

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

**Band:** 44 (1918)

**Heft:** 26

**Artikel:** Sur les données actuelles en matière de construction d'usines hydro-électriques

**Autor:** Eydoux, Denis / Schoulepnikow, N. de

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-34070>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.04.2025

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

cassés, on ne peut distinguer que difficilement la démarcation entre la partie dammée de l'élément et la partie coulée de la nervure. Les particules du ciment coulé pénètrent dans les pores du ciment dammé formant ainsi un amalgame parfait.

2. La fissuration est normale, aucune fissure de glissement ou de traction diagonale n'a pu être relevée. Par contre, certaines fentes importantes, voir fig. 10 et 11,

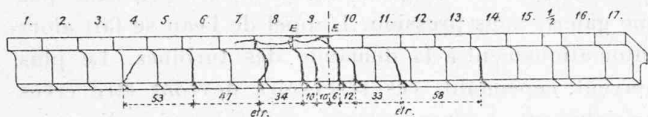


Fig. 10.

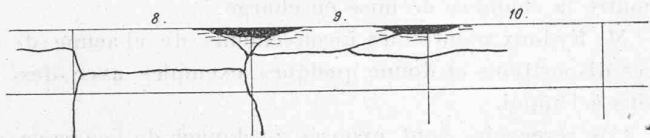


Fig. 11.

se sont intercalées entre les joints dans le corps même des briques, confirmant ce que nous disons au sujet de la solidarisation des éléments entre eux. La rupture a été marquée par un écaillage de la chape au droit de deux joints médians, voir fig. 12.

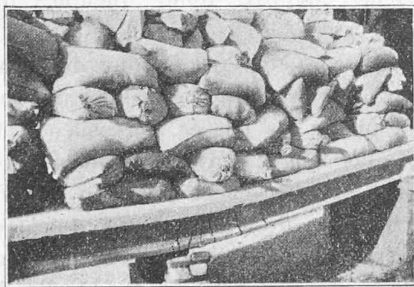


Fig. 12.

3. La valeur du module d'élasticité atteint 179,000 kg./cm<sup>2</sup>, chiffre assez élevé et vraiment satisfaisant. Ce résultat provient d'une part de l'âge des bétons, 50 jours pour les plus jeunes, 90 jours vraisemblablement pour les plus âgés. Le fait d'un moulage sec des éléments Mixedstone explique également leur indéformabilité relative.

4. La flexibilité constatée du plancher est faible, cela résulte de la valeur atteinte par le module d'élasticité et de la hauteur même de la construction relativement élevée par rapport à la portée libre entre appuis.

5. Le mode de calcul à préconiser pour la construction complexe est évidemment celui du béton armé monolithique. La bonne valeur du module d'élasticité montre, comme l'essai de cassure, une forte homogénéité qui se traduit par l'incorporation du profil complet dans les calculs, sans distinction entre plaques et formes moulées d'avance ou béton coulé entre nervures ou en chapes.

6. La charge de rupture s'est élevée exactement à 4 fois la charge normale totale, poids mort compris, l'indépendance des chargements étant restée assurée jusqu'au moment des grandes déformations.

En résumé les essais ont démontré que les planchers construits suivant les procédés Mixedstone, se comportent de la même manière que du béton armé monolithique ordinaire, coulé d'une fois entre coffrages.

## Sur les données actuelles en matière de construction d'usines hydro-électriques,

par DENIS EYDOUX,

Ingénieur des Ponts et Chaussées,  
Ingénieur principal de la Voie, chargé du service des études  
et travaux des usines hydro-électriques  
à la Compagnie des chemins de fer du Midi.

Nous trouvons sous la plume autorisée de M. Eydoux un remarquable exposé des idées actuelles sur la construction d'usines hydro-électriques. Nous croyons intéresser les lecteurs du *Bulletin technique* en leur donnant ici un court résumé de ce mémoire, dont la première partie vient de paraître dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, volume IV de 1918.

La question est, en effet, d'une haute actualité. Le prix des combustibles de toute espèce ayant augmenté dans des proportions considérables, l'attention devait être de plus en plus attirée sur l'aménagement des chutes d'eau, en vue de la production de l'énergie.

