

COLLECTION

TECHNIQUE

CIMBÉTON

B 71

● La vibration des bétons

CIM *Béton*

POURQUOI VIBRER LE BÉTON ?

OBJECTIF DE LA VIBRATION

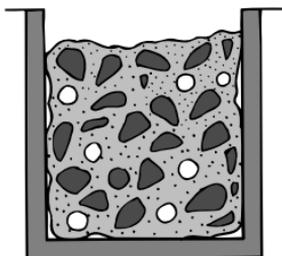
Le béton frais est un mélange de ciment, d'eau, de sable, de gravillons, d'adjuvants et de ... bulles d'air.

En raison des forces capillaires et des forces de frottement entre les granulats, le béton ne peut, sans effet mécanique, occuper la place des vides d'air.

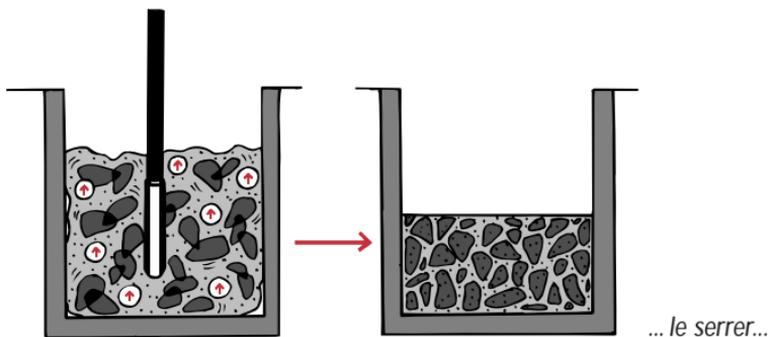
Cela peut être obtenu par le compactage mais principalement par la "VIBRATION".

La vibration met artificiellement en mouvement les éléments du béton (granulats, ciment, eau).

Elle assure le bon remplissage des coffrages et des moules, le serrage du béton et sa désaération en favorisant l'imbrication des granulats et en expulsant les bulles d'air.



Désaérer le béton...



... le serrer...

PROPRIÉTÉS DU BÉTON VIBRÉ

La vibration apporte au béton plusieurs propriétés :

■ **Amélioration de l'ouvrabilité**

Au moment de la vibration le béton se comporte comme une pâte assurant un parfait remplissage du moule et un bon enrobage des armatures.

■ **Qualité des parements**

Grâce à la vibration, l'homogénéité du béton est assurée sans bulles d'air ou nids de cailloux.

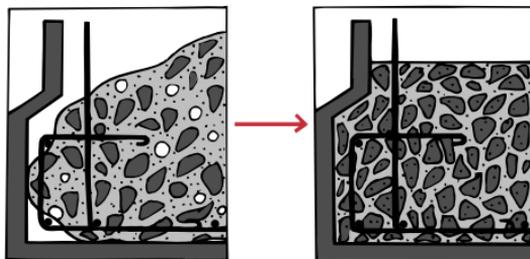
Il faut néanmoins souligner qu'outre les paramètres de la vibration, le rapport E/C (eau/ciment), les adjuvants, la qualité du coffrage, l'agent de démoulage (cire, huile...), les conditions de mise en œuvre participent à la qualité des parements du béton.

■ **Performances du béton**

Les résistances mécaniques du béton augmentent avec sa compacité ; il en est de même pour sa durabilité.

Vibration = béton de qualité

- *mise en œuvre facilitée*
- *résistance accrue*
- *béton durable*
- *bel aspect des parements*



... remplir le moule

LE MATÉRIEL DE VIBRATION

LES VIBRATEURS INTERNES

Ils sont couramment appelés aiguilles vibrantes.

■ *Vibrateurs internes pneumatiques*

L'excentrique situé dans le corps vibrant (cylindre) est entraîné par un flux d'air comprimé.



