

BétonlabFree 3

Leçon N°6

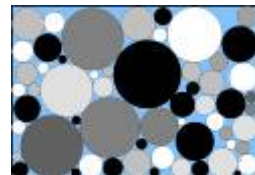
Demande en eau des ciments

Thierry Sedran

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
Centre de Nantes

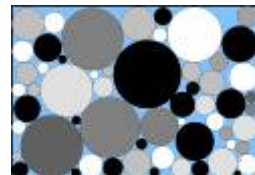
Plan de la leçon

- Rappels de la leçon N°2
- But de l'essai
- Mesure sur pâte homogène
- Mesure sur pâte normale
- Introduction des données dans BétonlabFree - Exemple
- Conclusion



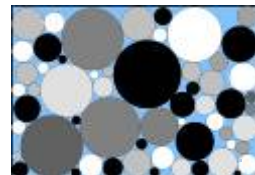
Rappels de la leçon N°2

- La compacité d'une fraction granulaire: influence toutes les propriétés du béton
- Mesure: mode opératoire fixé + un indice de serrage K correspondant



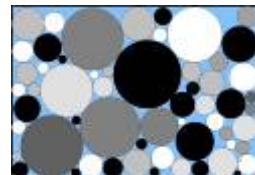
Rappels de la leçon N°2 (suite)

- Compacité de $[d_1-d_n]$: conditionnée par les compacités propres virtuelles $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ de chaque classe étroite $[d_1-d_2], [d_2-d_3], \dots, [d_{n-1}-d_n]$
- → il faut déterminer $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$



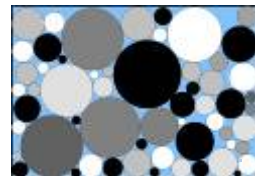
But de l'essai de demande en eau

- L'essai de demande en eau permet de déterminer la compacité du ciment
- Comme l'essai ne donne qu'une mesure globale pour le ciment, on fait l'hypothèse que toutes les classes ont la même valeur de compacité propre virtuelle $\beta = \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_n$
- Cette approximation est généralement acceptable, compte tenu de la précision des modèles et permet de déterminer β



But de l'essai de demande en eau (suite)

- Ciment: particules fines ($<80 \mu\text{m}$):
 - ➔ la compacité du ciment est influencée par la présence d'eau
 - ➔ pour être représentatif d'un béton, il faut faire une mesure de compacité en présence d'eau
- Un (super)plastifiant a deux effets (voir leçon 5):
 - un effet lubrifiant directement pris en compte par BétonlabFree
 - ➔ pas de données à fournir
 - améliore la compacité du ciment
 - ➔ le cas échéant, nécessité de mesurer la compacité en présence du (super)plastifiant

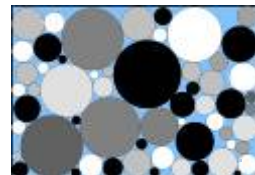


But de l'essai de demande en eau (suite)

- L'essai de demande en eau permet de mesurer la masse d'eau M_e à ajouter à une masse M_c de ciment (en présence éventuelle de superplastifiant) pour obtenir une consistance de référence pour le mélange
- Dans le mélange ainsi obtenu la compacité du ciment est donnée par le rapport:

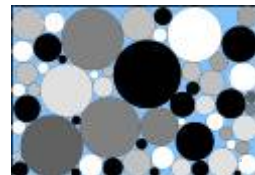
$$\frac{V_C}{V_C + V_E}$$

(V_c et V_e volumes de ciment et d'eau)



Deux méthodes de mesure de la demande en eau

- Diffèrent par le choix de l'état de référence du mélange eau+ciment à viser
- Méthode sur pâte homogène
- Méthode sur pâte normale

