Détermination de la résistance à la compression des mortiers et bétons

Autor(en): **Bolomey, J.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **51 (1925)**

Heft 11

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-39510

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

2. que le trafic journalier maximum sera déterminé en prenant le nombre moyen des bateaux à écluser pendant la période de cinq jours pendant laquelle le trafic aura été le plus élevé.

En vue de l'application des dispositions qui précèdent, il est entendu que le nombre moyen des bateaux indiqué au 2 ci-dessus doit constituer, par comparaison avec les statistiques de la navigation des quatre dernières années, le résultat d'une augmentation naturelle et non pas artificielle du trafic.

C. — Enfin, l'approfondissement des écluses existantes devra être réalisé lorsque, par suite de l'approfondissement du lit du Rhin, ces écluses ne répondraient plus aux besoins de la navigation.

5. *Abords des écluses.* — Un garage dont le mouillage sera d'au mois 3 mètres en tout temps sera aménagé immédiatement en amont des écluses. Ce garage devra avoir une longueur minimum de 1000 mètres, dont 500 mètres au moins en ligne droite et le reste en courbe de 2000 mètres de rayon au moins, et une largeur de 75 mètres, à 3 mètres au-dessous du plan d'eau minimum.

Aux abords immédiats des écluses, le garage devra comporter une surlargeur telle qu'à partir de l'alignement de la face intérieure du bajoyer le plus proche du Rhin, les convois disposent d'une largeur minimum de 30 mètres sur 185 mètres de longueur, à 3 mètres au-dessous du plan d'eau minimum de l'eau dans le garage.

En aval des écluses, un garage de même largeur minimum devra également être aménagé : ce garage devra avoir une longueur minimum de 500 mètres, dont 250 mètres au moins en ligne droite et le reste en courbe de 2000 mètres de rayon au moins.

Les raccordements entre les garages et les têtes d'écluses devront être assez allongés pour permettre l'entrée facile des convois dans les écluses.

6. *Remplissage des écluses.* — La vitesse de l'eau dans le bassin de garage prévu en amont des écluses ne pourra dépasser, à aucun moment, 20 centimètres à la seconde pendant le remplissage des écluses.

7. *Régularité du débit.* — La régularité du débit du Rhin ne doit pas être entravée par le fonctionnement des usines et des écluses.

8. *Service des écluses.* — Le service des écluses sera assuré de jour et de nuit, même les dimanches et jours fériés. La manœuvre des bateaux à l'entrée et à la sortie des écluses sera assurée gratuitement, de même que l'éclairage des écluses et de leurs abords.

9. *Bassins de virage.* — Chaque bief devra comporter deux bassins de virage situés, l'un autant que possible vers le milieu du bief, l'autre immédiatement en amont du garage des écluses.

Un rectangle de 400 mètres de longueur et de 200 mètres de largeur devra pouvoir être inscrit dans le canal au droit du premier de ces bassins et un rectangle de 600 mètres de longueur et de 200 mètres de largeur au droit du deuxième bassin, les dimensions minima étant comptées à 3 mètres au-dessous du plan d'eau minimum.

Les raccordements de la section courante du canal avec les parties élargies seront assurés par des courbes suffisamment adoucies.

10. *Canaux de fuite provisoires.* — Le rayon minimum du chenal dans les canaux de fuite provisoires devra être de 700 mètres.

Pour assurer l'accès de ces canaux de fuite provisoires dans le lit du Rhin, des dragages devront, le cas échéant, être exécutés sans gêner la navigation.

Les radiers des écluses débouchant dans les canaux de fuite provisoires seront arasés à 3 mètres au-dessous du niveau correspondant à un débit total du Rhin de 540 m³ à Bâle.

11. *Clause administrative.* — La France entend soumettre la navigation sur le canal au même régime international que la navigation sur le Rhin, et renonce en particulier à percevoir en sa faveur tout péage ou toute taxe pour l'usage de la voie et de ses écluses.

En conséquence, la France devra maintenir la nouvelle voie d'eau en bon état de navigabilité.

Il est entendu que la présente clause, de même que toute la résolution, ne préjuge pas des droits et obligations qui peuvent résulter des stipulations de l'article 358 du Traité de Versailles.

12. *Responsabilité de la France.* — La Commission centrale pour la navigation du Rhin prend acte de ce que la France s'engage :

a) à prendre les dispositions nécessaires pour que la navigation ne subisse aucune gêne appréciable, pendant l'exécution des travaux du canal, du fait de celle-ci, réserve étant faite du cas prévu au 3. ci-dessus ;

b) à remédier à ses propres frais, aux conséquences dommageables qui résulteraient pour la partie de la voie navigable déjà régularisée en aval de Strasbourg, de l'exécution et de la réalisation des travaux du canal.

13. *Clause douanière* [1]. — Il est entendu que le règlement relatif aux formalités douanières applicables à la navigation sur le canal, sera soumis par la France à la Commission.

Les commissaires allemands n'ont pas participé au vote de cette résolution. *(A suivre.)*

Détermination de la résistance à la compression des mortiers et bétons

par J. BOLOMEY, ingénieur-directeur
des travaux d'aménagement des chutes de Barberine et Vernayaz
(Chemins de fer fédéraux).

L'emploi de plus en plus généralisé du béton dans les constructions les plus diverses rend nécessaire la connaissance suffisamment précise, avant le début des travaux, des qualités de résistance, de compacité, de facilité de mise en œuvre, etc. qui seront obtenues dans des circonstances et avec des matériaux donnés, et celle des modifications qu'il faut apporter à ces matériaux pour obtenir un béton possédant les propriétés requises.

De nombreux spécialistes ont procédé dans ce but à des essais très complets, tant sur les chantiers qu'au laboratoire ; c'est ainsi que les remarquables travaux de *Feret*, de *Fuller*, de *Taylor et Thompson*, de *Young*, d'*Abrams*, de *Graf* [2] ont mis en lumière l'influence prépondérante de la quantité d'eau de gâchage, de la composition granulométrique, de la nature des sables et graviers sur la résistance et la compacité du béton.