CARACTÉRISTIQUES DES VIBRATEURS PNEUMATIQUES

Diamètre	(mm)	25 à 150
Fréquence	(cycles/mn)	15 000 à 20 000
Force centrifuge	(N)	1 000 à 20 000
Pression d'alimentation air	(bar)	5 à 6
Consommation d'air	(l/mn)	500 à 2 000
Masse de l'aiguille	(kg)	0,5 à 10
Masse du vibreur complet	(kg)	2 à 14

Nota : Il existe des vibreurs hydrauliques alimentés par une centrale hydraulique ou par n'importe quel matériel disposant de la pression et du débit requis pour le type de vibreur (ce matériel n'est pas utilisé dans le bâtiment).

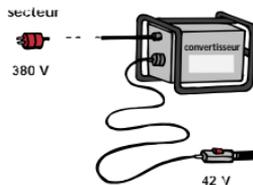
■ Vibreurs électriques à moteur incorporé

Dans le corps vibrant (l'aiguille), l'excentrique est soit directement monté sur le rotor du moteur électrique, soit en prise directe avec lui.

Un convertisseur de fréquence et de tension ramène le courant du réseau de 230/400 volts 50 Hz à 42 volts (tension de sécurité) 200 Hz donnant une fréquence de vibration de l'ordre de 12 000 cycles/mn.

m 0 -
 teur électrique à double isolation branché directement sur le réseau ; ces modèles "portables" conviennent aux petits travaux et aux chantiers de réhabilitation.

Nota : Il existe des vibreurs avec



On peut également utiliser un variateur de fréquence permettant de régler la fréquence de sortie entre 0 et 200 Hz (tension 42 V) pour une puissance de 1 à 10 kW.

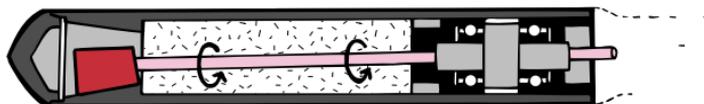
CARACTÉRISTIQUES DES VIBRATEURS ÉLECTRIQUES

Diamètre	(mm)	45 à 90
Fréquence	(cycles/mn)	12 000
Force centrifuge	(N)	1 000 à 15 000
Tension d'alimentation du vibreur	(V)	42
Fréquence d'alimentation du vibreur	(Hz)	150 ou 200
Masse	(kg)	12 à 30

■ *Vibrateurs mécaniques*

L'excentrique est entraîné par un flexible actionné par un moteur essence, diesel ou électrique.

Le flexible est logé dans une gaine semi-rigide.



CARACTÉRISTIQUES DES VIBRATEURS MÉCANIQUES

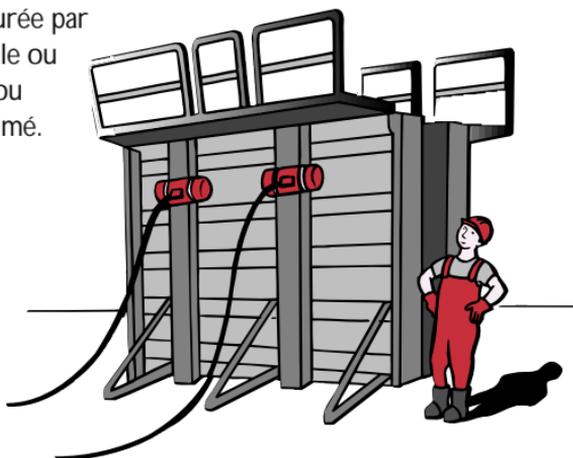
Diamètre	(mm)	25 à 70
Fréquence	(cycles/mn)	12 000 à 18 000
Force centrifuge	(N)	1 000 à 50 000
Masse	(kg)	12 à 30
Moteur essence, diésel ou électrique		
• puissance	(kW)	2 à 3
• vitesse	(tours/mn)	2 850
Longueur flexible	(m)	4 à 6

LES VIBRATEURS EXTERNES

■ *Vibrateurs pneumatiques*

La masse excentrée est entraînée en rotation par la pression de l'air comprimé.

L'alimentation est assurée par un compresseur mobile ou par un réseau urbain ou industriel d'air comprimé.



CARACTÉRISTIQUES DU VIBRATEUR
EXTERNE PNEUMATIQUE

Moment d'excentricité	(cm.kg)	0,5 à 3
Pression d'air nominale	(bar)	6
Fréquence	(Hz)	9 000 à 15 000
Force centrifuge	(N)	5 000 à 60 000
Consommation d'air	(l/mn)	800 à 2 000
Masse	(kg)	6 à 17

■ **Vibrateurs électriques**

Les masses excentrées sont montées sur les extrémités du rotor du moteur électrique.

