

Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht

Band: 3 (1948)

Artikel: Vibration du béton et du béton armé: recherches et règles - quelques travaux exécutés

Autor: Dutron, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-4008>

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: 15.01.2026

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

IIa2

Vibration du béton et du béton armé

(Recherches et règles – Quelques travaux exécutés)

Vibrieren von Beton und Eisenbeton

(Nachforschungen und Richtlinien – Einige ausgeführte Konstruktionen)

Vibration of concrete and reinforced concrete

(Research and regulations – Some works carried out)

R. DUTRON

Directeur du Laboratoire de Recherches et de Contrôle G. P. C.
Groupement Professionnel des Fabricants de Ciment Portland Artificiel de Belgique, Bruxelles

Parmi les facteurs qui contribuent à la réalisation d'un béton de qualité, il faut retenir spécialement les moyens de serrage. Dans ses débuts, le béton était mis en place peu mouillé et damé énergiquement à la main. Dans la suite, la présence d'armatures parfois très denses et le désir d'accroître le rendement ont conduit à l'emploi d'un béton beaucoup plus plastique et même fluide pouvant être coulé.

La mise en évidence, par l'importance du rapport $\frac{C}{E}$ dans les formules de résistance du béton, de l'influence de la quantité d'eau de gâchage a quelque peu freiné le recours à une fluidité excessive; cependant un minimum de plasticité reste indispensable pour les bétons fortement armés tant que l'on n'use que du damage et du piquage à la main comme moyen de serrage au détriment de la compacité et de la résistance du béton.

Le problème était de conférer une possibilité et une facilité de mise en place, dans les conditions les plus difficiles, aux bétons de compositions granulométriques les plus favorables, même si elles sont nuisibles à l'ouvrabilité, et aussi peu mouillés que possible.

La solution la plus simple et la plus efficace présentement connue est la vibration. Grâce au perfectionnement, à la légèreté et à la maniabilité des appareils vibrants dont on dispose actuellement, l'emploi de la vibration est rendu facile dans les conditions les plus diverses des chantiers, mais la généralisation de l'usage de la vibration rencontre encore des obstacles dressés soit par la routine, soit par un défaut de connaissances

des règles essentielles d'application du procédé, soit encore en conséquence par l'impératice ou le manque de confiance du personnel d'entreprise.

Les recherches en laboratoire et la pratique des chantiers sont cependant d'accord pour reconnaître les avantages de la vibration, et ceux-ci sont tels que la sécurité des ouvrages peut être accrue et que la composition des bétons peut être rendue plus économique, à égalité de résistance, malgré les frais supplémentaires qu'entraîne le serrage par vibration. Mais les recommandations pratiques d'exécution ou bien faisaient encore défaut ou bien demandaient à être contrôlées.

C'est pourquoi le Ministère des Travaux publics de Belgique a estimé utile d'entreprendre de nouveaux essais. Leur objet était d'obtenir confirmation de l'efficacité et des avantages de la vibration, de juger de la pertinence de certaines critiques et principalement d'établir quelques règles de vibration du béton et du béton armé sur chantier.

Notre Laboratoire a eu l'honneur d'être chargé d'exécuter ces recherches. Ne pouvant les décrire dans le détail, nous nous bornons à en indiquer l'essentiel et à en exposer les conclusions ainsi que les directives pratiques qui en ont été déduites.

Caractéristiques générales des bétons vibrés

Une première série d'essais a eu pour objet de mettre en comparaison le serrage de bétons de diverses granulométries 0/20 à 0/60 mm par vibration interne, par vibration sur table et par damage à la main. Il en a été tiré les conclusions suivantes :

— La vibration élargit le domaine d'application des lois et des règles connues concernant les propriétés physiques et mécaniques des bétons en général. Elle l'étend à des bétons de consistance beaucoup plus raide, parce que peu mouillés, composés de pierrailles de plus grande dimension et de moins de mortier, tout en leur assurant une mise en œuvre aisée et parfaite.

Les courbes granulométriques, les principes de granulométrie discontinue, la notion du module de finesse conservent toute leur utilité pour faire choix du dosage le plus rationnel, à la condition d'étendre leur application à des mélanges à pierrailles plus grosses, à proportion réduite de sable et à ouvrabilité moindre. Les limites à ces trois dernières conditions sont fixées par les conditions particulières du travail : moyens de vibration, dimensions et forme des coffrages, ferraillage et effet de paroi. Ces limites se traduisent par la nécessité d'enrober suffisamment les gros agrégats du béton après vibration d'une part, et d'éviter d'autre part un excès de mortier refluant en surface, nuisible à la résistance et favorable à la ségrégation.

— Les conditions ci-dessus étant supposées remplies, les avantages bien connus de la vibration se résument comme suit :

a) Accroissement des caractéristiques : densité, compacité, résistance à la compression et à la flexion des bétons, d'où il résulte soit une augmentation de la sécurité des ouvrages ou une réduction de leurs dimensions ou de plus courts délais de décoffrage, ou encore une réduction de la richesse en ciment;

b) Diminution du retrait et du fluage, augmentation de l'imperméabilité, du moins tant que l'on n'a pas recours à une consistance trop sèche;

c) Accroissement, par un béton peu mouillé, des possibilités de transport à grande distance sans danger de ségrégation.

Dans une autre série d'essais, on a recherché l'influence de la revibration et de la survibration et examiné les conditions de bonne reprise et d'adhérence du béton à lui-même.

— Nous n'apprenons rien en disant que la revibration du béton au cours de sa prise a une action généralement favorable et en tous cas jamais nuisible sur la résistance. La revibration du béton à l'aiguille, qui à première vue peut paraître préjudiciable puisque l'aiguille doit pénétrer et déplacer le béton en prise, a conduit aux mêmes conclusions. La revibration, qu'elle soit externe, interne ou superficielle n'a donc jamais pour résultat une diminution de résistance.