Cependant, malgré une documentation très étendue, qui s'accroît de jour en jour, les propriétés essentielles du béton ne sont pas encore suffisamment connues et utilisées sur un grand nombre de chantiers. Il en résulte souvent des malfaçons ou des dépenses exagérées qui ne pourront être évitées que si les techniciens ont à leur disposition des formules simples leur permettant d'é-

[1] *Note du Secrétariat :* Les délégations néerlandaise et suisse se sont réservé de revenir sur cette question.

[2] *M. Feret.* Sur la compacité des mortiers hydrauliques (1892).
Martens. Mitteilungen aus den Königlichen technischen Versuchanstalten, Berlin (1897).
F. W. Taylor & S. E. Thompson. A treatise on concrete plain and reinforced.
R. B. Young. Mixing of concrete by surface areas on actual work (1920).
W. B. Fuller & S. E. Thompson. The laws of proportioning concrete (1907).
Abrams. Design of concrete mixtures (1920).
G. M. Williams. Proportioning concrete from study of the aggregate (21).
Graf. Der Aufbau des Mörtels im Beton (1923).
G. Bethke. Das Wesen des Gussbetons (1924).

valuer rapidement les qualités probables d'un mortier ou béton, sans devoir exécuter au préalable toute une série d'essais forcément longs et coûteux.

L'étude ci-dessous résume les résultats obtenus par les auteurs précités ainsi que les recherches effectuées pendant ces dernières années, tant au laboratoire que sur les chantiers, par la Direction des travaux des usines de Barberine et Vernayaz.

Influence de l'eau de gâchage.

Feret a démontré le premier, en 1892 déjà, que la quantité d'eau de gâchage influe sur la qualité du mortier, autant que le dosage ou la nature du sable, la résistance à l'écrasement étant sensiblement proportionnelle au facteur

$$\frac{c}{e + \varphi} \text{ dans lequel}$$

c désigne le volume absolu du ciment.
e » » de l'eau de gâchage.
φ » » des vides du mortier.

En 1920 *Abrams* a résumé les résultats de ses milliers d'essais en donnant pour la résistance du béton la formule

$$R = \frac{K}{7^x} \text{ dans laquelle}$$

K est un facteur variable avec la qualité du ciment, la durée du durcissement, les dimensions des éprouvettes. Pour des cylindres de béton de 15 cm. de diamètre et de 30 cm. de hauteur K a une valeur de 985 à 28 jours.

x est le rapport $\frac{\text{volume d'eau de gâchage}}{\text{volume apparent du ciment}}$, la densité apparente du ciment étant admise égale à 1,5.

Les nombreux essais comparatifs effectués au laboratoire du Châtelard en vue de contrôler les formules ci-dessus et de déterminer pratiquement le facteur de proportionnalité pour un ciment bien défini, nous ont amené à préconiser l'emploi de la formule Feret légèrement modifiée, de préférence à celle d'Abrams.

Les résistances à la compression étant toutes rapportées en fonction du rapport $\frac{\text{poids du ciment}}{\text{volume (eau + vides)}}$ nous avons obtenu une courbe sinusoïdale passant par l'origine[1] et qui, dans la zone des mortiers et bétons utilisables sur les chantiers, peut être remplacée par une droite dont l'équation est

$$(1) \quad R = \left(\frac{C}{E + V} - 0{,}50\right) K$$

dans laquelle

R = résistance à la compression en Kgs/cm².
C = poids du ciment en Kgs.
E = volume de l'eau de gâchage } en litres.
V = volume des vides du mortier frais }
K = cœfficient variable avec la qualité du ciment, le mode, la durée et la température du durcissement.

On cherchera en général à obtenir des mortiers ou bétons compacts ; dans ces conditions $V = 0$ pour le béton frais et la formule (1) devient

$$(2) \quad R = \left(\frac{C}{E} - 0{,}50\right) K$$

Pour un ciment donnant une résistance de 420 Kgs/cm² à l'essai normal à 28 jours, durcissement dans l'eau ou le sable humide à + 15°, $\frac{C}{E + V}$ compris entre 0,7 et 2,0, les valeurs trouvées pour K ont été

K = 105 Kgs/cm² à 7 jours
K = 150 » 28 »
K = 200 » 90 »
K = 270 » 180 »

Il est essentiel que le mortier conserve un degré d'humidité suffisant pour que le durcissement soit normal. Il arrive fréquemment, spécialement dans les bâtiments, que le mortier ou béton perde toute son humidité au bout de quelques semaines, auquel cas le durcissement sera presque complètement arrêté.

Ainsi que permet de le constater le tableau ci-dessous, notre formule (2) donne sensiblement les mêmes résultats à 28 jours que celle d'Abrams, tout en étant plus facile à se mémoriser et d'un emploi extrêmement simple et rapide

$\frac{C}{E}$	x	$R = \left(\frac{C}{E} - 0{,}50\right) . 150$	$R = \frac{985}{7^x}$
0,70	2,14	30 Kgs/cm²	15 Kgs/cm²
0,80	1,88	45 »	30 »
1,00	1,50	75 »	53 »
1,20	1,25	105 »	86 »
1,40	1,07	135 »	122 »
1,60	0,94	165 »	159 »
1,80	0,83	195 »	193 »
2,00	0,75	225 »	228 »
2,50	0,60	300 »	305 »

Les figures 1 à 3 indiquent les résistances, les degrés de fluidité, les quantités d'eau de gâchage de 4 séries de mortiers préparés avec des sables de diverses provenances

[1] L'allure sinusoïdale de la courbe générale de résistance d'un même mortier pour lequel on fait varier la quantité d'eau de gâchage se comprend facilement. En effet, la résistance croît avec la quantité d'eau de gâchage tant que celle-ci n'est pas suffisante pour l'hydratation complète du ciment et permettre un bon malaxage et l'obtention d'un mortier compact.

A partir du moment où la compacité parfaite du mortier est obtenue, la résistance diminue régulièrement à mesure que croît la quantité d'eau de gâchage jusqu'au moment où la fluidité devient telle qu'une proportion de plus en plus forte de l'eau de gâchage se sépare du mortier avant le commencement du durcissement et devient ainsi sans effet sur la résistance qui diminue de plus en plus lentement.

