

Le béton vibré ou pervibré, ses propriétés et conditions d'emploi

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

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **60 (1934)**

Heft 8

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-46374>

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

DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :
 Suisse : 1 an, 12 francs
 Etranger : 14 francs
 Pour sociétaires :
 Suisse : 1 an, 10 francs
 Etranger : 12 francs
 Prix du numéro :
 75 centimes.
 Pour les abonnements
 s'adresser à la librairie
 F. Rouge & C^e, à Lausanne.

Rédaction : H. DEMIERRE et
 J. PEITREQUIN, ingénieurs.

Paraissant tous les 15 jours

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

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

ANNONCES :
 Le millimètre sur 1 colonne,
 largeur 47 mm. :
 20 centimes.
 Rabais pour annonces répétées
 Tarif spécial
 pour fractions de pages.
 Régie des annonces :
Indicateur Vaudois
 (Société Suisse d'Édition)
 Terreaux 29, Lausanne.

SOMMAIRE : *Le béton vibré ou pervibré, ses propriétés et conditions d'emploi*, par J. BOLOMEY, professeur à l'École d'Ingénieurs de Lausanne. — *Nos connaissances actuelles sur l'état des tensions dans les cordons de soudure*, par D. ROSENTHAL, chef de travaux à l'Université de Bruxelles. — *A propos de fondations de bâtiments (suite et fin)*. — *Voiture automobile « aérodynamiquement » carénée*. — CHRONIQUE GENEVOISE. — CHRONIQUE. — *Le Cinquantenaire des Ateliers de Sécheron*. — VII^{me} Congrès international de la Route. — NÉCROLOGIE : *Samuel de Perrot, ingénieur*. — SOCIÉTÉS : *Société suisse des ingénieurs et des architectes ; Section genevoise de la S. I. A.* — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS.

Le béton vibré ou pervibré, ses propriétés et conditions d'emploi,

par J. BOLOMEY, professeur à l'École d'Ingénieurs de Lausanne.

La résistance d'un béton dépend : du dosage et de la qualité du ciment, de la quantité d'eau de gâchage, de la compacité du béton (densité).

Pour un dosage donné la résistance sera d'autant plus grande que la quantité d'eau de gâchage sera plus faible et que la densité sera plus élevée. Il faut donc chercher à obtenir un béton compact gâché avec le minimum d'eau.

Ces conditions peuvent être réalisées par le choix d'une bonne granulation du ballast et en utilisant un béton à la consistance de terre humide, rendu compact par le damage. C'est ce qui se fait, par exemple, pour la fabrication de la taille artificielle, des blocs, des tuyaux de ciment, etc.

Un damage intense ne convient pas, toutefois, pour les constructions en béton armé : la moindre négligence des ouvriers entraîne la formation de nids de graviers, de zones poreuses de moindre résistance où les fers, mal enrobés, sont exposés à la rouille et peuvent glisser dans leur gaine de béton. Les armatures sont facilement déplacées et ne travaillent plus dans les conditions prévues par les calculs. Enfin les fers sont souvent si rapprochés que tout damage efficace devient impossible.

Pour toutes ces raisons on utilise habituellement pour les ouvrages armés un béton très plastique qu'il suffit de travailler, de larder avec des barres de fer pour assurer une bonne mise en œuvre. Si ce béton est compact, c'est aux dépens de sa résistance par suite de l'excès d'eau de gâchage. Celui-ci croît à mesure que les dimensions des éléments à bétonner diminuent ou que l'encombrement des fers est plus grand. Cette nécessité d'augmenter la fluidité du béton à mesure que l'ouvrage est plus mince et

plus fortement armé n'a pas permis jusqu'ici de tirer tous les avantages escomptés de l'amélioration de la qualité des ciments.

* * *

Il est connu depuis longtemps qu'en frappant sur les coffrages on fait tasser le béton, ce qui produit un effet analogue au damage. L'action de chocs isolés est cependant très limitée ; elle est influencée par la masse et la consistance du béton, par la rigidité des coffrages et surtout par le savoir-faire des ouvriers. Le résultat obtenu est difficilement contrôlable c'est pourquoi ce procédé n'est pas utilisé d'une façon systématique sur les chantiers.