— Il est également connu qu'une durée de vibration exagérée, appelée survibration, peut avoir des conséquences fâcheuses par suite de la ségrégation qu'elle provoque. Nos essais ont cependant montré que les effets de la survibration sont extrêmement peu marqués pour des bétons de consistance raide et dosés sans excès de mortier. Mais, inversement, ces effets se manifestent d'autant plus que le béton est plus riche en mortier et plus plastique. En effet, la durée de vibration efficace de ces derniers bétons étant faible, on arrive rapidement à les survibrer. Ceci conduit encore à recommander la mise en œuvre de bétons les moins plastiques possible, avec comme règle générale d'éviter toute prolongation inutile et coûteuse de la durée de vibration au delà de ce qui est indispensable au bon serrage de béton.

— L'adhérence à la reprise du béton frais sur du béton déjà en commencement de prise a été le mieux assurée par vibration interne, en prenant soin d'enfoncer l'aiguille jusque dans le béton en prise. Ce dernier est considéré comme « revibrable » tant que l'aiguille y pénètre sans difficultés et que son logement s'y referme complètement lors de l'enlèvement lent de l'aiguille. Quand cette opération n'est plus possible, il faut considérer qu'il s'agit d'une reprise à faire sur béton durci. Celle-ci s'est également montrée meilleure par vibration interne que par vibration superficielle et que par damage. On peut accroître un peu la plasticité du béton nouveau, mais ce n'est pas indispensable, pas plus que de poser une barbotine de mortier riche, pourvu que, suivant l'usage, le béton ait été rendu aussi rugueux que possible, qu'il soit propre et bien humidifié. Il est recommandé de vibrer plus longtemps (+ 50 %) la couche de béton frais en contact avec le béton durci.

Directives pour la vibration du béton

Les conclusions précédentes sont du reste généralement admises par tous les expérimentateurs et par les praticiens du béton vibré. Mais pour ces derniers, il est plus important de connaître comment doit se conduire la vibration sur chantier pour arriver à ces résultats. C'est ce qui a fait l'objet de la plus grande partie des recherches qui ont été faites à la fois sur béton non armé et sur béton armé, en se limitant à deux moyens de vibration : la vibration interne et la vibration superficielle. Pour la vibration interne, il a été fait usage d'une aiguille vibrante⁽¹⁾ dont les caractéristiques sont : diamètre 5,6 cm — longueur 42 cm — moment statique du

(1) De la Société Générale de Matériel d'Entrepreneurs S. G. M. E., à Anvers.

balourd $mr = 6,75 \times 10^{-4}$ masse/mètre — fréquence 6 550 — force centrifuge 315 kg ; pour la vibration superficielle, d'une génératrice Vibrogir⁽²⁾ de fréquence 3 000, de moment statique variable par plots, choisi dans nos essais de manière à créer des forces centrifuges de 90 kg et 180 kg, la vibration se transmettant au béton par plateau.

Vibration du béton non armé

1. VIBRATION INTERNE

Les essais ont eu pour but de rechercher le rayon d'action de l'aiguille vibrante et la manière de conduire la vibration en serrant, dans diverses conditions, un nombre important d'éprouvettes définies comme suit :

a) Des plateaux de 1 m de diamètre et de 30 cm d'épaisseur, l'aiguille étant placée au centre, en faisant varier la consistance du béton, la durée de vibration, la forme de la pierraille, la rigidité du moule, et en appréciant le rayon dans chaque cas par la résistance, la densité, la porosité du béton et la remontée à travers le béton de corps creux légers à des distances croissantes de l'aiguille (fig. 1) ;

b) Des poutres de $200 \times 30 \times 30$ cm, en partant des données résultant des essais précédents, et en faisant varier la distance des points de vibration ainsi que la durée de vibration en chaque point ;

c) Des colonnes de $120 \times 30 \times 30$ cm.

Les conclusions de ces nombreux essais peuvent se résumer comme suit :

— La consistance la plus raide du béton est limitée par les deux conditions suivantes : l'aiguille doit pouvoir transmettre immédiatement sa vibration au béton avec un tassement bien marqué de celui-ci; lors de l'enlèvement lent de l'aiguille, le remplissage du creux laissé par celle-ci doit être complet.