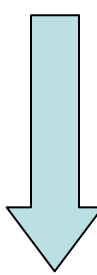


Méthode sur pâte homogène

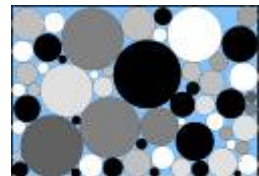
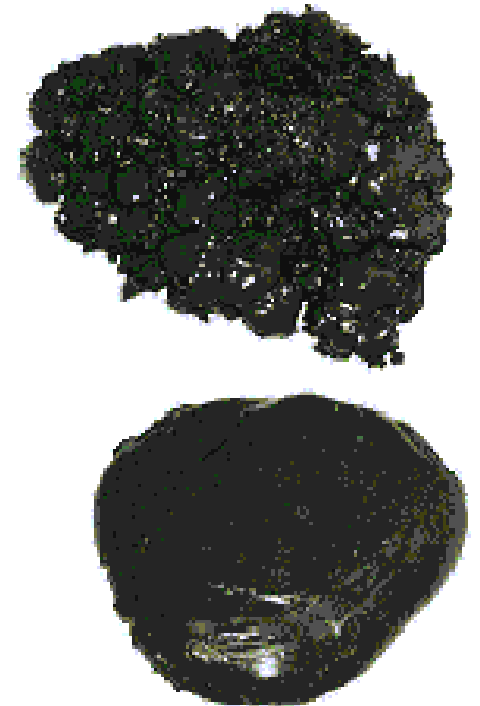
On cherche la quantité d'eau juste nécessaire pour passer d'un état de boulettes à un état de pâte homogène dans un malaxeur à mortier normalisé (NF EN 196-1)



M_e

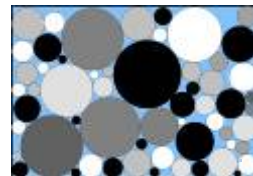
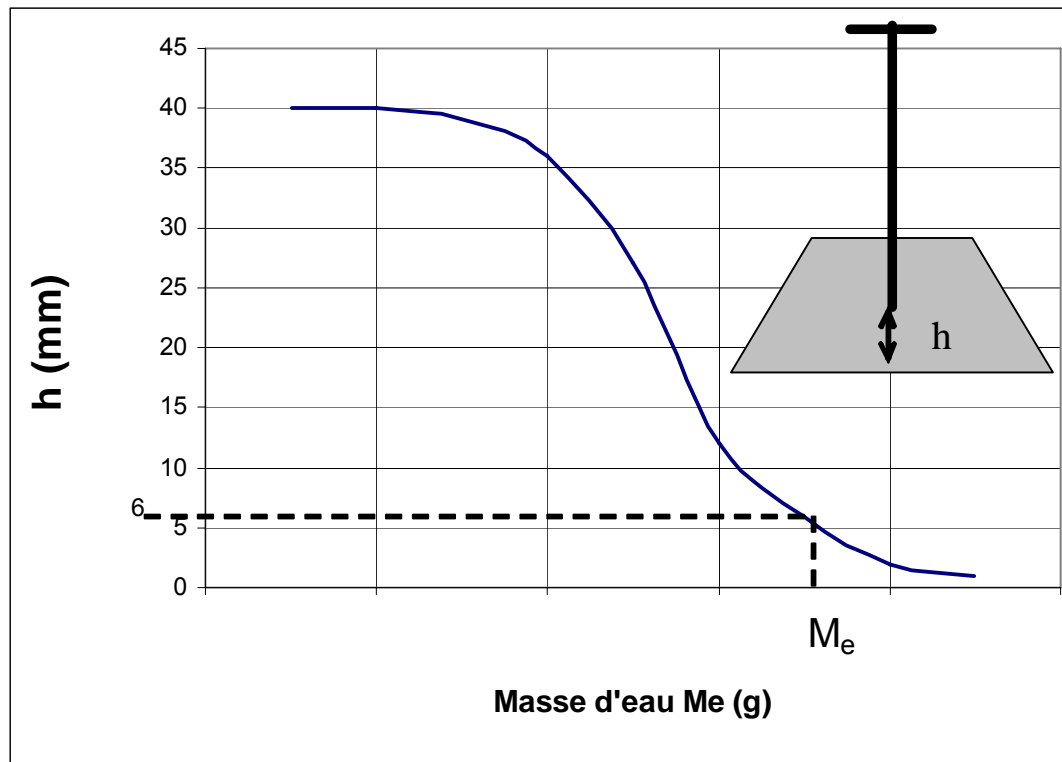


$M_e + \Delta M_e$



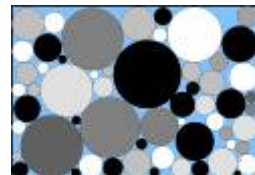
Méthode sur pâte normale

On cherche la quantité d'eau donnant la consistance normale ($h=6$ mm) mesurée avec l'aiguille de Vicat (norme EN 196-3)



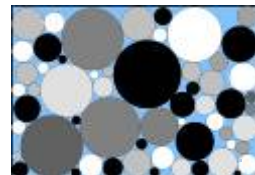
Comparaison des deux méthodes

- Valeur de compacité plus faible sur pâte normale (mélange plus « mouillé » que sur pâte homogène)
- Indices de serrage correspondants différents:
 - Sur pâte normale: $K=4,8$
 - Sur pâte homogène: $K=6,7$
- Méthodes cohérentes entre elles: donnent les mêmes valeurs de β



