

BétonlabFree 3
Leçon N°3

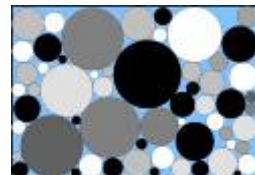
Compacité des granulats

François de Larrard

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
Centre de Nantes

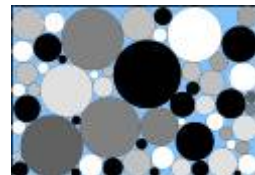
Plan de la leçon

- Rappels de la leçon N°2
- But de l'essai
- Mesure de la compacité (méthode LPC N°61)
- Mesure à la table vibrante
- Introduction des données dans BétonlabFree - Exemple
- Conclusion



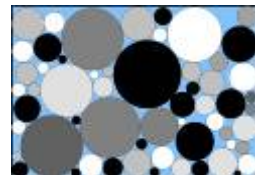
Rappels de la leçon N°2

- Compacité d'une fraction granulaire d_i-d_j : influence toutes les propriétés du béton
- Mesure: mode opératoire (caractérisé par un indice de serrage K) + niveau de confinement
- Compacité de d_1-d_n : conditionnée par la compacité propre de chaque classe étroite $d_1-d_2, d_2-d_3, \dots, d_{n-1}-d_n$



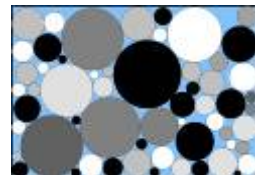
But de l'essai de compacité

- On cherche donc à connaître les compacités propres virtuelles $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$
- Comme l'essai ne donne qu'une mesure pour la fraction globale, on fait l'hypothèse que toutes les classes ont la même valeur de compacité propre virtuelle β
- Cette approximation est généralement acceptable, compte tenu de la précision des modèles



But de l'essai de compacité (suite)

- La mesure donne une compacité *réelle* de la fraction globale *en milieu confiné*
- A partir de la granularité, et de l'indice de serrage, on en déduit la compacité propre *virtuelle et en milieu infini* β des classes élémentaires (nécessité de lui indiquer le niveau de confinement)

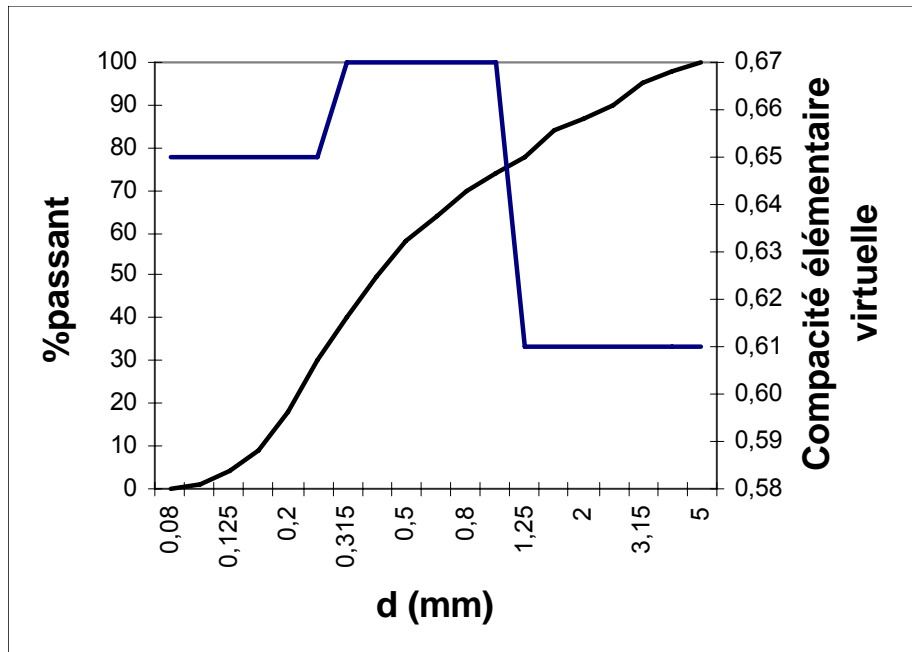


But de l'essai de compacité (suite)

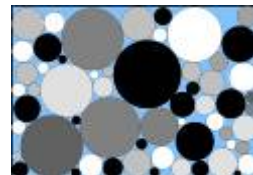
- Cas d'une fraction très large (exemple: grave), à l'intérieur de laquelle la forme des grains dépend beaucoup de la taille:
 - on coupe la fraction en sous-fractions plus étroites
 - on mesure la compacité de chaque sous-fraction
 - le logiciel affectera une valeur particulière de β pour les classes élémentaires de chaque sous-fraction