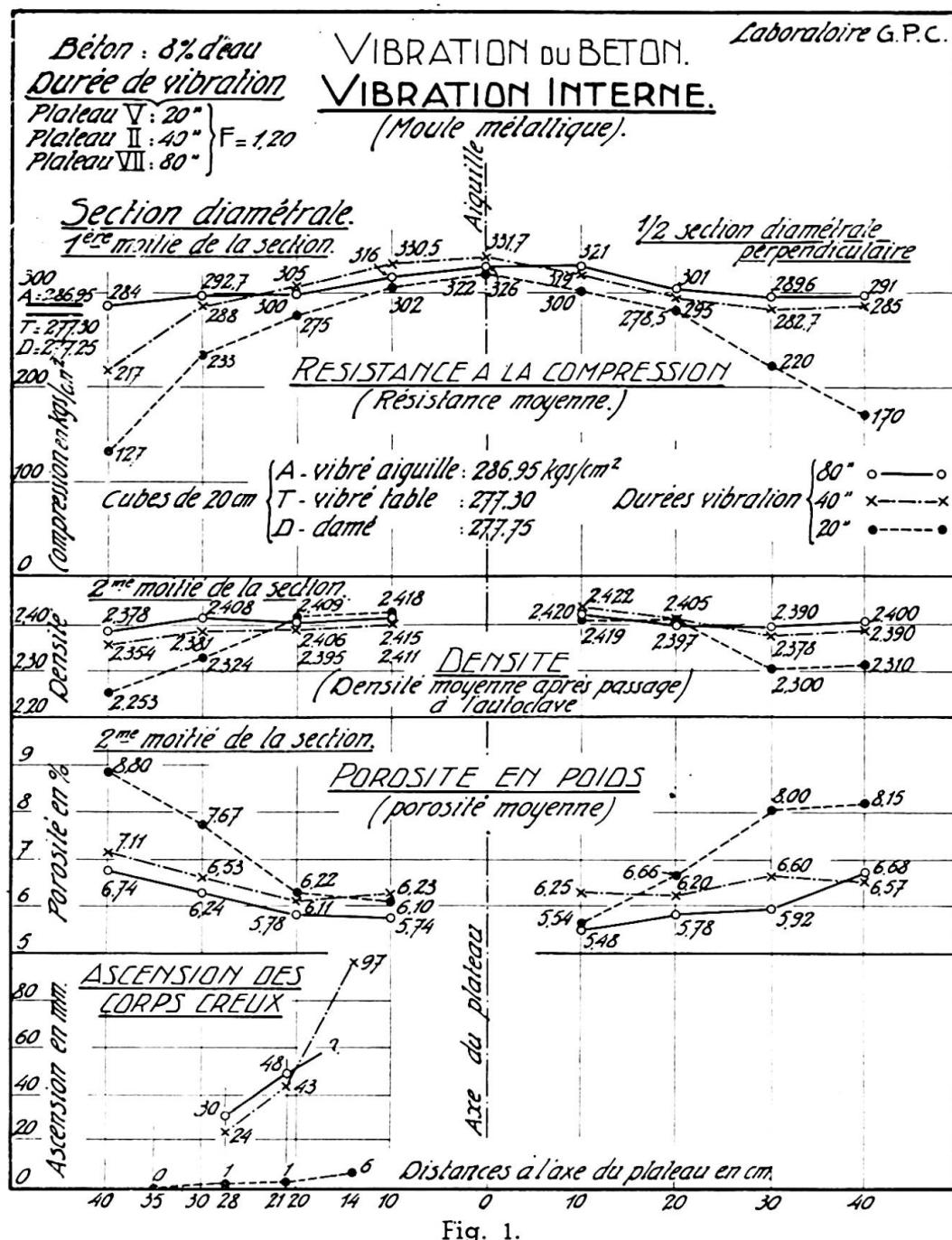
On satisfait encore facilement à ces conditions par une consistance sèche du béton dont la raideur ne doit cependant guère dépasser celle de la consistance dite « terre humide ».

La règle générale est de mettre en œuvre un béton de consistance beaucoup moins plastique que ce qu'exige la mise en place par damage pour les mêmes conditions d'exécution. A partir d'une consistance plastique, la vibration n'apporte plus d'avantages quant à la qualité du béton. Elle n'en garde qu'au point de vue facilité de mise en place.

— On vibre facilement des couches de béton de 30 à 45 cm d'épaisseur, l'épaisseur maximum étant évidemment fonction de la longueur de l'aiguille. Mais on peut aussi bien vibrer des couches plus minces de 15 à 20 cm. La première couche sur coffrage doit être vibrée plus longtemps (+ 50 %) que les couches suivantes. Pour de fortes épaisseurs, ou pour des colonnes, il est recommandé de vibrer chaque couche en faisant pénétrer l'aiguille d'environ 10 cm dans la couche inférieure.

— La vibration des poutres, dalles ou parties de béton de grande surface pose la question des emplacements et du nombre de points de vibration interne, ainsi que de la durée de vibration en chaque point. La solution dépend du rayon d'action du vibrateur qui lui-même dépend de la plasticité du béton, de la durée de vibration en même temps que de la

(2) Laboratoire de Cinématique, à Bruxelles.



puissance et de la fréquence de l'aiguille. Pour l'aiguille de caractéristiques définies ci-dessus, le rayon d'action R en fonction de la plasticité du béton et de la durée de vibration peut se déduire de la partie inférieure du diagramme de la figure 2.

Pour chaque plasticité, le rayon d'action progresse de moins en moins quand se prolonge le temps de vibration si bien qu'il y a une limite de durée qu'il est sans intérêt et non économique de dépasser.

Il est évident que la distance D des points de vibration doit être telle que les cercles d'action se recouvrent de manière à ne laisser aucune partie du béton non vibrée. Cette condition est réalisée en donnant à D les valeurs $12/7 R$ ou $10/7 R$ suivant que les points sont disposés en quinconce ou quadrillage.