Au lieu de frapper à la masse sur les coffrages il est préférable d'appuyer sur ceux-ci des marteaux à air comprimé, ce qui diminue la fatigue des ouvriers et augmente l'efficacité des secousses. Sous l'action des chocs répétés, se succédant à la cadence de 1000 à 2000 à la minute, les frottements intérieurs sont en grande partie annihilés et un béton, même peu plastique, se liquéfie, coule, remplit tous les vides et assure un enrobage parfait des armatures. En outre, des secousses rapides, de faible puissance, fatiguent moins les coffrages qu'un petit nombre de chocs violents. Cette méthode de mise en œuvre du béton a été utilisée par M. Freyssinet lors de la construction des hangars d'Orly.

Le rendement est notablement amélioré lorsqu'on remplace les marteaux tenus à la main, par des *vibrateurs* fixés rigidement aux coffrages. Toute la fatigue des ouvriers est supprimée, la puissance des vibrateurs peut être proportionnée à la masse de béton à vibrer ; le nombre des vibrations varie, suivant les appareils, entre 2000 et 8000 à la minute, en outre le rapport du poids de la partie mobile (piston) à celui de la partie fixe (cylindre) est plus grand dans un vibrateur que dans un marteau, ce qui augmente l'efficacité de chaque secousse.

La vibration réalisée dans ces conditions supprime tous les frottements intérieurs et un béton à la consistance de terre humide (130-150 l d'eau par m³ de béton) se liquéfie et coule sous un talus de 10 %, en même temps que se dégage une grande partie de l'air emprisonné dans la masse du béton.

Les vibrateurs ont été utilisés avec plein succès par M. Freyssinet pour la construction du viaduc de Plougastel et, plus près de nous, par l'entreprise *Couchepin, Dubuis & C^{ie}* pour le bétonnage du pont-route¹ du Gueuroz sur le Trient dont les travaux ont été dirigés par M. Senn, ingénieur.

Pour de grosses masses de béton la « Compagnie parisienne d'outillage à air comprimé » préconise l'emploi de *pervibrateurs*, c'est-à-dire de vibrateurs logés dans des flotteurs qui sont placés dans ou sur la masse de béton à vibrer.

* * *

La vibration du béton a ses thuriféraires et ses détracteurs, comme tout nouveau procédé de construction encore mal connu. Les uns lui attribuent la propriété d'éliminer la majeure partie de l'excès d'eau de gâchage, d'activer le durcissement du béton, de conférer à celui-ci, même très plastique, une résistance au moins égale à celle du béton damé. Les autres, se basant sur quelques succès dus à la méconnaissance des limites de l'efficacité de la vibration, lui dénie toute valeur pratique. La vérité se trouve entre ces deux extrêmes.

Les résultats des essais effectués au *Laboratoire d'essai des matériaux de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne* peuvent se résumer comme suit :

L'avantage essentiel de la vibration est de permettre de couler un béton relativement sec qui ne pourrait être mis correctement en œuvre par les procédés habituels des chantiers.

Elle permet une réduction notable de la quantité d'eau de gâchage et, par cela même, d'obtenir des résistances plus élevées par suite de la majoration du rapport *C/E*, ainsi que permet de le constater la série d'essais suivante :

	Consistance pour béton vibré		Consistance habituelle béton plastique	
Ciment, kg/m ³ béton	204	307	200	302
Eau, kg/m ³ béton	138	153	163	172
<i>C/E</i>	1,48	2,00	1,23	1,76
Densité du béton. .	2,41	2,43	2,39	2,41

Résistances à la compression.

7 jours	} béton vibré kg/cm ²	145	277	74	188
		» secoué »	136	275	73
28 jours	} » vibré »	204	402	132	278
		» secoué »	192	387	138

Résistances à la flexion.

7 jours	} béton vibré kg/cm ²	29,6	55,3	18,7	32,4
		» secoué »	29,6	53,5	21,4
28 jours	} » vibré »	42,0	53,5	25,5	44,2
		» secoué »	41,3	41,3	21,9

¹ Voir la description de ce pont dans le *Bulletin technique* du 17 février 1934. *Réd.*

Tous ces bétons ont été gradués suivant

$$P = 10 + 90 \sqrt{d : 30}$$

en utilisant du ballast roulé de la « *Sagrave* » et du ciment portland de *Vernier*.