L'alimentation est assurée soit directement par le courant de réseau, soit par un convertisseur de fréquence et de tension ramenant le courant de réseau de 230/400 volts 50 Hz à 42 volts et 150 Hz ou 200 Hz, soit par un variateur de fréquence.

CARACTÉRISTIQUES DES VIBRATEURS ÉLECTRIQUES

Puissance	(W)	125 à 7 000
Force centrifuge	(N)	1 000 à 65 000
Tension d'alimentation <i>sans convertisseur</i>	(V)	230/400
Fréquence	(Hz)	50
Tension avec convertisseur	(V)	42
Fréquence avec convertisseur	(Hz)	150 ou 200
Fréquence avec variateur de fréquence	(Hz)	0 à 200

LES VIBRATEURS DE SURFACE

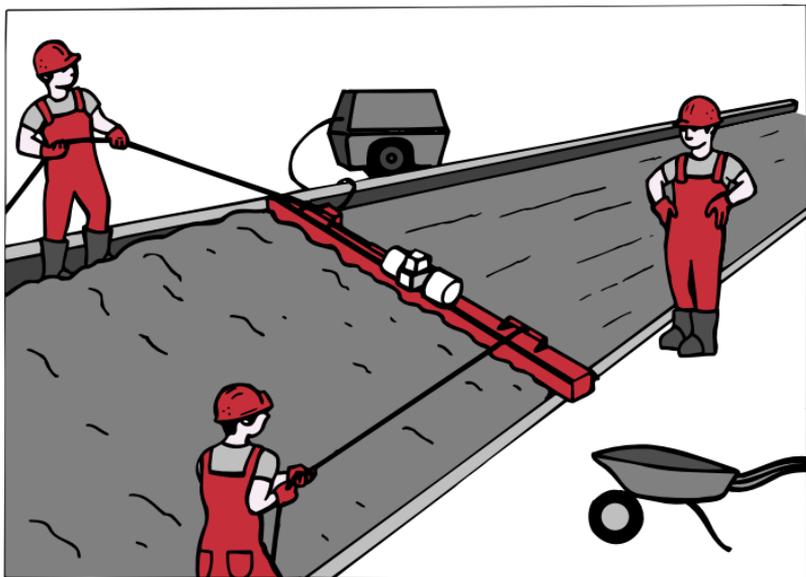
■ Règles vibrantes

Le corps de la règle est constitué par 2 profilés, ou un tube associé à un profilé, sur lesquels sont fixées les poignées de manutention et les attaches de traction.

L'ensemble est renforcé par un système de fixation et de répartition de la vibration sur lequel est montée la source d'énergie de vibration.

Elle peut être :

- thermique,
- pneumatique,
- électrique.



■ Compacteurs

Il s'agit d'appareils destinés aux travaux de serrage du béton des radiers, dalles industrielles, voirie, etc.

Le plus souvent ce sont des plaques vibrantes.



CARACTÉRISTIQUES DES COMPACTEURS

Dimension de la plaque (L x l)	(mm)	400x600 à 700x1 000
Poids en ordre de marche (masse)	(kg)	100 à 700
Surface de compactage	(m ² /h)	300 à 1 000
Vitesse d'avancement <i>valeur maximale</i>	(m/mn)	10 à 20
Position maximum d'inclinaison du moteur en marche continue	(degré)	20 à 25
Fréquences	(t/mn) (Hz)	3 000 à 6 000
Force centrifuge <i>valeur maximale</i>	(kN)	30 à 80
Source d'énergie		moteur Diésel
Cylindrée	(cm ³)	300 à 1 000
Puissance maximale	(kW)	4 à 15

CONSEILS DE MISE EN ŒUVRE

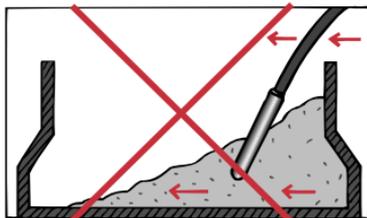
VIBRATION INTERNE

RÈGLES USUELLES GÉNÉRALES

- Immerger **rapidement** le vibreur au cœur de la masse du béton.
- Remonter **lentement** et régulièrement le vibreur (le trou dans le béton frais doit se refermer lors du retrait du vibreur).
- Remonter d'autant plus lentement le vibreur que le béton est plus ferme.
- Ne jamais mettre en **contact direct le vibreur ni avec les armatures** (risques de ségrégation), **ni avec le coffrage** (risques de ségrégation, bullages, traces...).

