Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 62 (1936)
Heft: 8

Artikel: Usine hydro-électrique sur le Rio Colorado (Etats-Unis)
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-47574

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: 02.07.2025

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

nécessaire pour le gâchage d'un béton de module M peut être calculée par la formule

$$E = b : M \tag{9}$$

dans laquelle b est un coefficient dépendant de la forme et de la rugosité des grains du ballast, ainsi que de la consistance désirée du béton.

Consistance du béton		Grains arrondis (ballast roulé)	Grains anguleux (ballast concassé)
Terre humide	(béton damé)	$b = 32$ à 34	$b = 38$ à 41
Pâteuse	(béton armé)	$b = 35$ à 38	$b = 42$ à 45
Fluente	(béton coulé)	$b = 40$ à 44	$b = 48$ à 52

La formule (9) permet de calculer rapidement l'eau de gâchage pour n'importe quel dosage et pour n'importe quelle consistance du béton, pourvu que le module de finesse de celui-ci soit supérieur à 2 et que le mélange (ballast + ciment) corresponde à un béton compact et maniable.

Dans le cas des bétons de la figure 2 et du tableau III, pour $b = 35$, nous avons :

	Eau calculée $= b : M$			Eau effective
Béton I	$E = 35 : 1{,}88$	=	18,6 %	15,1 %
Béton II	$E = 35 : 2{,}55$	=	13,7 %	13,3 %
Béton III	$E = 35 : 3{,}31$	=	10,6 %	10,6 %
Béton IV	$E = 35 : 4{,}35$	=	8,0 %	8,2 %

L'erreur commise dans l'évaluation de E au moyen de la formule (9) est généralement inférieure à 5 % ; elle peut toutefois atteindre et même dépasser 20 % pour les granulations très irrégulières, à forte teneur en sable fin, ou pour les bétons à très fort dosage. D'une manière générale, le module conduit à sous-estimer les mortiers bien gradués et à surestimer les bétons à forte teneur en particules fines. La détermination de E au moyen du module est moins précise que par le calcul analytique.

Connaissant le dosage en ciment C et l'eau de gâchage E, il est aisé de déterminer la résistance probable du béton sans qu'il soit nécessaire de recourir aux graphiques d'Abrams.

Enfin la maniabilité d'un béton peut être évaluée par la comparaison de la granulation considérée avec une granulation théorique ayant le même diamètre maximum D. Pour qu'un béton soit d'égale maniabilité, il faut et il suffit qu'il ait la même teneur en fin plus petit que 0,5 mm et en sable de diamètre inférieur à $D : 10$ que la granulation théorique correspondant au même diamètre D.

Si ces teneurs sont plus grandes que celles de la granulation théorique, la maniabilité sera améliorée ; elle sera diminuée dans le cas contraire. Le béton V de la figure 2 est équivalent au béton IV.

Le calcul de l'eau de gâchage d'un béton, que ce soit par la méthode analytique ou par celle du module de finesse, montre qu'il y a une infinité de granulations permettant de réaliser des bétons sensiblement égaux en maniabilité et en résistance à ceux exactement gradués suivant une loi déterminée.

Les compositions granulométriques théoriques ont le gros avantage de concilier au mieux la maniabilité et la résistance ; elles permettent de trouver, sans tâtonnement, la granulation d'un béton compact à résistance voisine de celle maximum qui peut être obtenue, compte tenu du diamètre maximum D, du dosage et de la qualité du ciment, de la maniabilité et de la consistance du béton requises.

La granulation théorique servira ainsi de directive ; il y aura toujours avantage à chercher à s'en rapprocher le plus possible. Si toutefois les conditions de chantier ne permettent pas de la réaliser exactement, le calcul de l'eau de gâchage indiquera dans quelles limites et de quelle manière il est loisible de s'en écarter pour obtenir une granulation équivalente à la granulation théorique. Pour garantir aux bétons une maniabilité suffisante, il faudra conserver les mêmes teneurs en fin plus petit que 0,5 mm et en sable à grains de diamètre plus petit que 0,1 D que la granulation théorique.

Conclusions.

L'étude qui précède montre qu'il est possible de calculer à l'avance, à 10 à 20 % près, la résistance probable d'un mortier ou d'un béton connaissant :

Le dosage et la qualité du liant utilisé ;

la nature et la granulation du ballast ;

la consistance et la maniabilité du béton désirées.

Cette évaluation peut se faire au moyen du calcul de l'eau de gâchage par la méthode analytique ou par celle du module de finesse et en utilisant la formule de résistance de Feret ou celle de Bolomey.

La granulation théorique doit servir de directive ; il est permis de s'en écarter notablement, sans inconvénient, à condition de conserver le même E ou le même module M du béton, les mêmes teneurs en particules fines et en sable que la granulation théorique considérée.