Le premier chapitre donne des considérations générales sur l'établissement des usines hydrauliques. L'auteur montre, tout d'abord, l'importance qu'il y a à prévoir l'aménagement des chutes d'une région donnée suivant un plan d'ensemble, de manière à produire le maximum d'énergie avec le plus petit nombre d'usines. L'exemple de l'installation récente de l'usine de Soulom sur le gave de Cauterets démontre la perte d'énergie qui résulte de la présence d'une usine pré-existante, installée rationnellement autrefois sur une section à forte pente du torrent.

Cette question conduit tout naturellement à déterminer l'importance des chutes à réaliser. L'auteur indique deux moyens d'utilisation avec croquis à l'appui. Il conseille d'installer des usines en échelons, de couper une chute dès que le bassin versant subit un accroissement important, en particulier chaque fois qu'un fort affluent vient se jeter dans le cours d'eau principal, afin de reprendre dans une nouvelle usine le débit de cet affluent.

Ces considérations ne s'appliquent que partiellement aux usines à faibles chutes, établies sur de grands fleuves et M. Eydoux montre en détail les difficultés auxquelles on se heurte dans ce cas. Il cite, comme excellents exemples d'aménagements de ce genre, les usines existantes, en construction ou en projet sur le Rhône,

entré Genève et Génissiat et sur le Rhin en amont de Bâle.

L'auteur passe ensuite aux usines sur lacs-réservoirs, remplaçant, pour un ensemble d'usines hydrauliques, les machines thermiques de secours. On peut classer, au point de vue de leur marche, les usines en deux catégories principales; les unes alimentent des réseaux d'éclairage, de traction ou de force motrice, les autres fournissent l'énergie d'usines électro-chimiques ou métallurgiques. Les premières ont à faire face à des besoins définis sans aucune relation avec le débit naturel du cours d'eau; les secondes, au contraire, peuvent suivre, dans une certaine mesure, les variations de ce débit et forcer plus ou moins la fabrication de leurs produits suivant l'énergie que l'on peut produire.

Il sera toujours avantageux de régulariser, surtout pour les usines de la première classe, l'énergie dont on pourra disposer dans l'année.

Dans ce but, ces usines sont généralement équipées pour le débit caractéristique moyen avec machines thermiques de secours qui ne seront utilisées qu'une partie de l'année. Si l'on peut créer un réservoir de haute montagne, il pourra être plus profitable de construire une installation utilisant les eaux de ce lac et remplissant le rôle d'usine de secours pour les périodes d'étiage de celles situées en aval. Nous en voyons autour de nous plusieurs exemples (usines de Fully, de la Löntsch, de la Jogne, etc.). Cette régularisation ne pourra d'ailleurs pas toujours s'effectuer pour des usines de faible chute et de gros débit, à cause de la trop grande capacité du réservoir annuel qu'il faudrait créer.

Les usines de la première catégorie présentent, en outre, des variations énormes de charge dans le courant de la journée; de là la nécessité de créer des réservoirs journaliers, permettant de répartir leur puissance moyenne, selon les besoins, aux diverses heures de la journée, en un mot de franchir les pointes de leurs courbes de charge.

Le chapitre se termine par l'exemple instructif avec croquis du projet d'aménagement hydraulique complet de la vallée de la Neste dans les Pyrénées, permettant d'équiper une puissance moyenne continue de 66 400 kw.

Le deuxième chapitre est intitulé: « Constitution des réserves ».

L'auteur traite d'abord la question des réservoirs annuels. Ces réservoirs ne pourront être que rarement des lacs naturels; presque toujours il faudra avoir recours à un barrage pour augmenter leur capacité ou même pour les créer. Ces barrages devront en général être construits à de hautes altitudes; l'accès des matériaux sera souvent difficile et on n'y trouve que rarement les terres argilo-sableuses, nécessaires à la construction d'une digue du style classique. On doit alors se contenter de matériaux perméables, mélange de sables et graviers, provenant de couloirs d'éboulis ou d'avalanches. Dans ces conditions, on pourra être amené à adopter un type de digue analogue à celle du lac

d'Orédon. M. Eydoux montre, à ce propos, comment ce type, déjà ancien, a pu être réparé et perfectionné sur ses conseils et donne plusieurs projets améliorés pour une digue de trente-trois mètres de hauteur, étudiée sous sa direction.