- Arrêter le vibreur **dès son retrait du béton pour ne pas le faire travailler à vide** (risques de détérioration des parties mécaniques paliers et d'échauffement pour les vibreurs internes électriques).

- **Ne jamais utiliser le vibreur pour déplacer le béton** (risques de ségrégation).



- Le **choix du vibreur** est fonction de **sa puissance** (selon nature du béton) et de **son diamètre** (selon dimensions des ouvrages et densité des armatures).

- Dans le cas d'armatures très rapprochées, prévoir des puits de vibration permettant le passage du vibreur, ou utiliser la vibration externe.

- Pour éviter d'abîmer les coffrages, les vibreurs internes seront équipés d'un embout (ou chape de fermeture) avec revêtement caoutchouc.

- Arrêter la vibration dès que :

- le béton ne se tasse plus ;
- le dégagement des bulles d'air cesse (un excès de vibration peut conduire à un recyclage de l'air, d'où un nouveau bullage et éventuellement une ségrégation) ;
- la laitance commence à apparaître en surface, celle-ci devient brillante ;
- le bruit émis par le vibreur se stabilise.

- Pour le choix du diamètre de l'aiguille vibrante on utilisera une règle simple :

$$\text{diamètre d'action (en cm)} = \text{diamètre du vibreur (en mm)}$$

Ex. : \varnothing vibreur = 50 mm

⇒ \varnothing d'action = ~ 50 cm

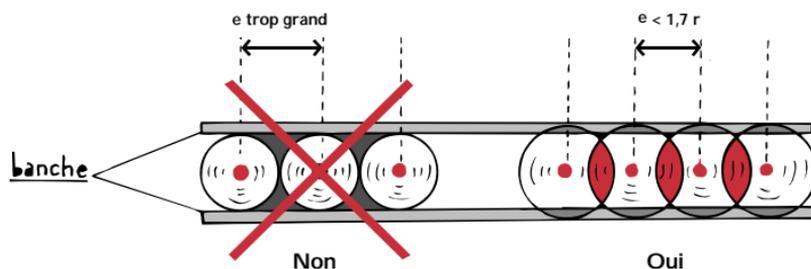
NOTES : 1) Évaluation moyenne pour des vibreurs classiques.

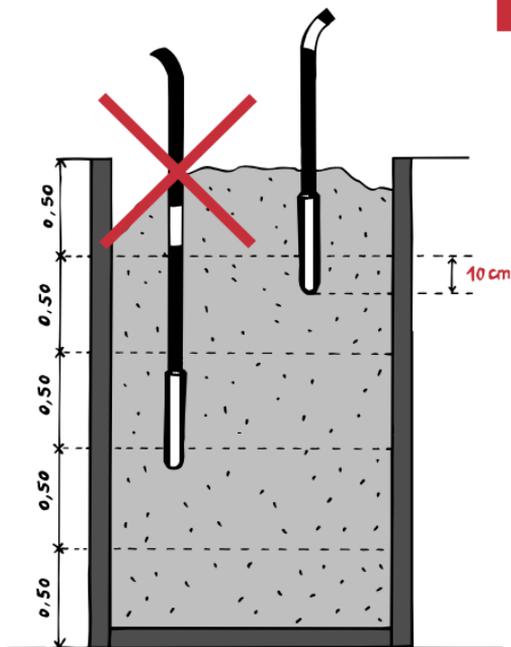
2) Le diamètre d'action varie selon la plasticité du béton et l'énergie développée par le vibreur.

3) Des essais préalables sont souvent garants du bon choix du vibreur approprié.

VIBRATION D'ÉLÉMENTS VERTICAUX

■ Façade ou refend





- La vibration se fait par couche de 50 à 60 cm de hauteur de béton.