Il est d'ailleurs évident que la courbe de résistance doit passer par l'origine.

et compositions granulométriques et aux dosages variant de 200 à 500 Kgs de ciment par m³ en place.

L'examen de la figure 1 permet de constater que, bien que les courbes de résistances des différents mortiers ne soient pas absolument identiques, les divergences sont négligeables vis-à-vis de l'influence du facteur $\frac{C}{E}$. Celle-ci est si prépondérante qu'une fois ce rapport connu on obtient immédiatement la résistance probable, quels que soient le dosage, la consistance, la nature des matériaux, la composition granulométrique. Il suffit que le ciment utilisé ait sensiblement les mêmes caractéristiques que celui des essais de la fig 1 et que le durcissement se fasse dans des conditions normales de température et d'humidité. Eventuellement on déterminera expérimentalement les nouveaux cœfficients K correspondant aux circonstances données.

La résistance effective différera rarement de plus de 20 % de celle donnée par la formule (2), ce qui est suffisamment précis dans la plupart des cas et correspond aux variations, dues aux irrégularités de malaxage et de mise en place, que l'on constate fréquemment dans la résistance de cubes de béton préparés de façon identique.

Les écarts seront plus grands pour les mortiers ou bétons damés et ceux à la fois peu plastiques et très liquides que pour ceux à la consistance semi-fluide. Ces divergences tendent à s'atténuer avec le temps.

Pour

$$\frac{C}{E} < 0{,}7 \text{ ou } > 2{,}0$$

les résistances effectives seront en général plus grandes que celles données par la formule (2) par suite de l'allure sinusoïdale de la courbe générale qui ne concorde plus exactement avec la droite

$$\left(\frac{C}{E} - 0{,}50\right) . K.$$

Détermination de la résistance probable.

Cette évaluation se fait immédiatement sur le chantier à l'aide de la formule (2).

Après avoir mélangé le ciment avec le sable et le gravier *préalablement séchés* [1] il n'y a qu'à mesurer exactement la quantité d'eau nécessaire pour obtenir le béton à la consistance voulue. On connaît alors $\frac{C}{E}$ et par suite la résistance probable.

1er exemple. — Un béton au dosage de 200 Kgs ciment Portland exige 160 litres d'eau de gâchage. Quelle est sa résistance probable ?

$$\frac{C}{E} = \frac{200}{160} = 1{,}25$$

$R = (1{,}25 - 0{,}50) . K =$	79 Kgs/cm²	à	7 jours
	112	»	28 »
	150	»	90 »
	202	»	180 »

2me exemple. — Un béton au dosage de 350 Kgs *C. P.* doit atteindre une résistance de 250 Kgs/cm² à 28 jours. Quelle est la quantité d'eau de gâchage admissible ?

De $\left(\frac{C}{E} - 0{,}50\right) . 150 = R = 250$ Kgs/cm² on tire

$$\frac{C}{E} = 2{,}17 = \frac{350}{E} \quad \text{d'où } E = 161 \text{ litres.}$$

Si au lieu de 161 litres on en emploie 170, la résistance probable tombe de 250 à $\left(\frac{350}{170} - 0{,}50\right) . 150$ soit à 234 Kgs/cm², c'est-à-dire que chaque litre d'eau en excès diminue la résistance d'environ 2 Kgs/cm² ou annule l'effet de près de 2 Kgs de ciment.

On verrait de même dans le premier exemple, dosage de 200 Kgs, que chaque litre d'eau en excès diminue la résistance probable de 1 Kg/cm² ou annule l'effet de 1 Kg de ciment.

Les inconvénients d'un même excès d'eau de gâchage sont ainsi d'autant plus prononcés que le dosage est plus fort.

Cette fâcheuse influence d'une exagération du degré d'humidité du béton est connue depuis longtemps, quoique d'une façon moins précise. C'est pourquoi un grand nombre de cahiers des charges ont exigé du béton à la consistance de terre humide, nécessitant pour la mise en place un damage énergique qui peut bien être obtenu au laboratoire, mais non sur les chantiers. De là aussi l'opposition de beaucoup d'ingénieurs à l'emploi du béton coulé, opposition qui ne cédera que lorsque les avantages de cette méthode de mise en place seront mieux connus.

Il y a là un malentendu. S'il importe d'éviter tout excès d'eau de gâchage, encore faut-il que celle-ci soit suffisante pour que le béton frais soit absolument compact. Cette qualité sera difficilement obtenue sur les chantiers, sauf dans des cas tout à fait spéciaux, avec des bétons ayant la consistance de terre humide. Pour peu que le béton frais soit poreux, et le béton damé l'est toujours plus ou moins, la formule (2) n'est plus applicable, il faut revenir au cas général.

$$(1) \qquad R = \left(\frac{C}{E + V} - 0{,}50\right) . K$$

C'est-à-dire qu'il faut ajouter le volume des vides à celui de l'eau, ainsi que l'expérience de chantier suivante le met nettement en lumière :

Un béton au dosage de 175 Kgs *C. P.* a été gâché avec 150 litres d'eau. Des échantillons mis en moule lors de la fabrication de façon à obtenir un béton absolument

[1] Il importe d'insister sur la nécessité d'effectuer l'essai avec des matériaux secs. Le sable peut retenir jusqu'à 200 litres d'eau par m³ suivant son degré de finesse, tandis que la teneur du gravier en eau dépassera rarement 20 à 30 litres par m³. Les mesures faites sur des matériaux humides n'ont de valeur que si la quantité d'eau retenue a été déterminée au préalable (différence entre le poids d'un volume donné de sable ou gravier humide et celui du même sable ou gravier séché).