A égalité de dosage, de maniabilité et de diamètre D, les ballasts roulés permettent de réaliser des bétons notablement plus résistants que les ballasts concassés.

Pour un même dosage et une même loi de granulation du béton, la résistance de celui-ci croît avec le diamètre maximum D des grains du ballast.

Pour une même granulation et un même dosage d'un béton, la résistance de celui-ci diminue en même temps que sa consistance est plus fluide.

Lausanne, le 6 février 1935.

Usine hydro-électrique sur le Rio Colorado (Etats-Unis).

Nous avons donné une description de cette importante installation dans le « Bulletin technique » du 13 et du 27 avril 1935. Le *Génie civil* du 22 février dernier publie un article intéressant sur l'achèvement des travaux du barrage et sur l'ensemble des travaux. En général les chiffres

que nous en extrayons diffèrent peu de ceux que nous avions indiqués, sauf en ce qui concerne la production en énergie électrique, question que nous examinerons plus loin.

Remarquons, tout d'abord, que le barrage ne porte plus le nom de « Hoower », qu'on lui avait donné au début, en hommage à l'ex-président des Etats-Unis qui en avait décidé la construction ; on l'appelle maintenant « Barrage de Boulder », du nom de la région auparavant déserte où l'on a dû édifier une véritable ville, « Boulder-City », pour loger le personnel chargé de l'exécution des travaux.

Le barrage est terminé depuis l'année dernière, et l'on procède actuellement à l'équipement de l'usine hydro-électrique. L'article du « Génie civil » renferme plusieurs vues photographiques et des dessins fort intéressants.

Le bassin de ce fleuve occupe une superficie de 630 000 km². Comme débit maximum on indique 8000 m³ : *s* et comme minimum en temps d'extrême sécheresse 2 m³ : *s* ! Pour un fleuve dont la superficie du bassin versant est plus grande que celle de la France, ce dernier chiffre est tout à fait extraordinaire ! Décidément, les conditions météorologiques du Nouveau Monde sont totalement différentes de celles de l'Ancien.

Comme débit moyen utilisable, on indique 620 m³ : *s*, et comme débit annuel 19 milliards de m³, ce qui ne correspondrait pas tout à fait à 620 mais à 603 m³ : *s*.

Comme chute utile moyenne il faut compter sur 160 m.

Voici maintenant, en ce qui concerne la production en énergie électrique, ce que nous trouvons dans le « Génie civil » : « Le réservoir créé par le barrage a une capacité totale de 37,5 milliards de m³ ; il s'étend sur une longueur de près de 180 km dans le cañon de Colorado. Cette capacité sera utilisée de la manière suivante :

a) 11,6 milliards de m³ seront réservés pour emmagasiner les eaux des crues dangereuses ;

b) 15,5 à 18,5 milliards de m³ serviront à emmagasiner la réserve normale pour la production de force motrice, l'irrigation et la distribution d'eau potable ;

c) 6 à 10 milliards de m³ constitueront la réserve pour parer à l'envasement.

La réserve normale produira chaque année 4330 millions de kWh énergie continue et 1550 millions de kWh d'énergie dite secondaire.

Cela fait donc un total de 5880 millions de kWh. Voyons un peu ce que signifie ce chiffre par rapport au débit moyen (603 m³ : *s*) et à la chute moyenne (160 m).

En admettant un rendement total des groupes de 79 %, nous aurions donc une puissance moyenne de 747 000 kW et une production annuelle de 6540 millions de kWh. Ceci est donc une valeur maximum purement théorique qui supposerait un service utilisant la totalité de l'eau.

En réalité une telle utilisation n'est jamais possible, il faut donc tenir compte d'un coefficient d'utilisation et pour se faire une idée de la grandeur de ce coefficient il faudrait disposer de plusieurs données que nous ne possédons pas, en particulier les graphiques du débit du fleuve pour différentes années : années sèches, années pluvieuses et années moyennes. Avec ces graphiques et sur la base du volume de l'accumulation, on pourrait arriver à se rendre compte des possibilités de régularisation du débit.

Le chiffre indiqué dans le « Génie civil » pour la production correspondrait à un coefficient d'utilisation de 5880 : 6540 = 0,90.

Nous avons de la peine à admettre que l'on puisse jamais arriver à une utilisation aussi complète que cela. Nous avions été beaucoup plus prudent dans nos pronostics et avions admis une production de 1840 millions de kWh, ce qui correspondait à un coefficient d'utilisation de 1840 : 6540 = 0,27. Le chiffre réel, une fois l'usine complètement équipée et utilisée, sera situé entre ces deux valeurs extrêmes.