- La **pénétration du vibreur** dans la couche précédemment coulée doit être **d'environ 10 à 15 cm**.

- L'espacement entre deux points de vibration (e) est déterminé par une règle pratique simple :

$$e \sim 1,7 \times \text{rayon d'action du vibreur}$$

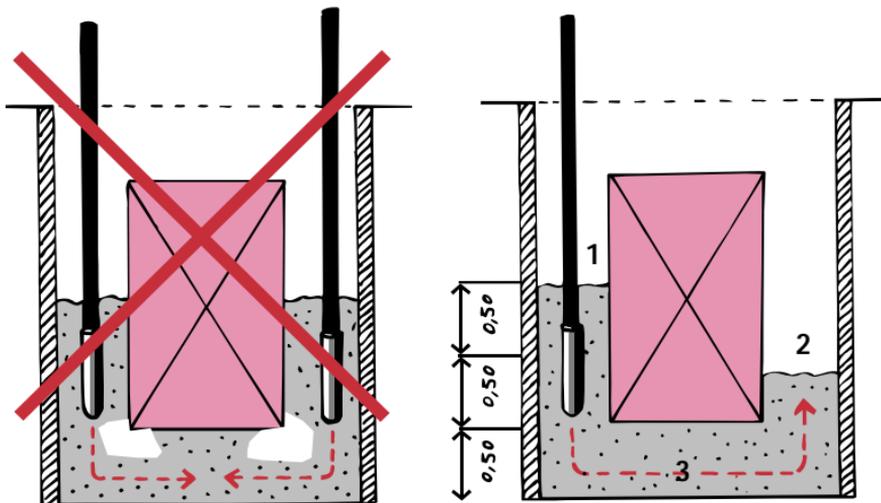
Par exemple pour un vibreur de $\varnothing 50$ mm (rayon d'action 25 cm), l'espacement des points de vibration sera de $25 \times 1,7 (*) = 42,5$ cm arrondi à 50 cm pour les vibreurs puissants.

- Il doit y avoir recouvrement entre les zones d'action du béton vibré de façon à ne laisser aucun espace non vibré.

(*) Coefficient obtenu par la pratique avec un vibreur de bonnes performances et un béton classique.

■ Béton banché

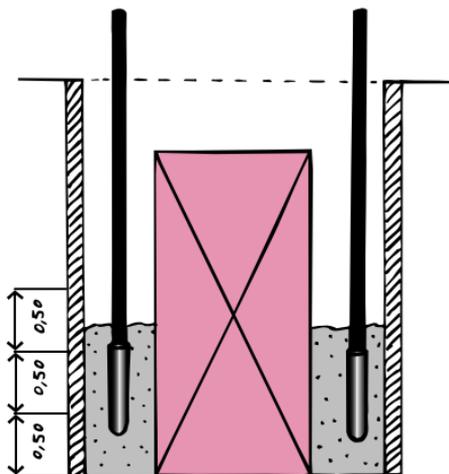
- fenêtre en ouverture centrale



Vibration d'un voile comportant une ouverture en réservation.

Dans le cas de réservation telle qu'une ouverture de fenêtre par exemple, on vibrera par couche de 50 cm d'un seul côté (1) jusqu'à l'apparition du béton de l'autre côté (2), s'assurant ainsi que la partie inférieure (3) est bien remplie.

Si le béton est coulé des 2 côtés, il y a risque en partie inférieure (3) de création de poche d'air.



- **réserve pour porte ou ouverture pleine**

Vibration d'un voile comportant une porte en réserve. Dans le cas de réserve d'une porte, le béton n'a pas à remplir de cavité en partie basse ; on coulera et on vibrera comme indiqué précédemment mais régulièrement de chaque côté.

- **poteaux et piles**

On peut appliquer les critères précédents entre autres pour les épaisseurs de couche et la reprise de bétonnage sur une épaisseur de 0,10 à 0,15 cm de la couche inférieure.

