

Module de finesse d'Abrams et calcul de l'eau de gâchage des bétons

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

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **57 (1931)**

Heft 5

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-44129>

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

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE TECHNIQUE SANITAIRE

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

SOMMAIRE : *Module de finesse d'Abrams et calcul de l'eau de gâchage des bétons*, par J. BOLOMEY, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de Lausanne (suite). — *Les maisons métalliques* (suite et fin). — *Effondrements de ponts à la suite de défaillance d'une pile. — Dans le vaste monde. — Le mouvement architectural, technique et industriel. — La maison universitaire suisse, à Paris.* — SOCIÉTÉS : *Section genevoise de la Société suisse des ingénieurs et des architectes. — Section neuchâteloise de la Société suisse des ingénieurs et des architectes. — Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (Section S. I. A.). — Société suisse des ingénieurs et des architectes.* — CARNET DES CONCOURS. — *Service de placement.*

Ce numéro contient 16 pages de texte.

Module de finesse d'Abrams et calcul de l'eau de gâchage des bétons

par J. BOLOMEY, professeur,
chef de la Division des matériaux pierreux du
Laboratoire d'essai des matériaux de l'Ecole d'Ingénieurs
de Lausanne.

(Suite. ¹)

A. Module de finesse d'Abrams.

La composition granulométrique d'un ballast est complètement définie si l'on connaît les refus, en % du poids total, sur une série de tamis à mailles de différentes ouvertures convenablement choisies.

En additionnant les refus sur tamis à mailles de 0,15, 0,30, 0,60, 1,2, 2,4, 4,8, 9,6, 19, 38, 76, 152 mm de diamètre, le poids total étant pris comme unité, on obtient le *module de finesse d'Abrams* du ballast considéré.

Ainsi le module de finesse du béton I de la fig. 1 aura pour valeur :

Refus sur tamis à 0,15 mm	0,78	} M = 2,53
» » 0,30 mm	0,66	
» » 0,60 mm	0,52	
» » 1,2 mm	0,37	
» » 2,4 mm	0,20	
» » 4,8 mm	0,00	

Les calculs des modules de finesse des bétons I à VIII sont donnés en détail dans le tableau III.

Les propriétés essentielles du module de finesse, telles que définies par Abrams, sont les suivantes :

La résistance d'un béton croît en même temps que le module de finesse du ballast qui a servi à sa fabrication.

Deux ballasts de même nature et de même module de finesse sont équivalents.

D'après ce qui a été vu plus haut relativement à la résistance d'un béton en fonction du facteur C/E , il est facile de déduire que la quantité d'eau de gâchage diminue quand le module de finesse augmente et qu'à chaque module de finesse correspond une quantité d'eau de gâchage déterminée, compte tenu du dosage,

¹ Voir *Bulletin technique* du 21 février 1931, page 41.

de la nature du ballast, de la consistance du béton.

Dans son ouvrage « The design of concrete mixtures » Abrams a donné toute une série de graphiques permettant de trouver rapidement les quantités d'eau de gâchage et les résistances probables des bétons en fonction du module de finesse du ballast en tenant compte de la nature du ballast (roulé ou concassé), du dosage et de la qualité du liant, de la consistance du béton.

Bien que le module de finesse permette d'apprécier rapidement et avec une précision très suffisante pour les besoins du chantier la qualité d'un ballast (pourvu que celui-ci corresponde à un béton travaillable), son emploi ne s'est pas généralisé jusqu'ici, en Europe tout au moins, à cause des inconvénients suivants :

La détermination du module de finesse exige, au moins à première vue, l'emploi de nombreux tamis à mailles de dimensions bien définies qu'il est difficile de se procurer.

L'usage du module se fait habituellement au moyen de graphiques, sans que sa signification réelle soit connue, ce qui entraîne facilement des erreurs d'interprétation, les graphiques ayant été établis en se basant sur les mesures et les méthodes d'essais américaines qui diffèrent de celles usitées en Europe.