But de l'essai de compacité (suite)

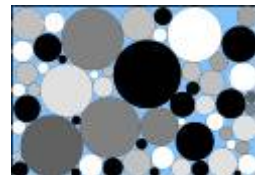


Exemple d'un sable coupé en trois fractions ayant chacune fait l'objet d'une mesure de compacité



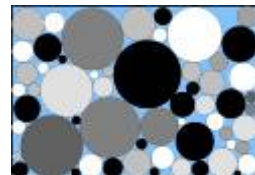
But de l'essai de compacité (suite)

- Exemple d'une grave 0/31,5
 - on coupe 0/0,080 - 0,08/5 - 5/12,5 - 12,5/31,5
 - on mesure la compacité des trois fractions supérieures (pour les fines: cf. leçon N°6)
 - on en déduit une valeur de β pour chaque sous-classe
 - le matériau global 0/31,5 sera ainsi bien caractérisé sous l'angle de la compacité, et de son comportement en présence d'autres matériaux

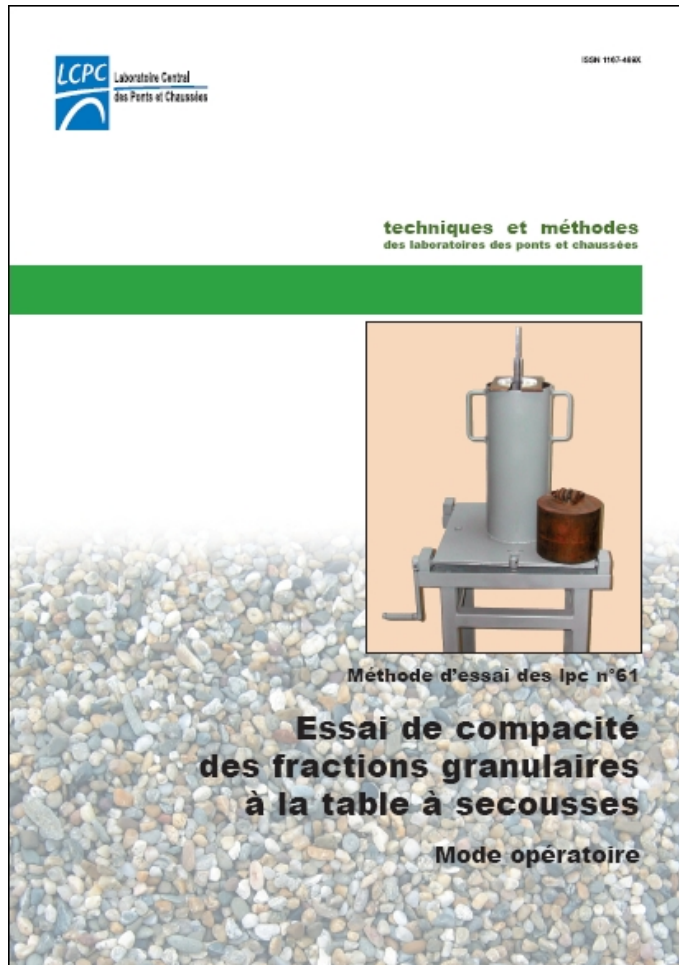


Mesure de la compacité d'une fraction granulaire

- Deux méthodes sont proposées:
 - méthode LPC N°61. Nécessite un matériel spécial, mais méthode censée être reproductible
 - méthode à la table vibrante. Moins de matériel spécifique, mais reproductibilité moins assurée (diversité de comportement des tables vibrantes)
 - les deux méthodes correspondent à un indice de serrage $K = 9$



Méthode LPC N°61



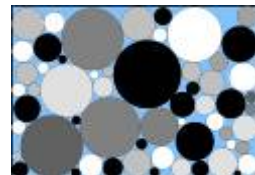
Mode opératoire disponible

-dans l'aide en ligne de BétonlabFree

-sur le site Internet:

<http://www.lcpc.fr/fr/sources/airs/me.dml#si>

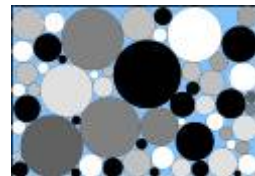
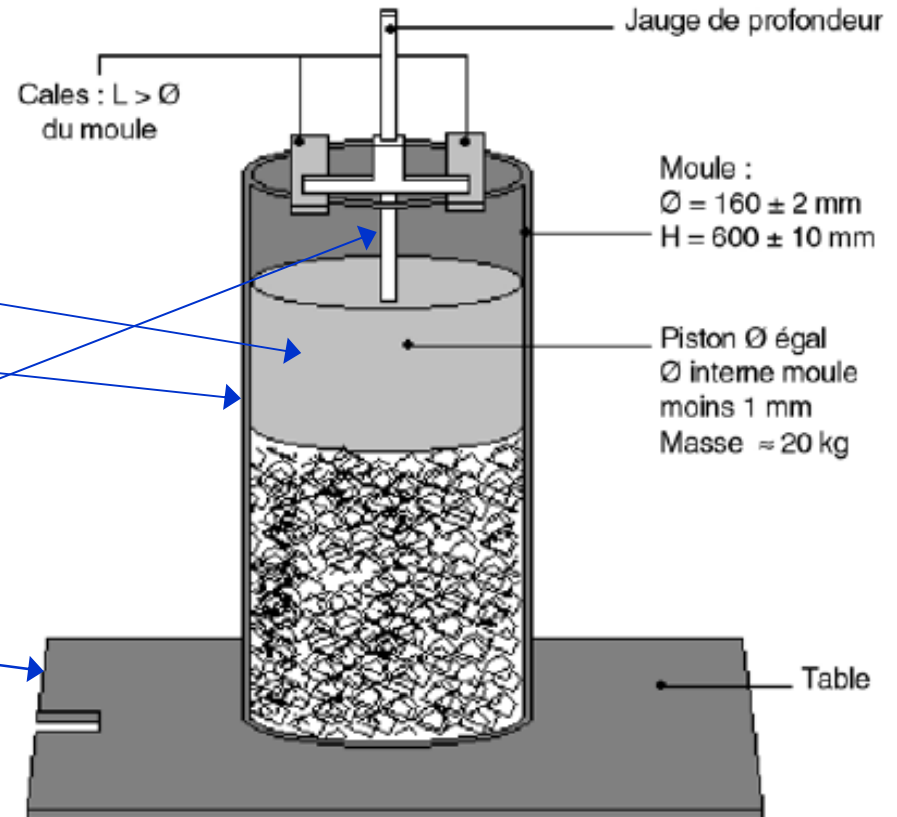
- en version papier (service publications du LCPC)



Méthode LPC N°61

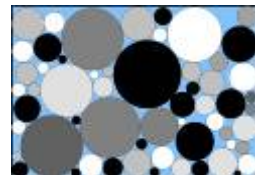
- Matériel:

- piston
- cylindre
- jauge de profondeur
- table à secousse

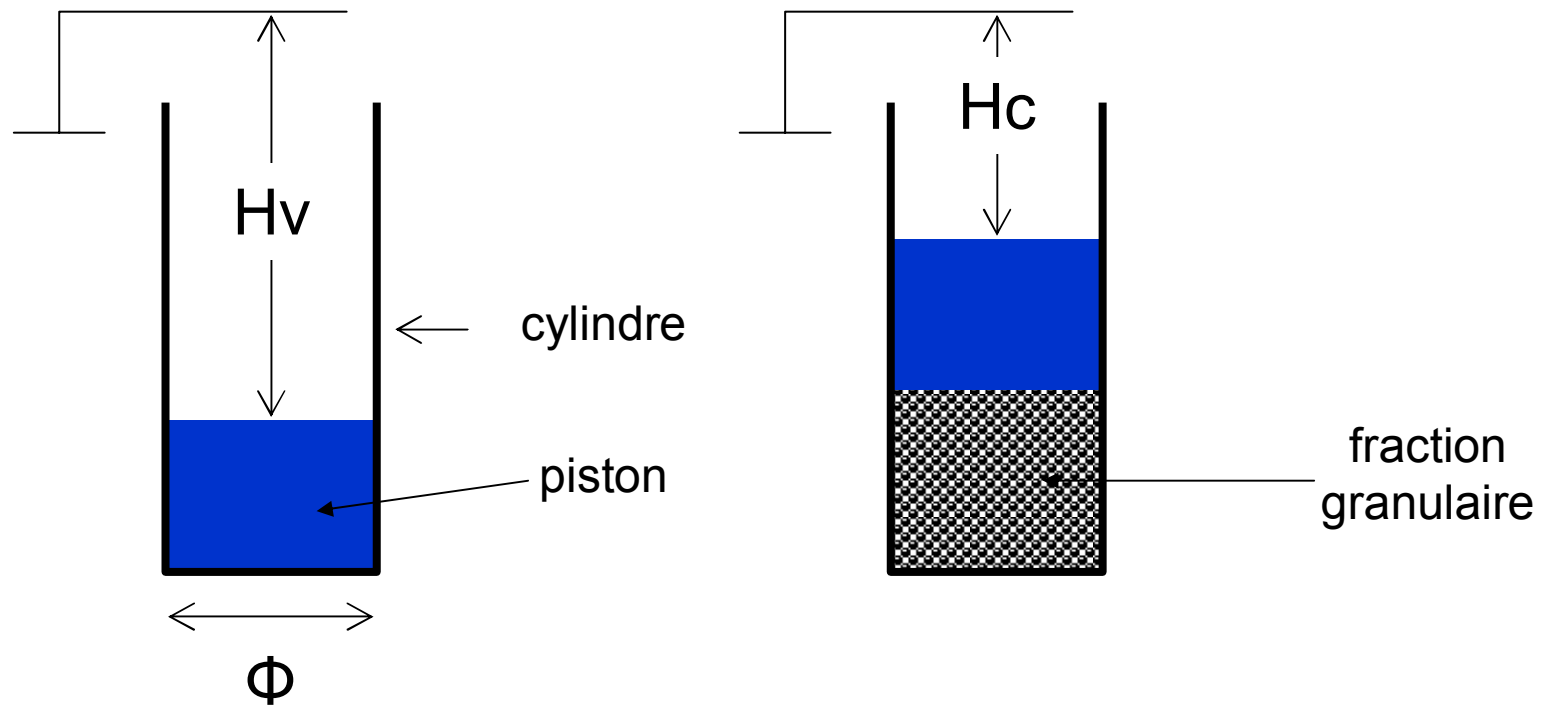


Méthode LPC N°61 (suite)

- On pèse une masse $M = 7 \text{ kg}$ de la fraction granulaire préalablement séchée
- On remplit le cylindre en trois couches successives, chaque couche étant soumise à 20 secousses (20 tours de manivelle)
- On place le piston, et on applique 40 nouvelles secousses
- On mesure la hauteur h de l'échantillon de granulats compactés

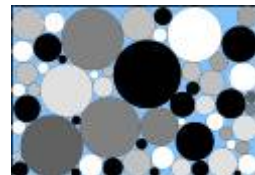


Méthode LPC N°61 (suite)



$$h = H_v - H_c$$

Mesure exécutée deux fois, la hauteur finale étant la moyenne des deux valeurs



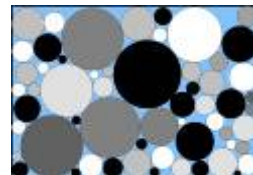
Mesure à la table vibrante

- Même principe et mêmes calculs que pour la méthode LPC N°61
- Seule différence: méthode de serrage
- Le cylindre rempli de l'échantillon de granulats (surmonté du piston) est placé sur une table vibrante
- Une vibration (correspondant à une accélération de 4 g) est appliquée pendant une minute



Introduction des données dans BétonlabFree - Exemple

- Soit le matériau « Caillou 5/12,5 », dont on admet qu'il a les mêmes propriétés que le matériau « Concassé 5/12,5 », sauf la compacité
- On suppose que la mesure a été faite selon la méthode LPC N° 61 et a donné les résultats suivants:



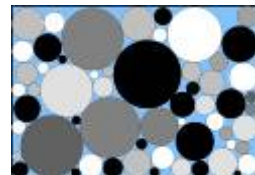
Introduction des données dans BétonlabFree – Exemple (suite)

masse volumique réelle du matériau = 2666 kg/m³

masse de l'échantillon = 7 kg

diamètre du cylindre = 160 mm

hauteur moyenne de l'échantillon compacté (moyenne de deux essais) = 221 mm



Introduction des données dans BétonlabFree (suite)

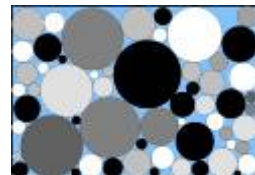
- Menu Constituants

- Banque de constituants

- cliquer sur « Matériaux génériques »

- cliquer sur « Concassés 12,5/20 »

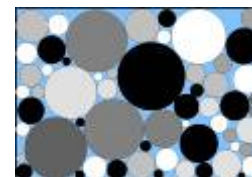
- cliquer sur Editer



Introduction des données dans BétonlabFree (suite)

- entrer le nouveau nom

- cliquer sur « Enregistrer »



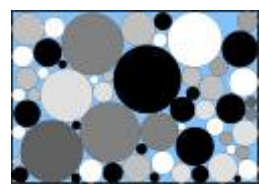
Introduction des données (suite) BétonlabFree

- cliquer sur « Coupure 1 »
- cliquer sur « Outils »

- reporter la compacité
- indice de serrage = 9
- ré-introduire le diamètre et la hauteur (en mm)
- enregistrer

