en lui imprimant ce faciès franchement géologique et fossile qui effraie les jeunes et repousse les aînés : amas stratifié, plus ou moins ennuyeux de procédés, de formules rébarbatives, de tabelles ou d'abaques, à peine capable d'intéresser sérieusement ses propres usagers.

Un des plus grands mathématiciens de tous les temps, Henri Poincaré, avait déjà distinctement prédit ce pitoyable résultat au début de notre siècle. Voici en quels termes catégoriques il l'annonce dans *La valeur de la Science :* « D'ailleurs, une science uniquement faite en vue des applications est impossible ; les vérités ne sont fécondes que si elles sont enchaînées les unes aux autres. Si l'on s'attache seulement à celles dont on attend un résultat immédiat, les anneaux intermédiaires manqueront et il n'y aura plus de chaîne ».

Pour devenir la science physique et naturelle qu'elle devait être logiquement, depuis toujours, au même titre que la chaleur, la lumière ou l'électricité, il a suffi à la statique des constructions d'adopter le dogme fondamental de ces sciences, c'est-à-dire de rapporter à un mouvement tous les phénomènes qu'elle englobe. Ce dogme la féconda comme ses sœurs ; il la modifia, la transfigura même à tel point qu'elle en devint méconnaissable et qu'elle dut changer de nom pour souligner cette heureuse métamorphose.

La nouvelle science ainsi délivrée de la dure chrysalide qui l'étouffait depuis trois quarts de siècle : la statique cinématique, qui ramène le calcul d'une grandeur statique quelconque à celui d'un mouvement, se range sans hésitation aux côtés des autres sciences naturelles et de la physique en particulier. Elle peut et elle doit, comme celles-ci, être présentée en deux temps dont le premier est qualitatif et le second quantitatif ; elle est également capable, comme la physique, par exemple, de féconder à nouveau, d'une manière intéressante toutes les disciplines mathématiques, des plus pures aux plus utilitaires.

La mise au point de la statique cinématique a été relativement facile, mais interminable. Pour l'accomplir, il a suffi de se plier aux deux seules conditions nécessaires et suffisantes. La première de ces conditions était de partir du principe d'équilibre le plus général, de celui auquel peuvent se ramener tous les autres, de celui enfin dont on parle toujours et qu'on n'applique jamais, et la seconde, d'adopter sagement cet enthousiasme simple, naïf et juvénile sans lequel il est absolument impossible d'entreprendre et de mener à bien une œuvre durable quelconque.

Ce principe n'est ni nouveau, ni peu connu ; il est même à la portée de chacun depuis plus de deux siècles et le moindre bachelier le sait par cœur : c'est le *principe des vitesses virtuelles ;* Aristote, au IVe siècle avant notre ère, le pressentait déjà en écrivant sa mécanique dans la langue d'Homère ; l'illustre Galilée l'appliqua instinctivement dans ses mémorables calculs, mais c'est à Jean Bernoulli, l'ombrageux, qu'il était réservé de l'exprimer distinctement, en pleine connaissance de cause, en 1717.

La nouvelle science que nous présentons aujourd'hui, première application intégrale du principe des vitesses virtuelles à la statique des constructions, est le résultat de la synthèse définitive de trois doctrines différentes qui s'étayent et se parachèvent mutuellement, grâce à une méthode rationnelle qu'on pourrait et qu'on devrait qualifier « d'approximations successives », si ce vocable n'avait pas déjà reçu la signification classique et particulière que l'on connaît.

La première de ces doctrines : la statique cinématique *sensu proprio* est purement qualitative et fournit, en première approximation sans aucun calcul, au moyen d'un déplacement virtuel facile à imaginer, la surface d'influence d'une grandeur statique quelconque.

La seconde de ces doctrines : « L'analyse statairique » est quantitative ; c'est l'enfant terrible du système ! Elle déborde très largement et d'une manière avantageuse notre sujet lui-même et constitue, à elle seule, la théorie la plus générale, la plus simple et la plus pratique de toutes les poutres à section constante entre deux appuis consécutifs. Elle permet l'application et l'utilisation intégrale de la propriété la plus extraordinaire et la moins connue des merveilleux bâtonnets de Néper.

La troisième et dernière doctrine : « La théorie des plans siamois et des plans en chapelet » est qualitative-quantitative et couronne l'ensemble. Elle permet l'étude de tous les systèmes inaccessibles à l'analyse statairique : que leur matériau obéisse à la loi de Hooke ou non. Elle permet également l'emploi rationnel et systématique de l'admirable intégraphe Abdank-Abakanowicz-Coradi.

En résumé, la statique cinématique constitue un nouveau et puissant moyen d'investigation mis à la disposition de l'ingénieur-constructeur, moyen qui a d'abord l'énorme avantage de fournir, à quelque degré d'approximation qu'on l'emploie, des images vivantes, concrètes, que nul ne peut oublier, dès qu'il en a compris le sens.

Le champ d'application de la statique cinématique est beaucoup plus étendu qu'on pourrait le croire au premier abord. Il embrasse non seulement celui que la statique graphique revendique traditionnellement, mais il le déborde avec succès de toutes parts, et il englobe même le nouveau domaine qu'on a attribué, par erreur, sans savoir pourquoi, à la photo-élasticimétrie, dont on avait vraiment par trop surestimé à l'avance, les maigres et onéreuses possibilités.

M. le président. — Mes chers Collègues, vous n'avez pas manqué d'être séduits par l'esprit géométrique de cette communication. Vous avez vu comment le principe du travail virtuel, en supposant le corps prismatique, à section constante, a permis des définitions simples et fertiles en application. On pourrait généraliser cette méthode même s'il s'agit de poutres à sections variables. Il serait facile de tenir compte de tous les éléments de la déformation.

Les théories mécaniques modernes deviennent tellement complexes que nous sommes obligés d'améliorer la façon d'envisager la conception mathématique.

C'est ainsi que nous utilisons constamment, en matière de résistance des matériaux, les principes de réciprocité de Maxwell, sous la dépendance du travail virtuel.

De même, dans la physique moderne pour écrire plus simplement, nous avons dû imager le principe des tenseurs. La géométrie que nous propose, dans ses méthodes de statique cinématique, M. Moser, procède des mêmes idées.