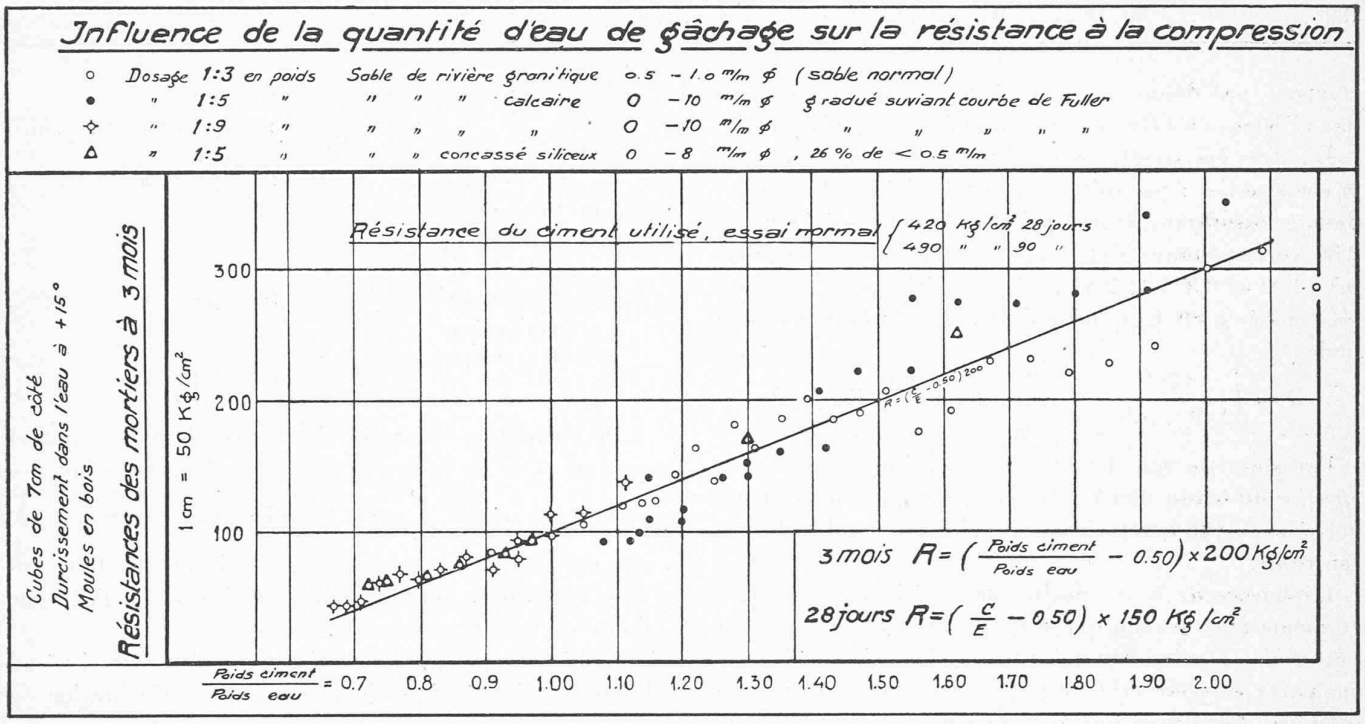


Fig. 1.

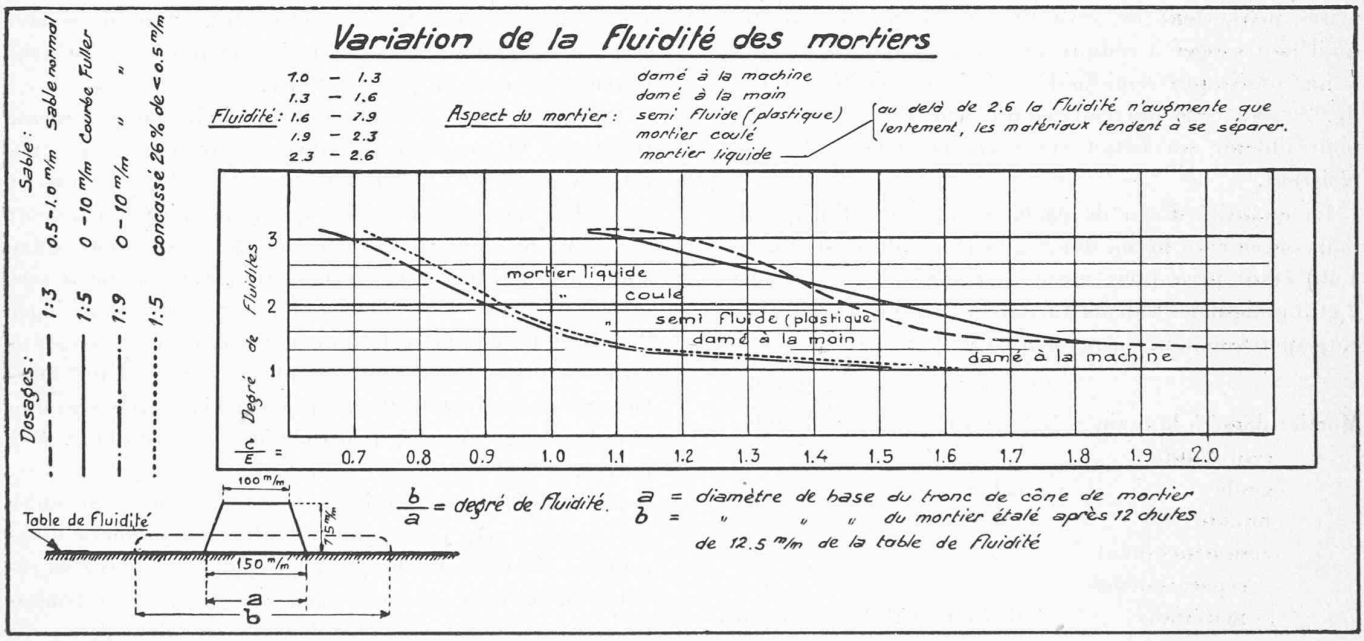


Fig. 2.