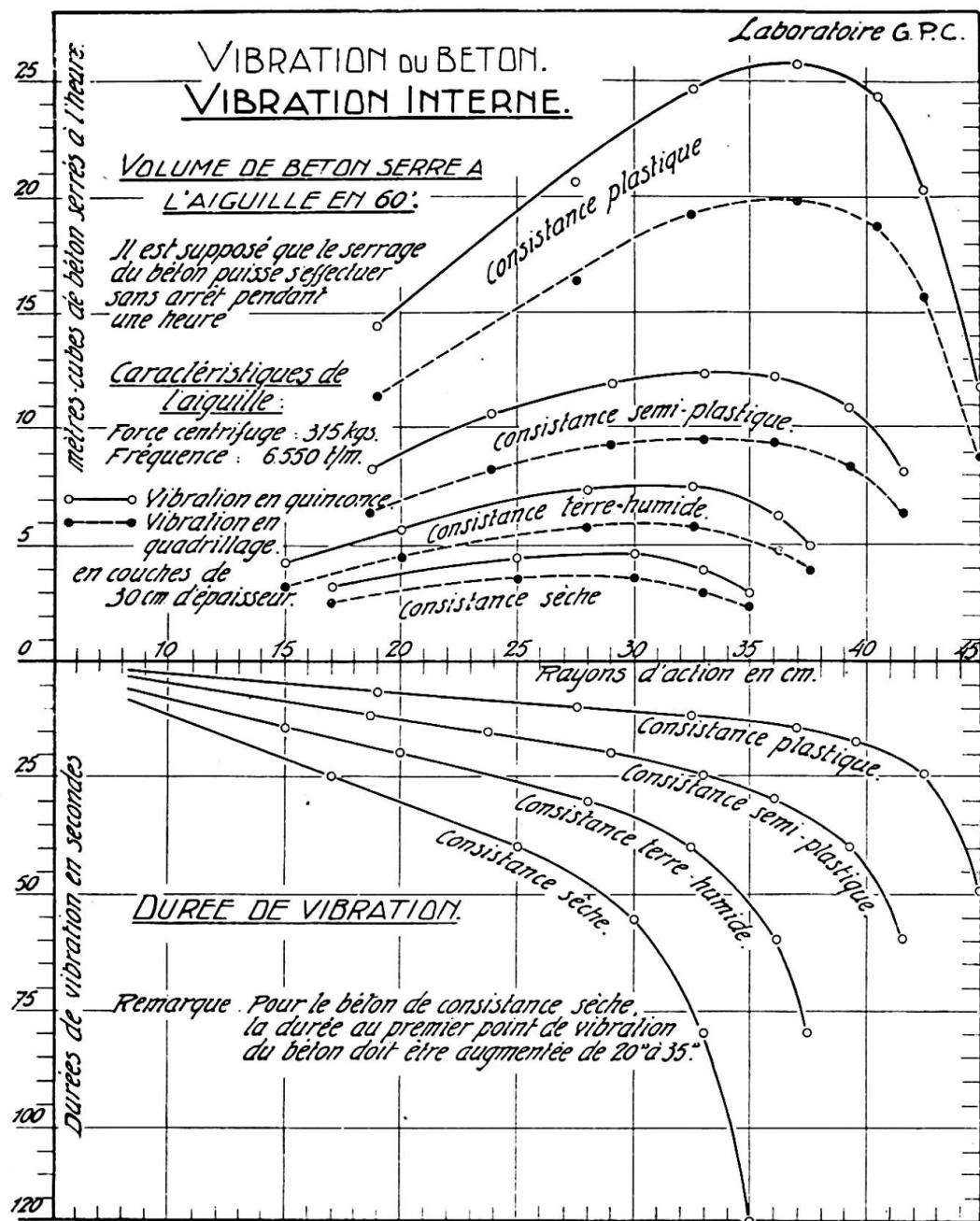


Fig. 2.

Le rendement en béton vibré est fonction de R et de la durée de vibration. Calculé en volume et reporté à la partie supérieure de la figure 2, on voit qu'il existe une durée et une distance optimum pour chaque consistance au voisinage desquelles il convient de se tenir. En pratique il est cependant préférable de faire choix de la solution qui, au voisinage des conditions de rendement maximum, correspond à des points plus nombreux et plus rapprochés. En d'autres termes, il est préférable pratiquement de vibrer en plus de points mais moins longtemps en chaque point plutôt qu'avec une durée plus longue en des emplacements plus espacés.

Sur ces données il est possible d'établir un véritable plan de vibration dans chaque cas. Si l'on a à faire emploi d'un appareil vibrant de caracté-

ristiques différentes les données relatives au rayon d'action se modifient nécessairement suivant une proportion à déterminer expérimentalement.

Du point de vue pratique un fait important a également été constaté au cours des nombreux essais exécutés; c'est que l'on fait une estimation assez bonne du rayon d'action et de la durée de vibration par l'observation du cercle du reflux du mortier en surface du béton jusqu'à enrobement de la pierraille suivant une surface sensiblement plane. Le rayon d'action apprécié de cette manière est en général inférieur à celui qui découle des essais de résistance. L'observation de l'aspect du béton constitue donc avec sécurité un bon guide pour la conduite de la vibration. Même lorsqu'un plan de vibration a été arrêté sur des données expérimentales préalables, l'ouvrier doit surveiller constamment l'aspect du béton en surface comme contrôle du fonctionnement normal des appareils et de la plasticité du béton.

2. VIBRATION SUPERFICIELLE

Les essais de vibration superficielle effectués à l'aide de l'appareil Vibrogir à plateau ont recherché, pour des bétons de granulométrie 0/20 à 0/60, l'épaisseur maximum pouvant être efficacement vibrée en une fois, en fonction de la plasticité du béton et de la puissance de l'appareil.

Pour toutes les consistances, les résultats les plus favorables ont été obtenus avec des couches de 10 cm pour le béton à petites pierrailles et de 15 cm pour le béton à grosses pierrailles, mais en utilisant la puissance la plus forte de l'appareil (180 kg) pour les consistances les plus raides. Avec une consistance plastique, l'épaisseur des couches peut être portée à 15 cm pour tous les bétons. La surface du plateau vibrant et la puissance de l'appareil de même que le rapport de ces deux caractéristiques peuvent modifier ces conclusions qui ne conviennent que pour l'appareil examiné.

La vibration doit être poussée en chaque emplacement du plateau jusqu'à montée bien marquée du mortier à travers les jours et aux bords du plateau et les emplacements successifs de celui-ci doivent légèrement se recouvrir. Le béton vibré superficiellement présente toujours une surface bien garnie de mortier, par suite de son contact direct avec le plateau, si bien que l'aspect du béton en surface ne permet pas d'apprécier la profondeur serrée. On ne peut se rendre compte de celle-ci qu'après décoffrage, et plus sûrement par des essais. C'est pourquoi, à moins d'essais préalables, il convient par sécurité de s'en tenir à la vibration en couches d'épaisseur relativement faible.