- cliquer sur « Compacité3 »
- introduire les données
- la compacité s'affiche

The screenshot shows the BétonlabPro 3 software interface. The main window is titled 'Propriétés du gravillon' and has tabs for 'Général', 'Propriétés', 'Squelette', and 'Coupure 1'. The 'Coupure 1' tab is active, showing a 'Coupure' field with '3,15 mm / 12,5 mm'. Below this, there are fields for 'Compacité expérimentale' (0,5909), 'Indice de serrage' (9), and 'Confinement' (Cylindre). A section for 'Entrer les dimensions du cylindre en mm' shows a diameter (Ø) of 160 and a height (H) of 221. To the right are buttons for 'Enregistrer', 'Annuler', and 'Outils'. A secondary dialog box titled 'BtlOutils 3' is open, showing a table with columns for 'Saturation 1', 'Saturation 2', and 'Activité', and rows for 'Compacité 1', 'Compacité 2', and 'Compacité 3'. The 'Compacité 3' row is highlighted. Below the table are fields for 'Masse volumique du granulat (kg/m3)' (2666), 'Masse de granulat (kg)' (7), 'Récipient' (Cylindre), 'Diamètre (mm)' (160), and 'Hauteur (mm)' (221). At the bottom, the 'Compacité du granulat' is displayed as 0,5909. Buttons for 'Exporter', 'Copier', 'Quitter', 'Aide', and 'A propos' are at the bottom of the dialog.



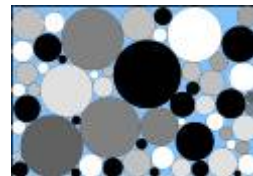
Introduction des données dans BétonlabFree (suite)

**- Editer
« Caillou 5/12,5)
- cliquer sur
« Squelette »**

Diamètre	Passant %	β	β^*
3,15 mm			0,6266
3,55 mm	0,5		0,6266
4 mm	1		0,6266
4,5 mm	6		0,6266
5 mm	11		0,6266
5,6 mm	22		0,6266
6,3 mm	33		0,6266
7,1 mm	44,75		0,6266
8 mm	56,5		0,6266
9 mm	74,5		0,6266
10 mm	92,5		0,6266
11,2 mm	96,25		0,6266
12,5 mm	100		0,6266

- BétonlabFree a calculé la compacité propre virtuelle β (0,6266) des fractions étroites (supposée uniforme)

Compacités propres virtuelles constantes par coupure



Exemple d'un matériau caractérisé en trois sous-fractions

The screenshot displays the 'Propriétés du sable' (Sand Properties) dialog box in BétonlabPro 3. The 'Général' tab is active, showing a table of sieve diameters, passing percentages, and the parameter β . A blue dashed line highlights the value of β at the 315 μ sieve, which is 0,6282. A blue arrow points from a text box to this value. To the right, a graph shows the cumulative passing curve, with the x-axis labeled 'Diamètre (μ)' and the y-axis labeled 'Passants cumu'. The curve shows a sharp increase in passing percentage between 315 μ and 450 μ , indicating a boundary between two sub-fractions.

Diamètre	Passant %	β	β^*
125 μ	3,9	0,6282	
140 μ	5	0,6282	
160 μ	6,1	0,6282	
180 μ	7,05	0,6282	
200 μ	8	0,6282	
224 μ	9,55	0,6282	
250 μ	11,1	0,6282	
280 μ	12,7	0,6282	
315 μ	14,3	0,6282	
355 μ	16	0,6674	
400 μ	17,7	0,6674	
450 μ	19,25	0,6674	
500 μ	20,8	0,6674	
560 μ	22,4	0,6674	

Graph Data (Approximate):

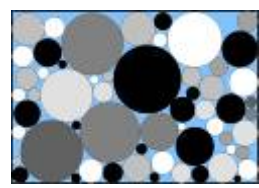
Diamètre (μ)	Passants cumu (%)
60 μ	0
112 μ	5
160 μ	10
224 μ	15
315 μ	20
450 μ	35
630 μ	55
900 μ	75
1,25 mm	85
1,8 mm	90
2,5 mm	95
3,55 mm	98
5 mm	100

- cliquer sur « Matériaux génériques »

- cliquer sur « Roulé 0/5 »

- cliquer sur Editer

La valeur de β change à la frontière entre deux sous-fractions



Conclusion

- Compacité des granulats = caractéristique indispensable pour BétonlabFree
- Deux techniques de mesure préconisées
- Méthode LPC N°61: mode opératoire + appareillage disponibles
- La mesure donne une compacité globale en milieu confiné
- Le logiciel calcule des compacités virtuelles, par classe étroite, en milieu infini