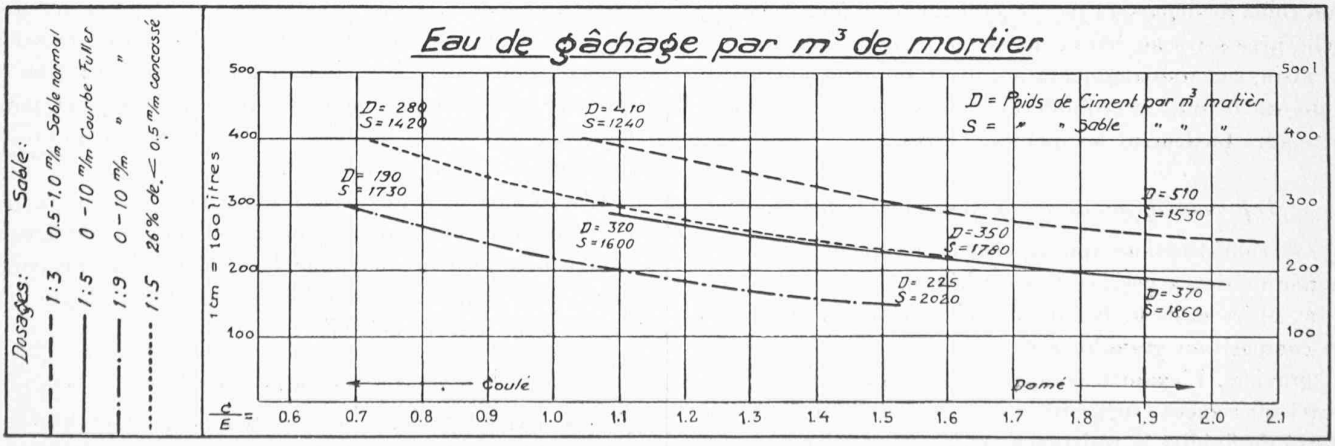


Fig. 3.

compact, ont donné une densité de 2,41 à l'état frais et une résistance à l'écrasement à 3 mois de 137 Kgs/cm².

D'autres éprouvettes ont été prélevées plus tard dans la construction: par suite de leur porosité résultant d'un damage insuffisant, leur densité moyenne n'a été que de 2,30, correspondant à un volume de vides de 46 litres par m³ (2,30 = 0,954 × 2,41), et leur résistance moyenne est tombée à 80 Kgs/cm² qui peut se déduire de la formule (1)

$$R = \left(\frac{175}{150 + 46} - 0{,}50\right) . 200 = 78 \text{ Kgs/cm}^2$$

Par suite de son défaut de compacité, la résistance *effective* du béton damé a été la même que s'il avait été gâché avec 196 litres d'eau, ce qui correspond à du béton coulé.

L'influence de la compacité sur la résistance est aussi et même plus grande que celle de l'eau de gâchage. Il faut donc obtenir en premier lieu des mortiers et bétons compacts et pour cela ne pas craindre d'ajouter suffisamment d'eau pour que la facilité de mise en place soit assurée. Ce n'est qu'en second lieu et si les dispositions prises permettent de garantir une compacité parfaite, qu'il faut songer à réduire l'eau au minimum.

La consistance semi-fluide (degré de fluidité 1,6 à 1,9 fig. 2) sera celle qui conviendra généralement le mieux pour obtenir un béton compact, homogène, dense et résistant.

La quantité d'eau de gâchage strictement nécessaire pour obtenir un béton damé à la main (degré de fluidité 1,40) étant prise pour unité, la comparaison des figures 2 et 3 indique les valeurs suivantes pour l'eau de gâchage correspondant aux autres consistances :

	Fluidité	Eau de gâchage
Mortier damé à la main	1,40	100
» semi-fluide	1,6 — 1,9	107 — 115
» coulé	1,9 — 2,3	115 — 123
» liquide	2,3 — 2,6	123 — 132
» commencement séparation des matériaux	2,6 et au delà	132 et plus.

La quantité d'eau indispensable pour obtenir un béton coulé ne dépassera pas généralement de plus de 30 % celle nécessaire au béton de même composition damé à la main, soit une augmentation de 40-60 litres par mètre cube de béton. Le volume des vides d'un béton damé atteindra facilement les mêmes chiffres.

Influence de la composition granulométrique.

Les considérations qui précèdent indiquent que l'économie ne devra pas être recherchée dans la consistance, c'est-à-dire dans la facilité de mise en place, mais dans la composition granulométrique et la nature des sables et graviers. L'examen comparatif des figures 1 et 2 est particulièrement suggestif à cet égard. Pour le même degré de fluidité la résistance est la même pour :

a) le mortier au sable de rivière gradué au dosage 1 : 5 (340 Kgs *C. P.*/m³)
et celui au sable normal » 1 : 3 (450 » »)
ou pour :
b) le mortier au sable de rivière gradué au dosage 1 : 9 (210 » »)
et celui au sable concassé tout venant » 1 : 5 (310 » »)

De même le mortier de sable concassé tout venant et celui de sable de rivière gradué, tous deux au même dosage et au même $\frac{C}{E} = 1{,}1$ (donc ayant la même résistance), seront : le premier à la consistance de terre humide nécessitant un fort damage, le second à l'extrême limite de fluidité admissible.

Le béton coulé pourra ainsi souvent être substitué au béton damé ou semi-fluide, sans aucune diminution de la résistance, à condition que la composition granulométrique et la nature des matériaux soient judicieusement choisies, maintenues constantes, et qu'il ne soit pas employé plus d'eau que strictement nécessaire pour obtenir une mise en place parfaite.

Puisque le sable normal au dosage 1 : 3 donne la même résistance qu'un sable de rivière convenablement gradué au dosage 1 : 5 (diminution de 110 Kgs de ciment par m³ de mortier), il s'ensuit que le premier ne convient pas pour les constructions, comme du reste tout autre sable à grains de grosseur uniforme. C'est donc à tort qu'il est utilisé dans plusieurs laboratoires pour juger de la qualité de matériaux à examiner. En effet, on compare souvent les résistances obtenues par deux mortiers au dosage 1 : 3, damés à la machine, préparés, l'un avec le sable normal, l'autre avec celui qui doit être essayé.