Pour chaque qualité de béton nous avons fabriqué des prismes de 12 × 12 × 36 cm, le béton étant mis en œuvre par vibration pour les uns et par secousses ou en frappant sur les moules, pour les autres.

Les bétons à la consistance de terre humide ont eu par rapport à ceux à la consistance plastique des résistances à la compression plus élevées de :

Dosage 200	7 jours	71 kg/cm ²	soit de 96 %
» 200	28 »	72 »	» 55 %
» 300	7 »	89 »	» 47 %
» 300	28 »	124 »	» 45 %

Du fait de la réduction de la quantité d'eau de gâchage la vibration a permis d'obtenir, avec la même facilité de mise en œuvre, des bétons ayant une résistance d'environ 50 % plus élevée que ceux, de même dosage et fabriqués avec le même ballast, à la consistance plastique habituelle.

Le tableau récapitulatif des essais donne aussi les résistances comparatives des bétons suivant qu'ils ont été mis en œuvre par vibrations ou par secousses.

D'une façon générale des bétons vibrés sont plus résistants que les bétons secoués, la différence n'est toutefois en moyenne que de 8 kg/cm², soit de 3,5 %.

Pour une autre série d'essais le rapport de la résistance du béton longuement vibré à celle du même béton damé ou secoué a varié dans les limites suivantes :

Consistance du béton	<i>R</i> _{vibré} : <i>R</i> _{damé}		<i>R</i> _{vibré} : <i>R</i> _{secoué}	
	7 jours	28 jours	7 jours	28 jours
Faiblement plastique	0,78	0,83	1,03	1,11
Très plastique . . .	1,16	1,14	1,49	1,48
Semi-fluide	1,06	1,04	1,18	1,15
Moyennes	1,00		1,24	

Dans tous ces essais, les résistances des bétons humides vibrés ont été nettement inférieures à celles des bétons plus secs secoués. *Ainsi donc la vibration ne permet de remédier que dans une faible mesure à un excès d'eau de gâchage initial. Pour les bétons à la consistance plastique habituelle l'avantage de la vibration réside moins dans une augmentation de résistance, par suite de l'élimination d'une partie de l'excès d'eau de gâchage, que dans la facilité et la rapidité de la mise en œuvre du béton sans risque de déplacement des armatures.*

Des poutrelles armées de 0,12 × 0,16 × 2,00 m ont pu être fabriquées en moins de deux minutes.

La vibration entraîne certaines sujétions pour les coffrages. Ceux-ci doivent être suffisamment robustes pour résister aux poussées, bien jointifs pour éviter les pertes de béton, munis de pièces spéciales pour la fixation rapide des vibrateurs lors du déplacement de ceux-ci. Les assemblages doivent se faire par boulons plutôt que par coins

qui se desserrent ou par clous qui s'arrachent sous l'influence des vibrations.

L'influence de la vibration ne se fait sentir que sur une étendue restreinte, d'autant plus limitée que le coffrage est plus rigide, que la masse de béton est plus considérable, que le béton est plus sec. Il faut donc choisir la puissance des vibreurs en fonction de ces divers facteurs.

La vibration se transmet le long des coffrages sur une distance qui dépasse rarement 1 m et sur une épaisseur de 20 à 30 cm pour le béton à consistance de terre humide, de 30 à 50 cm pour le béton plastique.

Pour le bétonnage des arcs du pont du Gueuroz, de 1,10 à 2,00 de hauteur sur 0,60 m de largeur, il a fallu placer les vibreurs, de 60 mm d'alésage du piston, à des intervalles ne dépassant pas 1 m et ceci sur les deux faces latérales de chaque arc. Malgré la vibration intense réalisée par 4 vibreurs travaillant simultanément la liquéfaction du béton a été difficile à obtenir au centre des arcs ; elle a été aidée par un pilonnage énergique au moyen de barres de fer. Pour les joints de reprise et les voussoirs de clavage il a fallu utiliser un béton surdosé à la consistance faiblement plastique.

L'exécution des montants des cadres, du tablier, des garde-corps, de sections plus réduites, s'est faite, par contre, avec une grande facilité, les vibreurs pouvant être disposés d'un seul côté, à intervalles d'environ 1 m. Pour le tablier, un vibreur pouvait vibrer une surface de 2 à 3 m² en 2 à 3 minutes.