Ces inconvénients sont faciles à éliminer. En effet en reportant en abscisses sur le graphique des compositions granulométriques, non pas les diamètres d des grains du ballast, mais $\log. d$, les intervalles entre les abscisses des diamètres des tamis d'Abrams sont tous égaux (8,5 mm dans le cas des fig. 1 et 2) et le module de finesse du béton VI par exemple est proportionnel à la surface $ABCD$. Dans le cas des fig. 1 et 2 $M = (ABCD) \text{ cm}^2 : 7,2$. La droite AD correspond au diamètre 0,11 mm (tamis à 2500 mailles par cm^2).

Cette considération permet de calculer le module de finesse en partant de tamis de diamètres entièrement différents de ceux d'Abrams. C'est ainsi que les bétons des tableaux I et IV ont été gradués en utilisant des composantes de 0 à 0,35, 0,35 à 2, 2 à 4, 4 à 8, 8 à 15, 15 à 30, 30 à 60, 60 à 120 mm ; la précision est d'autant plus grande que les tamis, surtout ceux à petits diamètres, sont plus nombreux.

Tableau III

Calcul des modules de finesse des bétons

Diamètres des mailles des tamis.	Refus sur les divers tamis, le poids total du ciment + ballast étant égal à 1.00															
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	A	B	C	D	E	F	G	H
0.15 mm	0.78	0.81	0.83	0.85	0.86	0.87	0.85	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.78	0.84
0.30 »	0.66	0.73	0.77	0.81	0.83	0.85	0.83	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.62	0.81
0.60 »	0.52	0.62	0.70	0.76	0.80	0.82	0.74	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.65	0.58	0.76
1.2 »	0.37	0.52	0.63	0.71	0.77	0.80	0.63	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.50	0.58	0.70
2.4 »	0.20	0.40	0.54	0.65	0.72	0.77	0.54	0.60	0.54	0.54	0.54	0.54	0.57	0.40	0.58	0.56
4.8 »	—	0.20	0.40	0.54	0.65	0.72	0.49	0.60	0.40	0.44	0.44	0.44	0.57	0.40	0.58	0.26
9.6 »	—	—	0.18	0.39	0.54	0.65	0.47	0.52	0.18	0.33	0.44	0.44	0.57	0.40	0.58	0.11
19.0 »	—	—	—	0.17	0.38	0.53	0.31	0.20	—	—	0.30	0.44	0.57	0.40	0.58	—
38.0 »	—	—	—	—	0.16	0.38	—	—	—	—	—	0.30	0.36	0.27	0.36	—
76.0 »	—	—	—	—	—	0.17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
152.0 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
M =	2.53	3.28	4.05	4.88	5.71	6.56	4.86	4.87	4.05	4.24	4.65	5.09	5.57	4.62	5.24	4.04
E' = 38.5 : M =	15.2	41.7	9.5	7.9	6.7	5.8	7.9	7.9	9.5	9.1	8.3	7.6	6.9	8.3	7.4	9.5

D'autre part il est admissible de déterminer le module de finesse de chaque composante du béton. Ces modules partiels n'ont pas de signification par eux-mêmes, mais ils permettent de calculer rapidement le module de finesse du béton (ciment + ballast), le seul qui a un sens précis parce que seul il correspond à une quantité d'eau de gâchage déterminée.

Considérons le béton VI (tableau I et fig. 1), il est obtenu par le mélange de
 12,6 % de ciment de module. 0,0
 2,4 » de ballast de 0,1 à 0,35 mm de module 0,9
 7,0 » » 0,35 à 2 mm » 3,8
 4,0 » » 2 à 4 mm » 4,8
 7,0 » » 4 à 8 mm » 5,8
 9,0 » » 8 à 15 mm » 6,7
 14,0 » » 15 à 30 mm » 7,7
 20,0 » » 30 à 60 mm » 8,7
 24,0 » » 60 à 120 mm » 9,7

Lorsque le diamètre double, le module augmente de 1,00.

Le module de finesse du mélange (ciment + ballast) sera

0,126 × 0,0 = 0,00
0,024 × 0,9 = 0,02
0,070 × 3,1 = 0,22
0,040 × 4,8 = 0,19
0,070 × 5,8 = 0,41
0,090 × 6,7 = 0,60
0,140 × 7,7 = 1,08
0,200 × 8,7 = 1,74
0,240 × 9,7 = 2,33
1,000
6,59

tandis que le module du béton entier (tableau III) a été trouvé égal à 6,63.