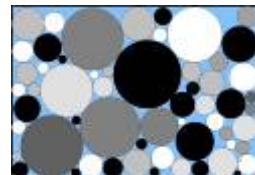
Comparaison des deux méthodes

- Mesure sur pâte homogène : essai plus rapide
 - seulement 3 à 4 gâchées par mesure
 - essai direct dans le malaxeur
- Mais:
 - passage entre les deux états parfois difficile à déceler (notamment sans adjuvant)
 - dépend du jugement visuel de l'opérateur → risque de mauvaise reproductibilité malgré une bonne répétabilité
 - essai non normalisé



Comparaison des deux méthodes

- Mesure sur pâte normale :
 - mesure objective moins dépendante de l'opérateur
 - en l'absence de (super)plastifiant c'est une méthode normalisée (EN 196-3) → donnée disponible auprès des cimentiers
- Mais demande:
 - un peu plus de temps: plutôt 4 à 6 gâchées et 2 outils (malaxeur et appareil de Vicat)
 - un peu plus de soin (manipulation de l'aiguille)



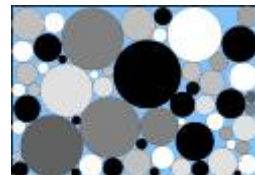
Quelques remarques

- Pour un débutant, la méthode sur pâte normale est conseillée
- La méthode sur pâte homogène pourra être utilisée ultérieurement (vérifier au début la cohérence des β par les 2 méthodes)
- Pour les deux méthodes:
 - voir l'aide en ligne contextuelle pour le détail des procédures
 - l'eau du (super)plastifiant doit être prise en compte, le cas échéant dans le calcul de la compacité
 - la compacité est supposée mesurée sans confinement



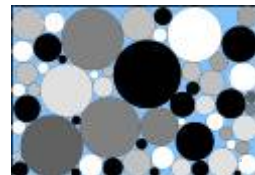
Introduction des données dans BétonlabFree

- La compacité en l'absence de (super)plastifiant est obligatoire
- Si on souhaite simuler des bétons avec (super)plastifiant, il est alors nécessaire de fournir également la compacité obtenue pour le dosage de saturation
- BétonlabFree impose les valeurs intermédiaires des compacités entre ces deux extrêmes



Introduction des données dans BétonlabFree - Exemple

- Soit le matériau « Nouveau ciment », dont on admet qu'il a les mêmes propriétés que le matériau « Ciment CEM I 52.5 », sauf les compacités
- Son dosage de saturation en superplastifiant a été préalablement mesuré et est égal à 0,75% d'extrait sec (e.s.) par rapport à la masse de ciment
- Les mesures de demande en eau ont été faites selon la méthode sur pâte normale et on a obtenu:



Masse volumique du ciment = 3160 kg/m³

Concentration solide du superplastifiant = 30 %

Essai sans superplastifiant

Masse de ciment = 500 g

Masse d'eau ajoutée = 134 g

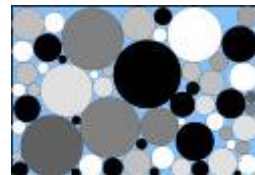
Masse de superplastifiant = 0 g

Essai à saturation de superplastifiant

Masse de ciment = 500 g

Masse d'eau ajoutée = 100 g

Masse de superplastifiant = 12,5 g



BétonlabFree 3
Fichier Edition Constituants Sélection Calculs ?

- Menu Constituants
- Banque de constituants

Banque de constituants

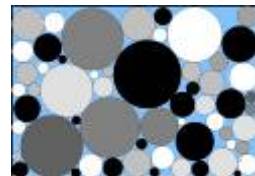
Dossiers disponibles
Granulats.cst
Matériaux génériques.n^o4

Nouveau
Supprimer
Organiser

Constituants disponibles
Cendre volante
Ciment CEM I 52,5
Ciment CEM II/A-LL 32,5 N
Concassé 0/4
Concassé 12,5/20
Concassé 2/6
Concassé 20/50
Concassé 5/12,5
Concassé 5/20
Filler calcaire
Fumée de silice
Laitier
Roulé 0/5
Roulé 5/12,5

Editer
Nouveau
Supprimer
Exporter
Quitter

- cliquer sur « Matériaux génériques »
- cliquer sur « Ciment CEM I 52,5 »
- cliquer sur Editer