Vibration du béton armé

1. ADHÉRENCE DES ARMATURES

De nombreux essais comparatifs ont été menés avec serrage du béton par damage, par vibration interne, par vibration superficielle et par vibration directe des armatures, dans certains cas avec revibration des bétons ou des armatures après commencement de prise. Les conclusions sont les suivantes.

— Toute barre située dans le rayon d'action du vibrateur est rendue bien adhérente; pour des *barres horizontales* l'adhérence a été améliorée par la vibration du béton et d'autant plus que celui-ci était de consistance

plus raide. Pour des *barres verticales*, l'adhérence a été pratiquement équivalente avec tous les modes de serrage, y compris le damage, du moins quand celui-ci est très soigné et poursuivi pendant un temps suffisant comme on peut le faire dans un laboratoire.

— Ces conclusions s'appliquent à la vibration directe des armatures pour autant que, dans ce cas, l'on ne mette pas en œuvre un béton de consistance trop raide.

La mise en revibration des barres déjà enrobées de béton après divers délais de commencement de prise, outre qu'elle a eu parfois pour certains délais une action favorable sur l'adhérence, n'a en tous cas jamais présenté, dans aucun des essais, l'effet dangereux que l'on objecte souvent. A ce point de vue, le redamage a offert plus d'inconvénients et a donné moins de garanties qu'une revibration même exercée directement et assez brutalement sur les armatures elles-mêmes.

2. VIBRATION DU BÉTON ARMÉ

Les essais ont été conduits en vue de rechercher les modifications à apporter aux règles précédentes de vibration du béton non armé, en fonction de l'écartement des armatures, de l'ouverture des mailles, de la densité et de la disposition du ferraillage. Les conclusions en sont données séparément pour les divers moyens de serrage.

Vibration interne.

Les barres et les quadrillages horizontaux constituent des obstacles beaucoup plus importants au passage et au tassemement du béton que ces mêmes armatures disposées verticalement. L'obstacle est évidemment d'autant plus grand que l'ouverture des mailles ou l'écartement des barres ou des plans d'armature sont plus petits.

Le ferraillage s'oppose d'abord, au cours du placement du béton, au passage de celui-ci à travers les armatures et à son tassemement normal par gravité; de ce fait, le béton est caverneux et ses particules manquent d'un contact suffisamment intime pour constituer un milieu de cohésion convenable pour assurer la transmission de la vibration. Il faut d'abord compléter le tassemement initial du béton par piquage par exemple, ou mieux par vibration des armatures. Avec des ferraillages denses, cette dernière est recommandée pendant le versage même du béton, car elle facilite grandement le passage et l'arrangement du béton préalablement à son serrage à l'aiguille. Le rendement de l'aiguille en est fortement accru;

Quand le ferraillage est très serré, il faut également prévoir, de distance en distance, l'aménagement d'intervalles suffisants pour y faire passer l'aiguille, ce qui implique l'établissement d'un plan de vibration au cours de l'étude du projet.

Néanmoins, à partir d'une certaine densité, les armatures produisent le même effet qu'un accroissement de raideur propre du béton. Il faut donc diminuer la distance des points de vibration et augmenter la durée de celle-ci, ou éventuellement accroître la plasticité du béton. La mesure dans laquelle il faut apporter ces modifications ne peut être facilement précisée, à priori, sauf dans des cas particuliers qui ont été fixés par nos recherches et qui ne peuvent être développés ici.

Mais la solution qui consiste à conduire la vibration *d'après l'aspect du béton en surface reste la plus rationnelle* à adopter avec sécurité. Il est donc indispensable que l'ouvrier chargé de la vibration soit en mesure et tenu de bien observer les parties qu'il vibre.

En cas de suspension momentanée du travail, la vibration peut être reprise sans inconvénients puisque, comme nous l'avons dit, elle est favorable à la compacité et à la résistance et que la revibration des armatures est elle-même sans danger pour l'ouvrage.

Vibration superficielle

En béton armé, l'emploi de la vibration superficielle est nécessairement lié à la disposition et à la densité des armatures, et la forme ainsi que la dimension des plateaux doivent être appropriées aux intervalles libres, à moins que les armatures ne soient disposées en plans horizontaux pouvant être placés successivement au cours du bétonnage.

Dès que ce n'est plus possible, il faut recourir à la vibration interne ou à la vibration externe si l'élément à serrer est assez mince, ou encore à la vibration des armatures. La plasticité du béton et la durée de vibration sont à augmenter également pour le béton armé suivant certaines données pratiques déduites des essais. Le plateau vibrant convient particulièrement pour terminer la face supérieure des diverses parties des ouvrages.

Quand les armatures sont denses, leur vibration directe au cours du versage du béton est aussi à conseiller pour les raisons données précédemment.

Vibration des armatures.

Elle est réalisée à l'aide de tout fleuret ou bras vibrant auquel on fait prendre un double appui sur les armatures, ou entre les armatures et le coffrage à la manière d'un levier.

La force vibrante doit être modérée pour éviter le déplacement et la déformation des barres.

Une application intéressante de la vibration des armatures est celle qui a été indiquée précédemment et consiste à faciliter le passage du béton à travers les réseaux ferraillés et à provoquer un premier tassement initial du béton.

Lorsque le béton est armé de telle manière et à tel point que le recours à la vibration interne n'est plus possible, et lorsque la vibration sur coffrage n'est pas suffisante ou désirable, le recours uniquement à la vibration des armatures pour serrer le béton est recommandable. Un béton semi-plastique convient généralement et la plasticité ne doit être accrue que si l'écartement des armatures est très faible. La vibration est poursuivie jusqu'au moment où le mortier reflue en quantité suffisante pour enrober les pierrailles d'une couche mince à peu près continue.