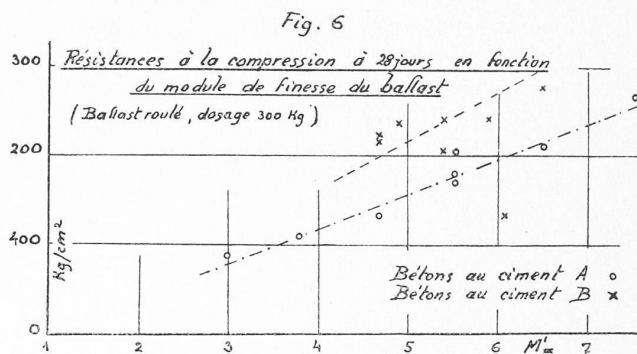
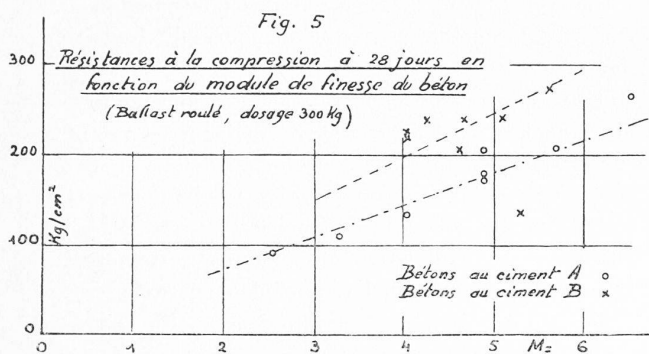
Cette simple règle permet de trouver immédiatement dans quelles proportions il faut mélanger divers ballasts composants, de modules connus, pour obtenir un mélange ayant un module fixé à l'avance. Il y aura souvent une infinité de solutions, toutefois seules entrèrent en considération celles qui correspondent à des bétons de chantier ayant des teneurs en particules fines et en sable suffisantes pour qu'ils soient compacts, plastiques, sans tendance au démélange.

Sur la figure 5 les résistances des bétons aux ciments A et B ont été rapportées en fonction de leurs modules de finesse. L'examen de ce graphique permet de déduire la loi suivante :

Pour un même dosage d'un même liant, même consistance du béton et même nature de ballast, les résistances sont sensiblement proportionnelles au module de finesse du béton.

Les bétons IV, VII, VIII ont le même module de finesse de 4,87 ; leurs résistances à 28 jours sont respectivement de 201, 177 et 170 kg/cm² ; elles diffèrent entre elles de 10 à 12%.

Les bétons C, F, de même module 4,65 ont offert à 28 jours des résistances de 240 et 202 kg/cm², soit des écarts de 17%.



Les bétons A et H, de même module 4,05 ont des résistances de 219 et 215 kg/cm², soit un écart de 2%.

Il est permis de déduire de ces essais que, d'une façon générale, pour le même dosage d'un même ciment, même consistance, même nature du ballast, les bétons de même module ont sensiblement la même résistance : ils sont équivalents. Les écarts peuvent toutefois atteindre près de 20% pour les bétons à granulation très irrégulière.

Les tableaux I et II fournissent encore un autre renseignement :

Pour une même consistance, même nature du ballast, la quantité d'eau de gâchage varie inversement proportionnellement au module de finesse du béton.

En effet :

Béton	Module M du béton	Eau de gâchage effective en % du poids des matières sèches.	Produit E × M
I	2,53	13,2	33,7
II	3,28	10,5	34,8
III	4,05	9,5	38,5
IV	4,88	7,5	36,8
V	5,71	6,9	39,7
VI	6,56	5,8	38,6
VII	4,86	7,9	38,8
VIII	4,87	8,2	40,0
A	4,05	9,1	36,8
B	4,24	8,8	37,5
C	4,65	8,4	39,1
D	5,09	8,0	40,8
E	5,57	7,1	39,8
F	4,62	8,6	39,6
G	5,24	10,4	54,5
H	4,04	8,8	35,7
			Moyenne 38,6

Ainsi pour la consistance molle pour béton armé, ballast à grains arrondis

$$E = 38,6 : M$$

Le plus grand écart a été de 29 %.