Il résulte de ces expériences de chantier, confirmées par celles de laboratoire, que les épaisseurs à vibrer ne doivent pas dépasser 50 à 60 cm, à moins d'utiliser un béton très plastique et de renoncer à l'augmentation de résistance due à la réduction de la quantité d'eau de gâchage. Par contre, lorsque les épaisseurs à bétonner sont inférieures à 40 cm, la vibration permet l'emploi d'un béton sec dont la mise en œuvre, très rapide, assure le parfait enrobage des armatures sans risque de déplacement de celles-ci.

La taille artificielle, les blocs de béton, les tuyaux de ciment fabriqués au moyen de béton vibré peuvent être démoulés immédiatement, comme ceux en béton damé, tout en étant plus compacts et plus étanches. Il ne s'agit pas d'une accélération du durcissement du ciment, mais de l'emploi d'un béton à consistance plus ferme.

Les vibreurs sont très bruyants, ce dont il faut tenir compte pour les travaux en ville. En outre, il est nécessaire de pouvoir observer les progrès de la liquéfaction du béton, sinon l'arrêt d'un vibreur peut passer inaperçu d'où danger de fausses manœuvres. Au surplus la vibration doit être dirigée par un contremaître connaissant ce mode de mise en œuvre du béton (choix de la consistance du béton, choix du type de vibreur, choix des points d'application de la vibration, durée de celle-ci, etc.).

* * *

La vibration appliquée sur les coffrages ne convient pas pour la mise en œuvre de grosses masses de béton

parce que son efficacité diminue rapidement avec la profondeur. Les tentatives faites jusqu'ici pour remédier à cet inconvénient par l'emploi de *pervibrateurs*, c'est-à-dire de vibreurs flottants placés à la surface de la masse de béton à vibrer, n'ont pas donné pleine satisfaction sur les chantiers.

L'idée est ingénieuse, la pervibration a permis d'obtenir des résultats intéressants au laboratoire ou pour le bétonnage de colonnes de faible hauteur. Toutefois, dès qu'il s'agit véritablement de grosses masses de béton, le faible rayon d'action de la vibration conduit à multiplier les appareils dans une mesure prohibitive (au moins un par m²) en raison de leur encombrement et de la difficulté de surveillance, ou à renoncer à obtenir un béton de qualité homogène.

En 1932, la pervibration a été utilisée pour le bétonnage d'un barrage en arc italien. Le béton à la consistance pâteuse a été disposé par couches successives de 30 à 40 cm d'épaisseur. Les pervibrateurs, espacés de 1 m, étaient tenus à la main et déplacés toutes les 8 à 10 minutes. Leur action ne s'est pas fait sentir au delà d'un rayon de 50 cm ; le béton du parement a été irrégulier et de compacité variable.

Conclusions.

On peut escompter d'excellents résultats lors de la mise en œuvre du béton par vibration des coffrages dans les cas suivants :

- Pour tous les ouvrages minces fortement armés.
- Pour la fabrication de taille artificielle, de blocs, de tuyaux de ciment.
- Pour l'exécution des revêtements de tunnels.

La vibration permet non seulement d'utiliser un béton relativement sec et de grande résistance, mais encore de réduire les frais de main-d'œuvre par suite de la rapidité d'exécution. Dans de bonnes conditions, la liquéfaction du béton se produit après une à trois minutes de vibration.

Les conditions essentielles du succès sont de pouvoir observer les progrès de la liquéfaction du béton et de confier la conduite du chantier à un contremaître expérimenté.

La mise en œuvre de grosses masses de béton par vibration ou pervibration n'est pas encore au point.

Lausanne, le 7 mars 1934.

Nos connaissances actuelles sur l'état des tensions dans les cordons de soudure.

par D. ROSENTHAL, Chef de travaux à l'Université de Bruxelles.
(Conférence faite à Lausanne, le 12 novembre 1932, à la « Journée de la soudure ».)

Préliminaires.

L'étude de l'état des tensions dans les cordons de soudure est à l'ordre du jour. On voit, de divers côtés, se multiplier les théories d'élasticité relatives à l'étude de