On n'obtient pas ainsi des renseignements utilisables sur les chantiers parce que tel sable qui donnera d'excellents résultats au dosage 1 : 3 et damé, pourra se révéler médiocre à un dosage plus faible et à une consistance plus fluente. Ceci se remarque en particulier avec le sable normal lui-même pour lequel, dès que le dosage est inférieur à 1 : 3, les résistances sont déplorables par suite du défaut de compacité. Par contre, tel autre sable mieux gradué peut être douteux au dosage 1 : 3 et se montrer pourtant excellent aux faibles dosages et pour les consistances très fluides parce qu'il permet d'obtenir un mortier tout à fait compact [1].

L'essai rationnel du sable doit se faire en comparant les résistances obtenues par deux mortiers au dosage et à la consistance prévus pour la construction projetée, et préparés l'un avec un sable convenablement gradué, l'autre avec le sable à étudier.

[1] En réduisant le dosage de 1 : 3 à 1 : 5 la résistance du mortier au sable normal tombe de 1,0 à 0,3.
Pour la même diminution de dosage la résistance d'un mortier bien gradué tombe de 1,0 à 0,8 seulement.

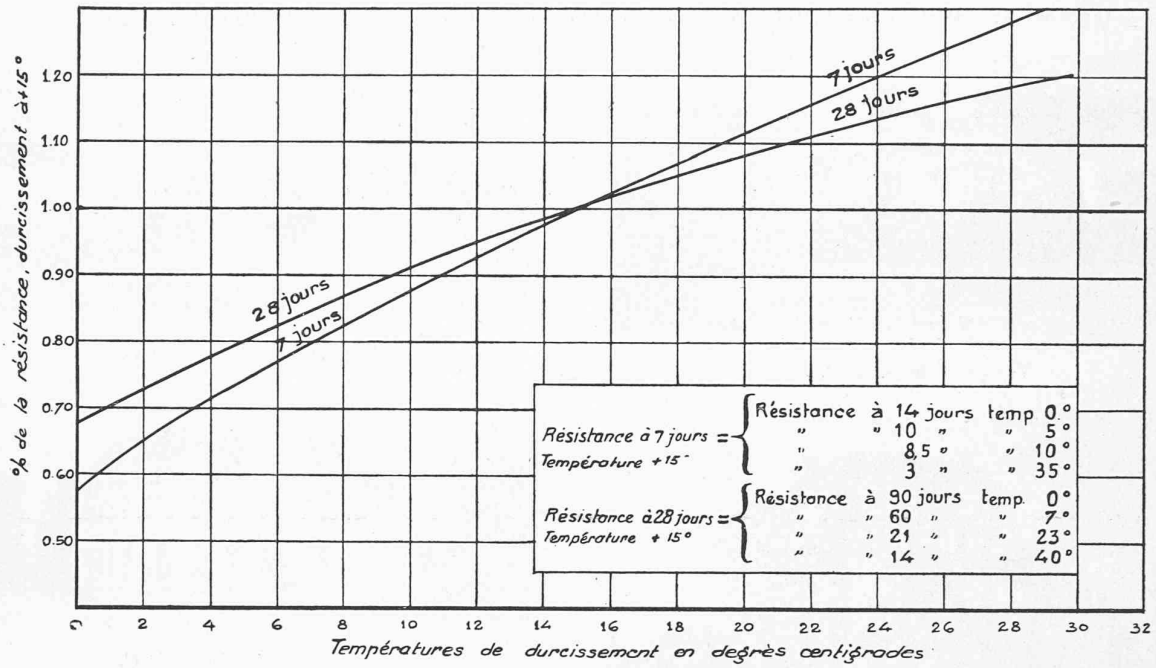


Fig. 4. — Variation de la résistance du béton en fonction de la température de durcissement.

Les figures 1-3 permettent de faire encore les constatations suivantes :

1) Le dosage n'intervient dans la résistance que parce qu'il modifie le facteur $\frac{C}{E}$ qui est seul déterminant.

2) Pour un même mortier le degré de fluidité peut faire varier :

a) La résistance du simple au triple.

b) La quantité d'eau de gâchage du simple au double.

c) Le poids du sable et du ciment par m³ de mortier de 15 à 20 %.

3) Un sable mal gradué peut exiger, pour le même dosage et la même consistance, jusqu'à 35 % plus d'eau de gâchage qu'un autre sable à bonne composition granulométrique.

4) Le poids du sable par m³ de mortier peut varier de 1250 à 2050 Kgs suivant le dosage, la consistance, la composition granulométrique. L'influence de cette dernière est d'autant plus grande que le dosage est plus faible [1].

Dosages.

Les dosages se font habituellement en poids de ciment (quelquefois en volumes) par m³ de sable, de gravier ou par m³ de mélange sable et gravier. Cette méthode entraîne fréquemment des erreurs d'appréciation du dosage exact qui peuvent dépasser le 20 %, non seulement par suite de l'influence de la fluidité (facteur 2. *c* ci-dessus), mais encore parce que le volume occupé par une même quantité de sable peut varier jusqu'à 30 % suivant son degré d'humidité et son tassement plus ou moins prononcé. Au barrage de Barberine, le foisonnement du sable humide a été en moyenne de 12 %.

Un mode de dosage plus précis consiste à fixer le poids du ciment par m³ de mortier ou béton en œuvre. On évite ainsi l'influence du tassement, du foisonnement, du degré de fluidité, tout en permettant de modifier les proportions ou la nature du sable et du gravier. Le contrôle se fait facilement au moyen de quelques essais de rendement.

Il est préférable d'imposer, non pas le dosage, mais les qualités de résistances, de compacité, etc., qui doivent être obtenues. C'est ainsi que pour l'achèvement du barrage de Barberine le dosage a été fixé par m³ de béton en place. L'Entreprise a le libre choix des matériaux, de la proportion du sable au gravier, de la consistance ; par contre le béton doit offrir des qualités de résistance, de compacité (étanchéité), de densité nettement spécifiées au contrat. Ce mode de faire, qui a donné jusqu'ici d'excellents résultats, est souvent appliqué dans les constructions de béton armé, pour les ponts, etc. mais ne peut encore être généralisé sur tous les chantiers.