Erreur moyenne de 5,9 %

D'une façon générale $E = b : M$.

E = eau de gâchage en % du poids des matières sèches (ciment + ballast).

M = module de finesse du mélange (ciment + ballast).
 b = facteur dépendant de la consistance du béton et de la nature des matériaux.

Cette formule est d'un grand intérêt parce qu'elle permet de calculer l'eau de gâchage pour n'importe quel dosage et pour n'importe quelle consistance ; elle n'est d'ailleurs applicable que pour le mélange (ballast + ciment) correspondant à un béton travaillable ayant un $M > 2$.

	Grains arrondis (roulé)	Grains rugueux (concassé)
Béton sec damé (pierre artificielle)	$b = 34$	41
Béton mou (béton armé)	$b = 38,5$	45
Béton coulé	$b = 43$	52

La valeur de E ainsi déterminée permettra de calculer la résistance probable du béton avec une précision suffisante pour les besoins du chantier au moyen de la formule approchée :

$$R = \left(\frac{C \cdot M}{b} - 0,50 \right) \times K \text{ kg/cm}^2$$

C = le dosage en liant en % du poids du mélange (ciment + ballast).

M = Le module de finesse du béton.

K = Le coefficient de qualité du liant.

Ciment A $K_{28} = 142$ $Rn_{28} = 411 \text{ kg/cm}^2$

» B $K_{28} = 205$ $Rn_{28} = 515$ »

Exemple. Déterminer le module de finesse que doit posséder un ballast roulé pour qu'un béton à la consistance molle, au dosage de 250 kg d'un ciment ayant un K_{28} de 180, (résistance à l'essai normal 480 kg/cm² à 28 jours) atteigne une résistance de 200 kg/cm² à 28 jours. Indiquer les caractéristiques d'un tel béton.

Un dosage de 250 kg/m³ de béton correspond à environ 11 % du poids des matières sèches. On a donc

$$200 = \left(\frac{11 \times M}{38,5} - 0,50 \right) \times 180$$

d'où M béton = 5,6

Module de finesse du ballast = 5,6 : 0,89 = 6,3
 (0,11 × 0,0 + 0,89 × 6,3 = 5,6) ce qui correspond à un ballast du type de celui du béton V.

Caractéristiques du béton :

Poids en %		Volumes	
Ciment	41	41 : 3,4 =	3,55
Ballast	89	89 : 2,65 =	33,60
Eau = 38,5 : 5,6	6,9	6,9 : 1,0 =	6,90
	<u>106,9</u>		<u>44,05</u>

Poids spéc. ciment	3,40
» ballast	2,65
» eau	1,00

Densité du béton compact = $106,9 : 44,05 = 2,43$

$$\frac{2,43}{106,8} \times 11 = 250 \text{ kg C. P.}$$

$$\text{» } \times 89 = 2023 \text{ » ballast}$$

$$\text{» } \times 6,9 = 157 \text{ » eau}$$

$$2430 \text{ kg}$$

$$C/E = 250 : 157 = 1,59$$

$$R = (1,59 - 0,50) \times 180 = 197 \text{ kg/cm}^2$$

Le ballast de $M = 6,3$ pourra être constitué, par exemple, par le mélange de 40 % de sable ayant un $M = 3,0$ densité apparente 1,7, et de 60 % de gravier ayant un $M = 8,5$ densité apparente 1,5.