La revibration modérée des armatures dans un béton déjà en cours de prise est sans inconvénient sérieux pour l'adhérence des armatures.

Quelques travaux exécutés

Voici quelques indications sommaires relatives à l'exécution par vibration de trois ouvrages en béton armé ou en béton précontraint.

1. PONT ROUTE EN ARC EN BÉTON ARMÉ

En deux arches de 56 mètres d'ouverture, enjambant la Dendre et une ligne de chemin de fer à Leuze (fig. 3).

Concernant la composition et la mise en œuvre du béton, ainsi du

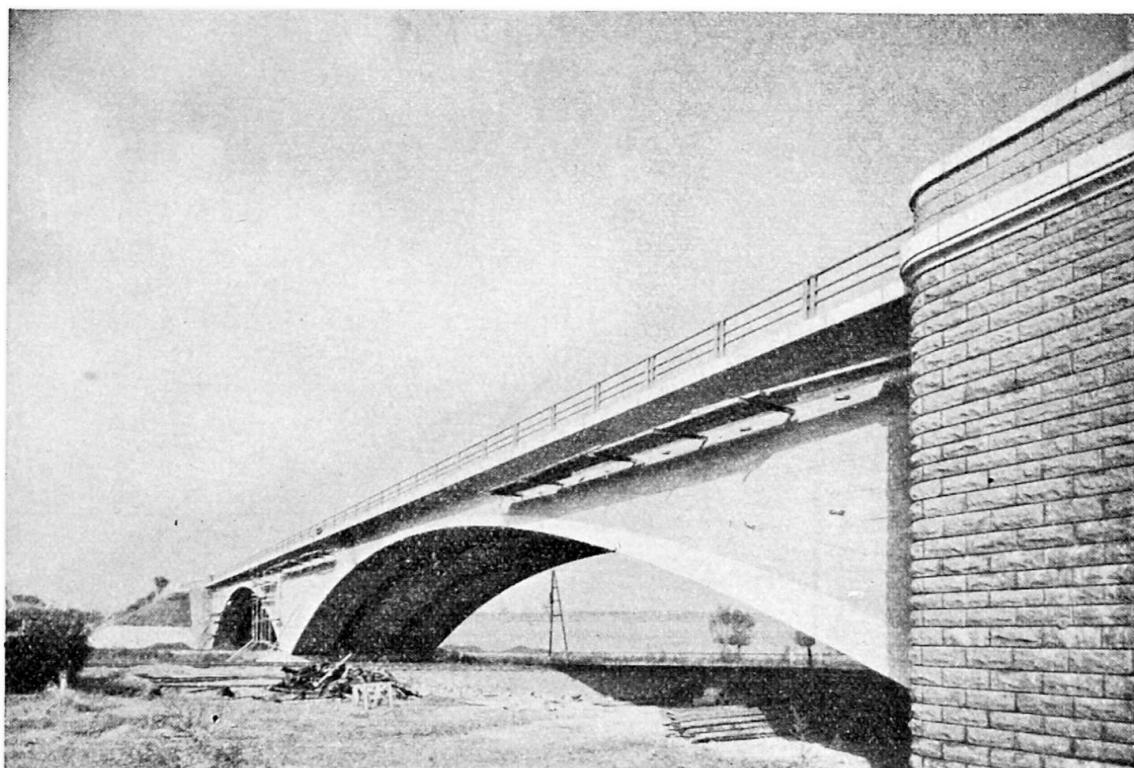


Photo Sergysels

Fig. 3. Pont-route de Leuze.

reste qu'au point de vue de ses autres caractéristiques qui nous intéressent moins ici, l'ouvrage a été particulièrement bien étudié et contrôlé par le Service des Ponts et Chaussées de la province du Hainaut et remarquablement exécuté par la Société anonyme Entreprises Louis De Waele de Bruxelles;

En dehors des bétons destinés aux murs et au massif des culées et pile, des compositions granulométriques les plus rationnelles ont été recherchées en application de la méthode de Faury.

— Pour les bétons destinés à certaines parties des culées et aux arcs (dimension maximum de l'agrégat : 20 mm ou 40 mm choisie en fonction de l'effet de paroi).

— Pour ceux destinés aux sommiers des culées et de la pile et aux articulations des naissances et de la clef (dimension maximum D ne dépassant pas 10 mm par suite de la valeur réduite du rayon moyen du coffrage).

Le contrôle du béton et de sa mise en œuvre a été fait très soigneusement : dosage du sable en poids — détermination journalière de son pourcentage d'humidité — consistance à la table à secousses, 1,10 environ pour les bétons 0/20 à 0/40 mm et 1,30 pour les bétons 0/10 mm — prélèvement régulier à la bétonnière de cubes d'essai tassés sur table vibrante — transport et distribution du béton dans l'ouvrage dans des conditions évitant toute ségrégation — enfin serrage du béton par vibration interne.

Pour ces conditions d'exécution, on s'est servi d'aiguilles vibrantes de fréquence 6 500, de deux types : l'une de diamètre 88 mm et de force

450 kg utilisée pour les masses les plus importantes et les moins armées, l'autre de diamètre 56 mm et de force 315 kg employée dans les parties les plus ferraillées. La vibration a été conduite suivant les règles indiquées ci-dessus : distance entre les points de vibration appropriée aux difficultés de serrage et ne dépassant pas 43 cm, distance au coffrage 10 à 15 cm, durée de vibration 30 secondes en chaque point et 45 secondes pour la première couche sur coffrage et pour les couches de reprise. Aux articulations des naissances et de la clef, où le ferraillage est très dense, vibration des armatures pendant le versage du béton. Les ouvriers chargés du serrage du béton ont été sélectionnés et initiés à la conduite et à la surveillance de la vibration d'après l'aspect du béton.