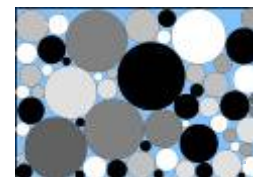


The screenshot shows the BétonlabFree 3 application window with a menu bar (Fichier, Edition, Constituants, Sélection, Calculs, ?) and a toolbar. A dialog box titled 'Propriétés du ciment' is open, with tabs for 'Général', 'Composition', 'Propriétés', 'Squelette', and 'Coupure 1'. The 'Général' tab is active, showing fields for 'Nom' (Nouveau ciment), 'Date' (16/08/1999 18:31:53), 'Commentaires' (Caractérisé en présence de superplastifiant mélamine), and 'Coût (Euro/t)' (130). Buttons for 'Enregistrer', 'Annuler', and 'Outils' are visible. Three blue callout boxes with arrows point to specific elements: the first points to the 'Nom' field, the second to the 'Commentaires' text area, and the third to the 'Coupure 1' tab.

- entrer le nouveau nom

- Rappeler le (super)plastifiant utilisé pour la demande en eau le cas échéant

- cliquer sur « Coupure 1 »



- Cliquer sur « Outils »

- reporter la compacité

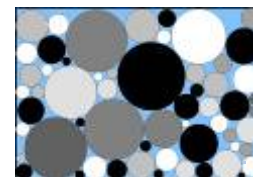
- indice de serrage = 4,8

- pas de confinement

- cliquer sur « Compacité1 »

- introduire les données sans superplastifiant

- la compacité s'affiche: 0,5415



BétonlabFree 3

Fichier Edition Constituants Sélection Calculs ?

BtlOutils 3

Saturation 1	Saturation 2	Activité
Compacité 1	Compacité 2	Compacité 3
Masse volumique du ciment (kg/m3)	3160	
Concentration solide du superplastifiant (%)	30	
Masse de ciment C (g)	500	
Masse d'eau ajoutée (g)	100	
Masse de superplastifiant (g)	12,5	
Compacité du ciment	0,5927	

Propriétés du ciment

Composition | Pro

1 μ

divant

Compacité expérimentale: 0,5415

Indice de serrage: 4,8

Confinement: Aucun

A saturation

Compacité expérimentale: 0,5927

Indice de serrage: 4,8

Confinement: Aucun

Enregistrer

Annuler

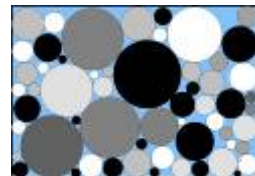
Outils

Aide

A propos

Annotations:

- introduire les données à saturation
- la compacité s'affiche: 0,5927
- reporter la compacité
- indice de serrage = 4,8
- pas de confinement
- enregistrer



BétonlabFree 3

Fichier Edition Constituants Sélection Calculs ?

Propriétés du ciment

Général Composition Propriétés Squelette Coupure 1

Diamètre	Passant %	β	β^*
1 μ		0,4849	0,539
1,12 μ	0,55	0,4849	0,539
1,25 μ	1,1	0,4849	0,539
1,4 μ	3,3	0,4849	0,539
1,6 μ	5,5	0,4849	0,539
1,8 μ	8	0,4849	0,539
2 μ	10,5	0,4849	0,539
2,24 μ	12,7	0,4849	0,539
2,5 μ	14,9	0,4849	0,539
2,8 μ	16,55	0,4849	0,539
3,15 μ	18,2	0,4849	0,539
3,55 μ	19,7	0,4849	0,539
4 μ	21,2	0,4849	0,539
4,5 μ	23,1	0,4849	0,539

Graphique

Compacités propres virtuelles constantes par coupure

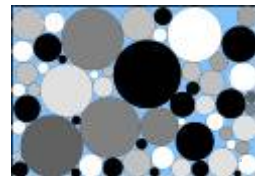
- Editer « Nouveau ciment »

- cliquer sur « Squelette »

- BétonlabFree a calculé les compacités propres virtuelles: $\beta=0,4849$ sans superplastifiant

$\beta^*=0,539$ à saturation

des fractions étroites (supposées uniformes)



Conclusion

- Compacité des ciments = caractéristique indispensable pour BétonlabFree
- Deux techniques de mesure préconisées: mode opératoire + appareillage classique
- Une mesure à saturation doit également être fournie si un (super)plastifiant est utilisé
- Le logiciel calcule des compacités virtuelles en milieu infini par classe étroite supposées constantes:
 - β sans superplastifiant et pour les particules $\geq 80 \mu$
 - β^* à saturation pour les particules $< 80 \mu$