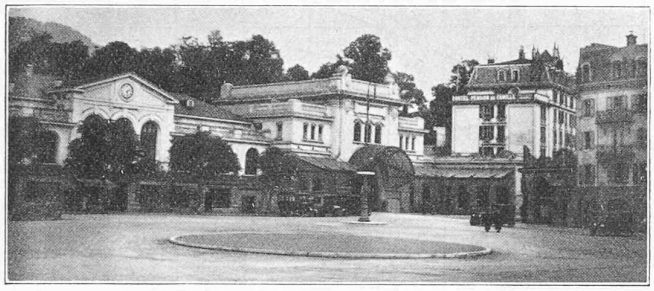
Influence de la nature du sable et du gravier.

La provenance du sable et du gravier, leur nature, leur composition granulométrique n'influent sur la résistance du béton *à la compression* qu'en ce qu'elles permettent de modifier le facteur $\frac{C}{E}$, sous réserve toutefois que le sable ou le gravier ne contiennent aucune substance ayant une action chimique sur le ciment et

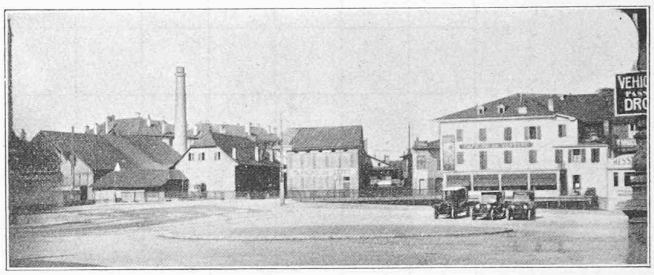
[1] Dans certains cas il sera même avantageux d'ajouter des impuretés au sable (argile, etc.) si ce moyen permet d'obtenir la compacité d'un mortier à faible dosage, préparé avec un sable grossier.

Il sera toujours préférable d'ajouter du sable propre très fin ou de la poudre de pierre.

CONCOURS POUR UNE FONTAINE DÉCORATIVE SUR LA PLACE DE LA GARE, A VEVEY.

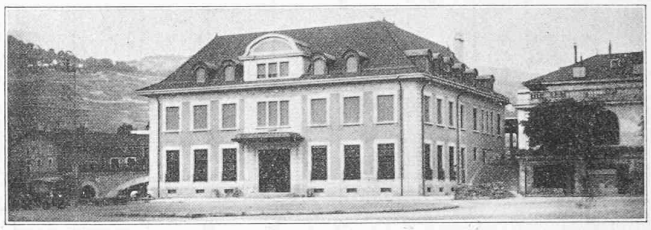


Vue prise du point *D*.

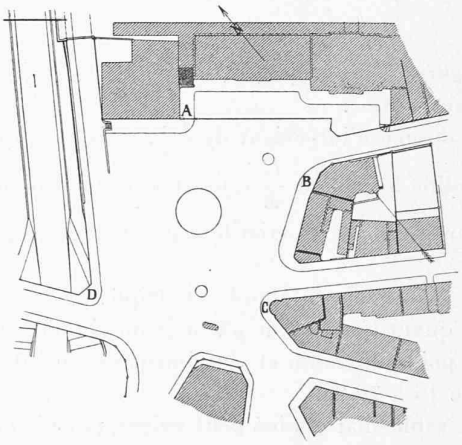


Vue prise du point *B*.

Vue prise du point *A*.



Vue prise du point *C*.



Plan de la place de la gare, à Vevey. — 1 : 2500.

(Le grand cercle représente l'emplacement de la future fontaine).

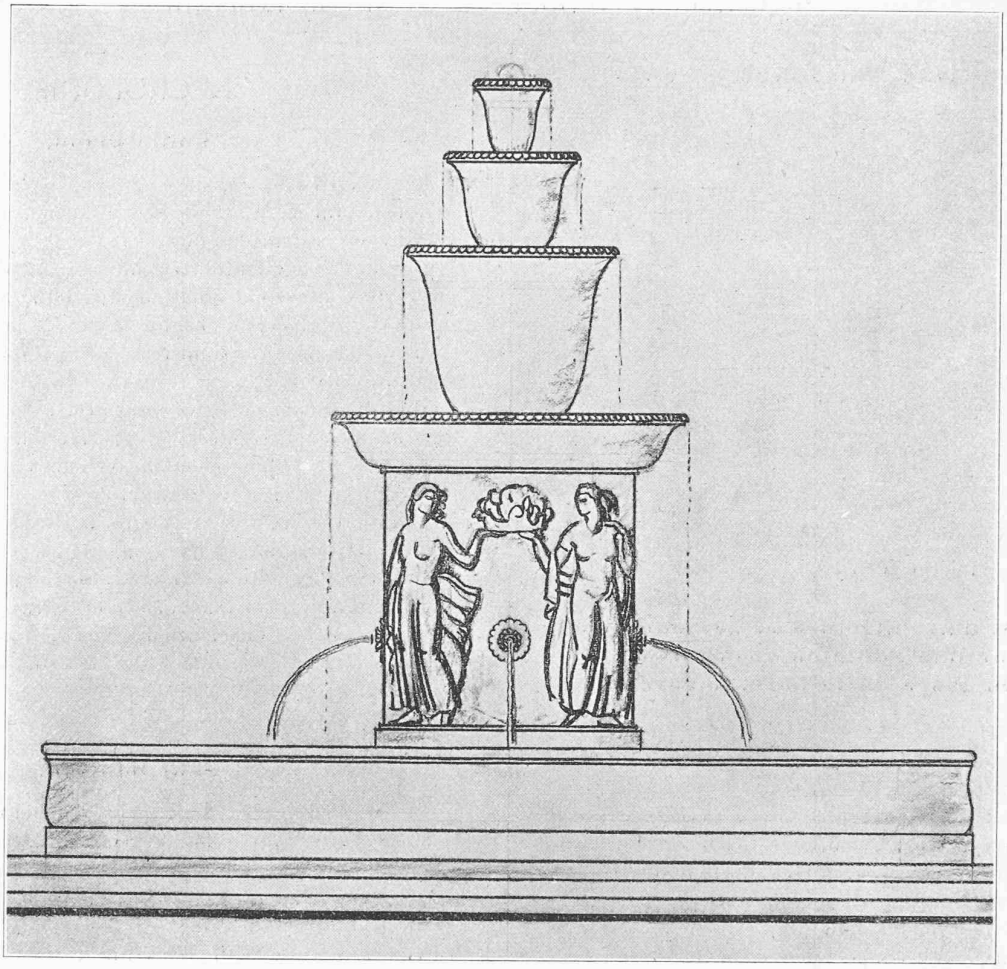
que la résistance de la roche dont ils proviennent soit supérieure à celle de la pâte liante.