Grâce à l'organisation du chantier et aux soins apportés par l'entreprise à l'exécution des travaux, la mise en œuvre et la qualité du béton ont donné entière satisfaction.

2. PASSERELLE DE MALHEYDE ET POUTRE EXPÉRIMENTALE

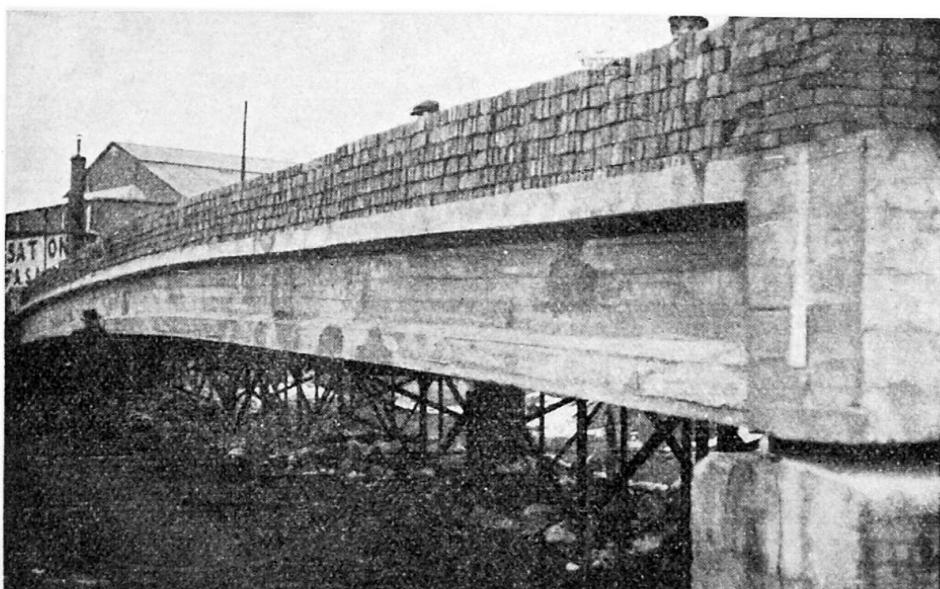


Fig. 4. Poutre expérimentale de 30 mètres de portée.

Photo Kaiser

L'ouvrage de Malheyde, qui franchit le canal de Charleroi, à Bruxelles, est en béton précontraint du type poutre en arc très surbaissé, de section en forme d'U renversé et à tirant rectiligne en acier spécial agissant en précontrainte,

Au préalable, fut soumise à des essais sévères une poutre expérimentale du même type, de 30 mètres de portée (fig. 4) ; passerelle et poutre d'essai ont été exécutées par les soins de la Société d'Etudes et de Travaux S. E. T. R. A. de Bruxelles suivant ses procédés de précontrainte.

La composition du béton de granulométrie 0/40 mm a été rationnellement établie en conclusion d'études faites par le laboratoire G. P. C.

L'exécution de la poutre d'essai s'est faite en un jour avec un béton gâché à la consistance terre humide à sèche qui a été vibré à l'aiguille S. G. M. E. (³) dans les ailes verticales des U et serré au plateau Vibrogir (⁴) dans le hourdis horizontal.

(³) et (⁴) : Matériel décrit précédemment.

De nombreuses éprouvettes ont été prélevées sur le chantier en vue de déterminer les caractéristiques du béton à 28 jours et à 90 jours : résistance à la compression et à la flexion, module d'élasticité, qui ont atteint les valeurs élevées attendues (à 90 jours $R_b = 660 \text{ kg/dm}^2$; $R_{t1} = 76 \text{ kg/cm}^2$; $E = 480 \text{ t/cm}^2$), retrait et fluage qui ont été assez faibles.

La poutre a subi avec succès une série d'essais très sévères : chargements sous charge statique de service et déchargements répétés avec périodes de maintien sous charge, puis application d'une charge statique = 2,41 fois la charge de service jusqu'à apparition des premières fissures, puis maintien sous charge double de la charge de service, et enfin essais dynamiques.

L'ouvrage proprement dit, constituant passerelle à Malheyde, a été construit par segments séparés et accolés bétonnés sur place par vibration superficielle au plateau Vibrogir en couches de 10 cm, complétée par une vibration sur coffrage pour les parois verticales de la section en U, et par vibration superficielle seulement pour la table supérieure.

3. PONT DE ZAMMEL

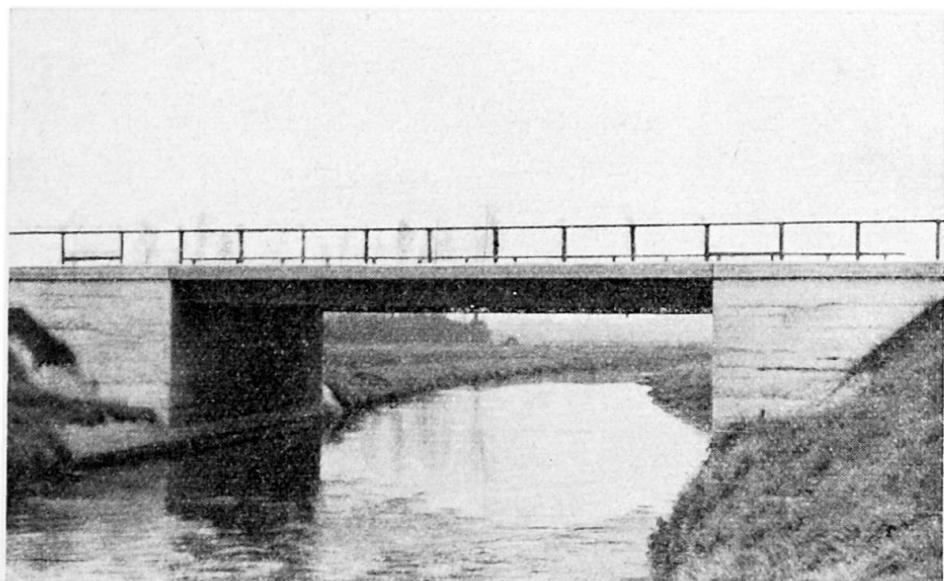


Fig. 5. Pont de Zammel, sur la Nèthe, sur la route Diest-Turnhout.