Notons encore, pour terminer, un renseignement intéressant : le total des dépenses de construction est évalué à 165 millions de dollars. Au taux de 3,10 francs-or le dollar, cela représente 511,5 millions de francs.

Voilà les quelques points que nous tenions à relever et pour les lecteurs que la question intéresse, nous ne pouvons que les renvoyer à l'article bien documenté du « Génie civil ».

L. DuBois.

Les goudrons à « filler » charbonneux.

L'idée première de l'incorporation d'un « filler » dans un liant dérive de la possibilité d'améliorer les qualités du revêtement et, d'autre part, d'abaisser sa teneur en hydrocarbures.

Le choix du « filler » doit donc être commandé surtout par la quantité maximum qu'il est possible d'en introduire dans le liant en lui maintenant ses qualités anciennes et en lui en conférant même de nouvelles.

C'est dans ce but qu'ont été entreprises les recherches dirigées par M. *Léauté*. Ces recherches l'ont amené à l'utilisation de « fillers » combustibles.

Les liants contenant de hautes doses de « filler » charbonneux (35 à 40 volumes de « filler » pour 65 à 60 volumes de goudron) possèdent à un degré supérieur les qualités de cohésion interne, de stabilité, de siccativité et d'adhésivité.

Ces qualités proviennent de la nature même du « filler » qui possède pour les goudrons et les hydrocarbures en général une affinité physico-chimique considérable ; de plus, grâce à sa densité voisine de celle des goudrons (1,25 environ contre 1,15 à 1,20), il est possible d'obtenir facilement une granulométrie telle que toute séparation par gravité soit évitée.

L'introduction de « filler » charbonneux à haute dose dans les goudrons en fait des pseudo-bitumes au point de vue de la variation de la viscosité en fonction de la température. Cet effet se traduit dans la pratique par plusieurs sortes d'avantages.

La très grande augmentation de la viscosité du goudron à « filler » charbonneux, dès qu'il a pris la température de la route par son contact avec elle, permet la reprise du trafic aussitôt après gravillonnage, sans qu'il en résulte de dangers ni d'inconvénients pour la circulation ; de plus, le liant reste suffisamment plastique durant quelques jours, pour permettre, sous le simple effet de la circulation, la correction des

petits défauts auxquels les épandages peuvent donner lieu. Le ressuage aux jours de forte chaleur est évité, ce qui permet de supprimer les sablages en cours d'été, à la seule condition que le réglage des quantités épandues par m² et de la teneur en « filler » ait été bien réalisé.

L'action du « filler » ralentit le vieillissement du revêtement goudronné ; des études de laboratoire ont été instituées pour contrôler ce phénomène constaté sur plusieurs routes. Elles ont établi que la principale cause de vieillissement était l'évaporation lente des huiles moyennes et lourdes du goudron et que le « filler » possédait la propriété de retenir ces huiles. Les expériences de M. Léauté montrent qu'alors qu'un goudron non fillérisé se transforme en brai sec au bout d'un nombre déterminé d'heures d'insolation, équivalant à une année environ, le goudron fillérisé conserve au bout du même temps une proportion d'huiles moyennes et lourdes égale à 10 % environ de la quantité de brai résiduelle ; cette proportion suffit à conserver au liant sa plasticité [1]. Cette propriété n'appartient d'ailleurs qu'au « filler » charbonneux ; l'expérience montre que l'action des « fillers » incombustibles est à peu près nulle à ce point de vue.

Enfin, un avantage d'un autre ordre, mais non des moindres, vient à l'actif du « filler » de charbon : c'est la possibilité de réaliser une économie allant jusqu'à 25 % du prix du goudron non fillérisé.

Cette économie ne peut d'ailleurs être obtenue qu'avec le seul « filler » charbonneux, à l'exclusion des « fillers » incombustibles. En effet, le « filler » charbonneux peut seul être employé à haute teneur volumétrique. Cette teneur est limitée par la viscosité du produit obtenu, qui doit être à chaud, suffisamment faible pour permettre l'épandage dans de bonnes conditions. L'expérience montre que la viscosité limite est obtenue pour une même teneur en poids, quelle que soit la nature du « filler » employé ; il en résulte que la teneur en volume peut être d'autant plus forte que le « filler » a une densité moindre : alors que le dosage de 35 à 40 volumes de « filler » pour 65 à 60 de goudron est normal avec le charbon l'on ne peut guère dépasser la moitié avec un « filler » incombustible. Pour qu'il y ait avantage pécuniaire en faveur du charbon, il suffit que soit vérifiée l'inégalité ;

$$65 \text{ goudron} + 35 \text{ charbon} < 83 \text{ goudron} + 17 \text{ incombustible}$$

Ce qui se produit, dans le cas où 17 volumes de « filler » incombustible plus 83—65 = 18 volumes de goudron sont plus coûteux que 35 volumes de « filler » charbonneux. Ceci serait réalisé même si le « filler » incombustible avait une valeur nulle. La différence entre les deux termes, en faveur du charbon, est encore plus marquée, compte tenu des frais de manutention et de transport qui sont plus élevés pour l'unité volumétrique des « fillers » plus denses.