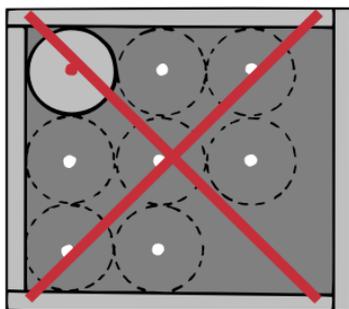
Lorsque le ferrillage est très serré, prévoir un puits pour le passage du vibreur de puissance convenable, ou envisager la vibration externe.

VIBRATION D'ÉLÉMENTS HORIZONTALS : PLANCHERS, DALLES, RADIERS

Conseils d'utilisation :

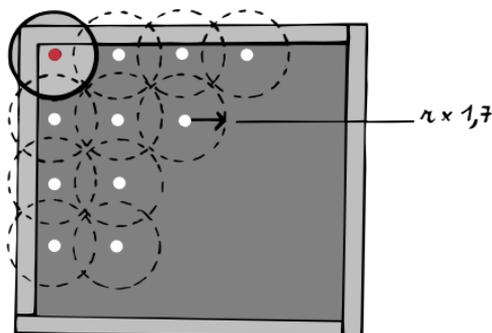
- L'épaisseur de l'élément à vibrer peut être inférieure ou sensiblement égale à la longueur du corps vibrant du vibreur interne. La solution consiste à plonger celui-ci **en position inclinée** sans pour autant dépasser une inclinaison de l'ordre de 45° .

Dans le cas d'éléments de faible épaisseur, utiliser des vibreurs à corps vibrant court qui à puissance identique présentent un diamètre plus fort que celui des vibreurs courants.



- Le ou les vibreurs doivent passer aisément entre les mailles.

- Les intervalles entre points d'immersion du ou des vibreurs se calculent comme dans le cas de la vibration des éléments verticaux.



- **Les zones d'action du vibreur doivent s'entrecroiser.**
- La pratique qui consiste à traîner l'aiguille à l'horizontale est à proscrire (elle est génératrice de ressuage et de microfissuration).

*Sur le chantier, comme en préfabrication,
béton mal vibré = performances insuffisantes.*

VIBRATION EXTERNE

RÈGLES USUELLES GÉNÉRALES

Il s'agit essentiellement de règles de bon sens :

- **La vibration externe** est principalement utilisée en **préfabrication** en usines, en installation foraine, ou avec les grandes banches de chantier.
- Dans **des cas bien précis**, la vibration peut-être utilement conseillée pour des travaux courants sur chantiers habituellement équipés de vibreurs internes, en particulier lorsque l'ouvrage comporte **des armatures très serrées** ou **des bétons très secs**, ou encore lorsque **l'automatisation** sur le chantier est développée.

La vibration externe requiert l'assistance de techniciens de la vibration aussi bien que des fabricants de coffrage.

Conseils d'utilisation :

- Placer **l'axe du vibreur perpendiculaire au raidisseur** supportant le système de fixation (berceau, plaque d'embase, etc.).
- Orienter le sens de rotation du vibreur **vers le coffrage**.

- Harmoniser les vibrations de l'ensemble des vibrateurs (vitesse de rotation, fréquence, force centrifuge).

La commande de vibrateurs peut être télécommandée et éventuellement réglée par un variateur de fréquence permettant d'adapter la fréquence au béton à vibrer.

En vibration externe, le serrage du béton est plus homogène qu'en vibration interne. Durée de vibration et pénibilité sont réduites.

VIBRATION DE SURFACE

■ Règles vibrantes

Ce matériel sert essentiellement à "dresser" la surface de l'ouvrage ; les règles vibrantes sont bien adaptées aux travaux de dallage ou de voirie.

Elles ont une action de serrage du béton réduite à quelques centimètres d'épaisseur et, dans la plupart des cas, nécessitent une prévibration du béton à l'aide de vibrateurs internes.

Conseils d'utilisation :

- Placer les guides de niveau.
- Tirer la règle régulièrement et, si le béton s'amasse devant, le retirer ou l'épendre.

■ Compacteurs vibrants

Utilisation très peu courante en bâtiment si ce n'est pour le serrage du béton de certains dallages, sols industriels, ou pour la stabilisation des remblais avant la pose du plancher ou du dallage (pavillon individuel, sous-sol d'immeuble).

Se conformer aux prescriptions du constructeur.