D'une façon générale le sable et le gravier auront une influence d'autant plus favorable sur le facteur $\frac{C}{E}$ que les grains se rapprocheront davantage de la forme sphérique et que leur surface sera plus unie. A ce point de vue, les sables et graviers de rivière donneront toujours, pour une même composition granulométrique, de meilleurs résultats à la compression que les matériaux concassés. Ceux-ci par contre permettent d'obtenir plus facilement une granulation régulière correspondant à celle de résistance maximale ; de plus la poudre de pierre, provenant de roches dures spécialement choisies, aura fréquemment des effets pouzzolaniques plus ou moins prononcés.

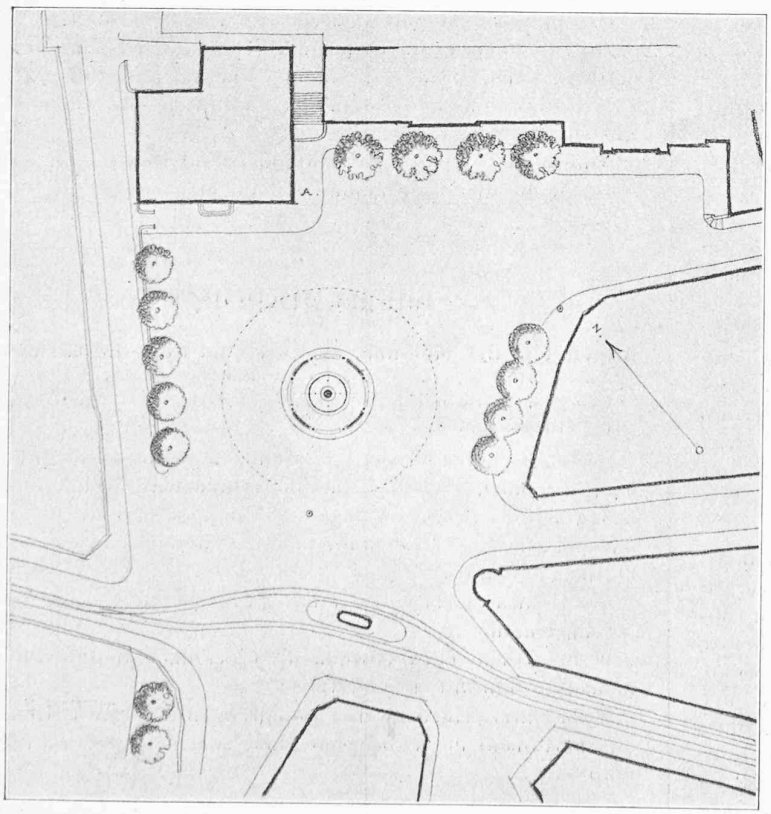
Simplification des essais préliminaires.

Du fait que la nature du gravier n'influe qu'indirectement sur la résistance à la compression qui dépend uniquement de celle de la pâte liante, il s'ensuit que l'étude d'un béton peut souvent se réduire à celle d'un mortier, d'où économies importantes de temps, installations, transports, etc. L'adjonction ultérieure du gravier aura cependant pour effet d'exiger un supplément d'eau de gâchage, ce dont il peut être tenu compte approximatif en diminuant le dosage du mortier constituant la pâte liante de 15 à 25 %. Ceci se détermine par quelques essais.

De même, au lieu de prélever en cours des travaux des échantillons de béton tout venant pour lesquels il faut employer des moules d'au moins 16 à 20 cm. de côté, lourds et encombrants, il suffit d'extraire le mortier du béton, ce qui permet d'utiliser sans inconvénient des moules de 7 cm. de coté. Le mortier extrait a le même $\frac{C}{E}$, il devrait avoir la même résistance. En fait, on constate que la résistance à l'écrasement de cubes de 7 cm. de côté de mortier extrait est en moyenne de 20 % plus élevée que celle de cubes de béton de 20 cm. Ce phénomène doit être attribué à une plus grande homogénéité, à une meilleure mise en moule ou mise sous presse des cubes de 7 cm., ou, comme les dimensions de ces derniers sont plus faibles, à ce qu'une plus forte partie de l'excès d'eau de gâchage peut s'écouler avant le commencement de la prise. Les résistances obtenues



Elévation. — 1 : 50.



Plan de situation. — 1 : 1250.

CONCOURS POUR UNE FONTAINE DÉCORATIVE A VEVEY

Ier prix : projet « Pays Romand », de M. *J. S. Buffat*, architecte, à Lausanne et *Milo Martin*, sculpteur, à Lausanne.

pour les mortiers extraits sont en effet plus grandes que celles données par la formule (2).

Influence de la température.

La figure 4 donne, d'après les essais de *T. F. Richardson*, publiés dans « A treatise on concrete plain and reinforced » par *F. W. Taylor* et *S. E. Thompson*, l'influence de la température sur la rapidité du durcissement. Cet effet s'atténue avec l'âge pour disparaître presque complètement au bout d'une année.

Influence de la durée du durcissement.

En prenant pour unité la résistance à 28 jours nous avons trouvé, dans le cas du durcissement dans l'eau ou le sable humide, température + 15

Résistance à	7 jours	0,70
»	28 »	1,00
»	3 mois	1,34
»	6 »	1,80
»	1 an	2,00

(A suivre.)