Les résultats obtenus sont évidemment d'autant meilleurs que l'incorporation est mieux réalisée et que les travaux sont exécutés avec plus de soins. Aussi, la *Société de recherches et de perfectionnements industriels*, à Puteaux (Seine), a-t-elle mis au point des appareils d'incorporation permettant de réaliser rapidement des mélanges parfaitement homogènes et de les chauffer à température voulue pour en permettre l'épandage facile, au moyen de toute goudronneuse de modèle courant.

Mais la qualité de l'incorporation n'entre pas seule en ligne de compte ; la façon dont le nettoyage du sol et le gravillonnage sont effectués a une importance primordiale. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des gravillons concassés durs de 5 à 15 ou 20 mm ; cela n'exclut pas, bien entendu, les autres types de matériaux d'agrégation et, en particulier, les sables de rivière ; mais il faut avoir soin d'approvisionner ceux-ci suffisamment à l'avance, pour leur laisser le temps de bien sécher avant l'emploi.

Lorsque l'on utilise des goudrons très épais, qui rendent le mélange particulièrement visqueux, il est bon de procéder à l'épandage par longueurs de 200 m environ : le liant est encore chaud au moment où l'on étend le gravillon, dont la pénétration est alors plus rapide. Cette précaution est à prendre surtout lorsque le revêtement n'est pas cylindré. En effet, quand le liant a pris, par refroidissement, une très grande viscosité, le gravillon y descend lentement et, si la circulation est importante, certains éléments peuvent se trouver chassés avant d'être accrochés.

Pour répondre au désir de certains services d'obtenir de faibles dosages (5 à 600 gr) avec des goudrons fillérisés très visqueux, provenant de goudrons particulièrement riches en brai, la « Société de recherches et de perfectionnements industriels » a étudié une méthode de fluxage qui, essayée sur de nombreux chantiers, a donné entière satisfaction. Cette méthode permet la fillérisation des goudrons très épais au taux habituel de 40 % et l'emploi du mélange aux températures habituelles de goudronnage (100 à 120°).

La méthode consiste à introduire dans le goudron fillérisé une faible quantité (5 à 10 %) d'huile légère de houille ou de fuel-oil.

On a pu ainsi utiliser des goudrons extrêmement épais sans difficulté.

[1] Comptes rendus de l'Académie des Sciences, séances du 6 juin et du 9 octobre 1933, note de M. A. Léauté.

CORRESPONDANCE

A propos de « coups de bélier ».

Un industriel, auteur de très remarquables travaux sur l'hydraulique, nous écrit :

C'est avec beaucoup d'intérêt que j'ai lu dans votre « Bulletin » les articles « Considérations sur le coup de bélier » de MM. *J. Calame* et *D. Gaden* [1].

En Suisse, ce n'est pas seulement les fabriques de turbines, de pompes et de conduites qui s'intéressent au problème des coups de bélier, mais aussi celles qui construisent des appareils d'obturation.

Nous comprenons très bien que les publications qui exagèrent sans mesure le danger des coups de bélier et jettent la méfiance sur les méthodes de calcul habituelles dont se sert l'industrie, ne peuvent que nuire au bon renom des produits suisses de qualité et à l'exportation — déjà si difficultueuse — des machines hydrauliques.

L'article de MM. Gaden et Calame aura eu le mérite incontestable d'avoir apporté la mise au point désirée au sujet des exagérations publiées ces derniers temps. Aussi a-t-il été très bien accueilli dans les milieux industriels. Par ailleurs, la rédaction du « Bulletin technique » s'est conquis des titres à notre reconnaissance par la sollicitude spéciale qu'elle a vouée depuis plusieurs années au problème des coups de bélier....

[1] Voir, plus loin, sous la rubrique « Bibliographie ».

Société suisse des ingénieurs et des architectes.

Communiqué du Secrétariat.

Les comptes de la Société pour l'année 1935 seront adressés *au courant du mois d'avril*, aux membres de la Société, avec prise en remboursement de la *cotisation* pour *1936* du montant de *Fr. 12* ou *Fr. 6* pour les membres âgés de moins de trente ans. Pour éviter toute erreur nous appelons spécialement l'attention de nos membres sur le fait qu'il s'agit de la cotisation pour la caisse centrale et non pas de celle pour leur section.