L'auteur passe ensuite aux réservoirs journaliers, qui pourront, dans certains cas particuliers, se confondre avec les réservoirs annuels, par exemple lorsque le canal d'aménée, de longueur modérée, est constitué par une galerie sous pression. L'appel de l'eau se fait alors automatiquement à la demande des turbines. Le plus souvent, cependant, ces réservoirs devront être créés spécialement et seront placés, soit à la prise d'eau ou sur le parcours du canal d'aménée, soit, si possible, contre la chambre de mise en charge.

M. Eydoux montre les inconvénients de chacune de ces dispositions et donne quelques exemples avec dessins à l'appui.

Ces réservoirs sont exposés au danger de l'enlèvement par les apports solides des cours d'eau. L'auteur en donne des exemples et montre les dispositions à prendre pour combattre ce danger. Deux dessins complets d'installations projetées complètent cet exposé.

Le chapitre se termine par la description des dispositifs de rupture de charge dans les lacs et réservoirs et du jaugeage des quantités d'eau prélevées.

Le troisième chapitre donne quelques dispositions spéciales des usines.

Les installations employées pour débarrasser l'eau des sables et graviers sont suffisamment connues pour que l'auteur puisse les passer sous silence. Il s'arrête, par contre, plus longuement sur le défeuillage ou évacuation des corps plus légers que l'eau. M. Eydoux recommande l'emploi de grilles horizontales, composées de tôles perforées, un jeu de vannes permettant de renverser le sens du courant et de décoller les feuilles et autres matières légères qui s'appliquent sur la grille. Il donne, comme exemple, les plans de la chambre de décantation de l'usine de Soulom.

Rappelons que ce type de grilles a été appliqué depuis longtemps déjà par M. Boucher dans plusieurs installations et notamment à la prise d'eau sur la Drance, près Martigny (*Bulletin technique*, 1910).

M. Eydoux émet avec raison l'idée qu'il serait préférable de faire passer normalement l'eau de bas en haut à travers la tôle perforée, principe appliqué à la chambre de défeuillage en construction de l'usine de Borders-Louron, dont il donne le dessin. Cette idée avait déjà été employée avec succès par M. René Koechlin, ingénieur à Bâle (Dessableur de l'usine de Flaminsell, volume II des *Annales suisses d'hydrographie*).

Le chapitre se termine par la description de quelques appareils automatiques d'arrêt en cas d'accident: appareil à siphon de MM. Bouchayer et Viallet, appliqué à l'usine de Soulom, avec plans de la chambre de mise en charge de cette usine et appareil à fonctionnement mécanique de la maison Picard, Pictet & Cie.

Le quatrième chapitre se rapporte aux conduites forcées.

L'auteur énumère les efforts qu'elles doivent supporter, rappelle les principales théories et formules servant au calcul des coups de bélier et montre comment il convient de tenir compte de leur influence. Il passe ensuite à la constitution et aux dispositions diverses des conduites, à leur groupement et à leurs pertes de charge.

Nous espérons recevoir bientôt la suite de ce travail aussi complet qu'instructif et en rendrons compte à nos lecteurs. Nous ne pouvons d'ailleurs qu'engager les ingénieurs, intéressés à ces questions, à lire et à étudier l'article original. Ils y trouveront une mine de renseignements pratiques que nous n'avons pu qu'effleurer, ainsi qu'une collection de croquis et de plans d'installations diverses.

N. DE SCHOULEPNIKOW.

Ingénieur E. C. P.

Professeur à l'École d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

### Un procédé d'amélioration des rails de chemins de fer et des bandages de roues

Ce procédé consiste dans la substitution de la structure *sorbitique* à la structure ordinaire dite *perlitique* de l'acier des rails et des bandages. Qu'est-ce que ça veut dire? Une comparaison le fera saisir. Abandonnons au refroidissement une solution contenant 25 gr. d'un sel, l'iodure de potassium, par exemple, pour 75 gr. d'eau. A partir d'une certaine température, inférieure à 0°, la glace se sépare. Du fait de ce dépôt de glace la solution liquide s'enrichit en iode et, le refroidissement continuant, arrive un moment où, la température s'étant abaissée à -22°, la solution devenue saturée d'iodure dépose ce sel et le liquide se prend en une masse solide constituée par un conglomérat de cristaux très fins et juxtaposés de glace et d'iodure. Cet agrégat qui se dépose toujours à -22° et dont les constituants glace et iode sont en proportion immuable quelles que soient la concentration initiale de la solution et la vitesse de refroidissement, est appelé mélange *eutectique*.