La composition du béton devient :

Ciment	250 kg
Sable $M = 3$, densité 1,7	475 litres ($0,40 \times 2023 : 1,7$)
Gravier $M = 8,5$ » 1,5	815 » ($0,60 \times 2023 : 1,5$)
Eau	157 »

L'emploi rationnel du module de finesse d'Abrams permet ainsi de résoudre rapidement et facilement la plupart des problèmes relatifs à la constitution d'un béton de qualité déterminée. Il y a cependant certains cas où cette méthode se trouve en défaut, notamment lorsque la teneur en particules fines dépasse certaines limites. C'est ainsi que le béton G (fig. 2) a exigé 10,4 % d'eau de gâchage alors que le calcul au moyen du module ne donne que 7,4 %, soit 29 % de moins que la réalité. De même le béton I, de 0—4 mm a exigé 13,2 % d'eau, alors que le calcul donne 15,2 %, soit 15 % de plus que la réalité. D'une façon générale le module conduit à sous-estimer les bétons à faibles modules (mortiers sans excès de particules fines) et à surestimer ceux à module plus favorable, mais à forte teneur en ultrafin. Ces cas spéciaux exceptés, le module permet de déterminer la quantité d'eau de gâchage à 5 % près.

(A suivre.)

Les maisons métalliques.

(Suite et fin.)¹

La maison de la « Société des Forges de Strasbourg. »

Ce type est de la catégorie ossature métallique, mur composé, avec paroi extérieure en tôle d'acier.

L'ossature métallique est composée de cadres en fers cornières réunis au moyen de boulons.

¹ Voir *Bulletin technique* du 21 février 1931, page 44.

Ces cadres sont disposés sur une poutre sablière basse en fer **L** reposant sur quelques dés de fondation en béton.

Cette poutre sert, d'autre part, à supporter les solives du plancher. Une autre poutre analogue, reposant aussi sur des dés de fondation, divise en deux parties égales la largeur de la maison ; elle sert à supporter l'autre extrémité des solives du plancher et porte des poteaux utilisés pour l'édification des cloisons médianes et pour supporter la poutre médiane du plancher supérieur.

Les solives du plancher supérieur ou du toit-terrasse sont assemblées à l'avance, sous forme de cadres munis de goussets qui s'emboîtent dans les intervalles de deux cadres d'ossature consécutifs : on obtient ainsi un ensemble d'une grande rigidité et indéformable.

Les cadres portant les fenêtres et les portes, préparés en atelier, ont exactement les mêmes dimensions que les cadres de remplissage. Ils peuvent s'assembler dans un ordre quelconque (fig. 6).

Ce système, tout en gardant les avantages de la fabrication en série, peut être adapté aux plans les plus variés, avec la plus grande facilité.

A la partie supérieure, on peut édifier, soit un second étage, construit d'une façon identique, soit une toiture-terrasse. La paroi extérieure est en tôle d'acier.

L'acier utilisé est de l'acier au cuivre *Apso*, dont la résistance à l'oxydation est supérieure à celle de l'acier ordinaire.

D'autre part, cette tôle reçoit, à l'atelier, une couche de minium de fer, et, après montage, une couche de peinture anti-corrosive. On termine enfin par une nouvelle couche de peinture de la couleur choisie par l'occupant ou l'architecte.

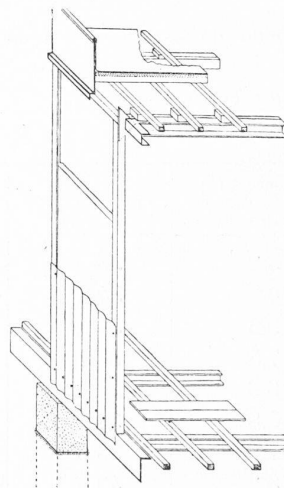


Fig. 6. — Détail de montage des panneaux et planchers de la maison des « Forges de Strasbourg ».

Les tôles employées sont gauffrées à la presse, suivant un profil spécial comportant un large plat central et deux ou trois ondes latérales. Elles sont d'un aspect décoratif satisfaisant.

Ces ondulations donnent à la tôle, malgré son épaisseur d'un peu moins de 0,001 m, une grande rigidité qui facilite le montage et la réalisation des joints.

En raison de la protection absolue qu'offre la tôle, il est possible d'employer, pour la paroi intérieure, les matériaux les plus divers, sans qu'il soit nécessaire de se préoccuper de leur résistance éventuelle à l'humidité. C'est ainsi que l'on peut employer à volonté les carreaux de plâtre, les agglomérés de tourbe, le « solomite », le « celotex » et tous matériaux analogues.