Photo Kaiser

C'est un *pont dalle en béton précontraint* qui franchit la Nèthe sur 13 mètres de portée. Sa largeur est de 12 mètres + deux encorbellements en béton armé de 85 cm. L'épaisseur moyenne de la dalle est de 54 cm (fig. 5).

La composition du béton fut particulièrement bien étudiée par les Services des Ponts et Chaussées de la province d'Anvers, suivant la méthode de Kennedy (E. U.) basée sur les vides et la surface des agrégats, la pâte de ciment devant être strictement suffisante pour remplir les vides et recouvrir les agrégats d'un film dont l'épaisseur varie avec la plasticité du béton. La fluidité du béton choisi a été de 1,22 à la table à secousses avec un

$$\frac{E}{C} = 0,35$$

Les caractéristiques de ce béton ont atteint aux essais de contrôle : A 28 jours : compression 620 kg/cm²; flexion 75 kg/cm²; E = 390 t/cm².

Soumis à un essai de fatigue entre 10 et 230 kg/cm² à la cadence de 500 à la minute, ce béton est resté intact après 2 000 000 d'oscillations.

Pour la vibration de la dalle de béton, on a fait usage, avec des résultats très satisfaisants, d'une aiguille vibrante S. G. M. E. et de deux plateaux Vibrogir, de caractéristiques données précédemment. L'appareil Vibrogir a été équipé d'un plateau de 18 × 24 cm pour serrer le béton dans l'axe du pont, là où les nappes de câbles sont à même hauteur. Muni du plateau normal de 40 × 40 cm, le même appareil a été utilisé au finissage de la surface du béton. L'aiguille S. G. M. E. a servi au serrage des parties plus massives de béton, les points de vibration étant choisis de manière que se recouvrent les zones qui, suivant l'aspect du béton, étaient jugées bien vibrées.

Résumé

1. Compte-rendu résumé de recherches sur les propriétés physiques et mécaniques comparées des bétons vibrés et des bétons damés, et sur l'influence de la revibration et de la survibration.
2. Recherches et directives concernant la vibration du béton et du béton armé.
 - a) Vibration interne : rayon d'action du vibrateur en fonction de la plasticité du béton, de la durée de la vibration — disposition et distance à donner aux points de vibration;
 - b) Vibration superficielle : épaisseurs vibrées en fonction de la plasticité et de la granulométrie du béton;
 - c) Vibration du béton armé par vibration interne, par vibration superficielle et par vibration directe des armatures en fonction de la disposition et de la densité du ferrailage ainsi que de la plasticité du béton;
 - d) Adhérence comparée des armatures suivant le mode de serrage du béton et par vibration directe des armatures;
 - e) Directives pour la conduite de la vibration du béton et du béton armé en conséquence des recherches effectuées.
3. Renseignements sur les compositions des bétons et leur mise en œuvre par vibration interne ou par vibration superficielle, pour l'exécution de trois ouvrages en béton armé et en béton précontraint.

Zusammenfassung

1. Zusammenfassender Bericht über die Untersuchungen der physikalischen und mechanischen Eigenschaften von vibriertem Beton und Stampfbeton, sowie über den Einfluss der Hochvibration und der Ueber-vibration.
2. Es werden Versuche und Richtlinien betreffend der Vibration von Beton und armiertem Beton aufgestellt.
 - a) Innenvibration : Aktionsradius des Vibrators in Funktion der Plastizität des Betons, der Vibrationsdauer — Anordnung und Abstände der Vibrationsstellen;

- b) Oberflächenvibration : Vibrationsvolumen in Funktion der Plastizität und der Granulometrie des Betons;
- c) Vibration des Eisenbetons durch Innenvibration, Oberflächenvibration und unmittelbare Vibration der Armierung in Funktion der Anordnung und Dichte der Armierung, wie auch der Plastizität des Betons;
- d) Haftung der Armierung je nach der Art der Verdichtung des Betons durch Vibrieren und durch direkte Vibration der Armierung;
- e) Richtlinien für die Handhabung der Vibration von Beton und Eisenbeton auf Grund der ausgeführten Untersuchungen.

3. Angaben über die Zusammensetzung des Betons und dessen Herstellung bei Innenvibration oder Oberflächenvibration zur Ausführung von drei Bauobjekten in Eisenbeton und in vorgespanntem Beton.

Summary

1. A condensed report of tests of physical and mechanical properties of vibrated concrete and rammed concrete, as well as the effect of high-vibration and super-vibration.
2. Tests and guiding principles for vibration of concrete and reinforced concrete :
 - a) Internal vibration : radius of action of the vibrator in function of plasticity of concrete and of duration of vibration — Layout and spacing of vibration-centres;
 - b) Superficial vibration : Volumes of vibration in function of plasticity and grading of concrete;
 - c) Vibration of reinforced concrete by internal, superficial and direct vibration of the reinforcement, according to layout and thickness of reinforcement and plasticity of concrete;
 - d) Holding of the reinforcement, according to solidification of concrete by vibration and by direct vibration of the reinforcement;
 - e) Guiding principles of manipulation of concrete and reinforced concrete vibration, based on tests made.
3. Data concerning composition of concrete and its production by internal or superficial vibration for the completion of three structures in reinforced concrete and pre-stressed concrete.