Transposons cela au cas d'un acier à 0,6 % de carbone, par exemple. A 800°, cet acier est constitué par une solution non plus liquide mais « solide » de carbone dans le fer, le carbone jouant le rôle de l'iodure et le fer celui de l'eau. Refroidissons cette solution « solide » de carbone dans le fer, comme tout à l'heure nous refroidissions la solution liquide d'iodure de potassium dans l'eau : du fer se sépare d'abord comme naguère de la glace, puis, le refroidissement se poursuivant et la température étant tombée à 700° la solution solide se transforme en bloc en un agrégat *eutectoïde* composé de fer et de carbure de fer qui se présente au microscope sous la forme de fines lamelles alternées, d'apparence nacréée d'où le nom de *perlite* donné à ce mélange qui est donc l'analogue du mélange eutectique d'iodure et de glace séparé de la solution liquide. Cette perlite est le constituant normal des aciers ordinaires et, en tant que mélange eutectique, la proportion de ses composants, fer et carbure de fer et sa température de formation sont indépendants de la concentration en carbone et aussi, dans certaines limites, de la vitesse de refroidissement. La vitesse de refroidissement

exerce une influence en ce sens que si elle est suffisamment grande, comme c'est le cas dans la *trempe*, les constituants de l'eutectoïde sont si tenus que la perlite est irrésoluble au microscope en ses éléments; c'est cette variété de perlite qu'on a nommée *sorbitite* et qui confère à l'acier des propriétés, notamment une limite élastique et des qualités de résistance à l'usure et au choc que ne possèdent pas les aciers « perlitiques ».

Il sera donc avantageux de provoquer cette structure sorbitique sinon dans toute la masse du rail, au moins jusqu'à une certaine profondeur au-dessous de la table de roulement. Comment atteindre ce résultat? — Par une trempe et un revenu judicieux des rails. — Sans doute, mais ce sont là des opérations laborieuses qui compromettraient le débit des laminoirs et par suite élèveraient le prix de revient du produit fini dans une proportion incompatible avec l'amélioration du métal réalisée. MM. Sandberg ont imaginé un procédé très expéditif qui réalise l'effet de la trempe et du revenu sans en avoir les inconvénients. Ils opèrent une simple trempe à l'air, c'est-à-dire que les rails, au sortir du laminoir, et à la température de 900° environ sont soumis à un courant d'air comprimé sous la pression d'environ 1 atmosphère.

Le procédé de MM. Sandberg a été mis en œuvre avec succès par la Bethlehem Steel Company, aux Etats-Unis d'Amérique et des essais effectués au National Physical Laboratory de Londres ont été très satisfaisants comme le prouvent les nombres suivants qui chiffrent, pour chaque essai, le rapport du résultat obtenu sur un rail d'acier sorbitique au résultat fourni par un rail d'acier de même composition chimique, mais non soumis à la trempe à l'air.

Résistance à l'usure par frottement de glissement	Résistance à l'usure par frottement de roulement	Résilience.	Durété Brinell.
$\frac{300}{100}$	$\frac{290}{200}$	$\frac{48}{42}$	$\frac{268}{225}$

Les rails en acier Sandberg des tramways de Leeds ont une durée de service double de celle des rails ordinaires.

Voici encore des résultats d'essais sur des rails de 46 kg. livrés à la France par la Bethlehem Steel Company. L'acier avait la composition suivante: C 0,500, Mn 0,75, P 0,017, S 0,084, Si 0,119, Cr 0,35 Ni 0,61. Le tableau suivant se rapporte à 4 séries d'essais sur des éprouvettes prélevées sur des rails de ce métal; deux séries concernent des rails ordinaires, les deux autres, les mêmes rails après trempe à l'air d'une durée de 5 minutes. Les épreuves de durété ont été exécutées sur la table de roulement du rail et les éprouvettes pour les essais de traction, découpées dans la partie supérieure du champignon.

N° 1	Résistance à la rupture par traction en kg./mm <sup>2</sup>	Allongement %	Contraction %	Durété Brinell
Trempe	87,8	11,5	12,0	248
Non trempe	74,8	12,5	17,0	217
Trempe	90,0	9,5	11,9	255
Non trempe	75,3	13,0	16,3	207

Contrairement aux allongements à la traction qui sont plus petits pour les rails traités que pour les rails non traités, les allongements avant rupture produite par le mouton de choc