

BétonlabPro 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 BétonlabPro - 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)

- $[d_i-d_j]$ fraction comprise entre les diamètres d_i et d_j
- Compacité de $[d_1-d_n]$: conditionnée par les compacités propres virtuelles $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ de chaque classe étroite $[d_1-d_2], [d_2-d_3], \dots, [d_{n-1}-d_n]$
- \rightarrow 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 une 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 BétonlabPro
 - ➔ 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)



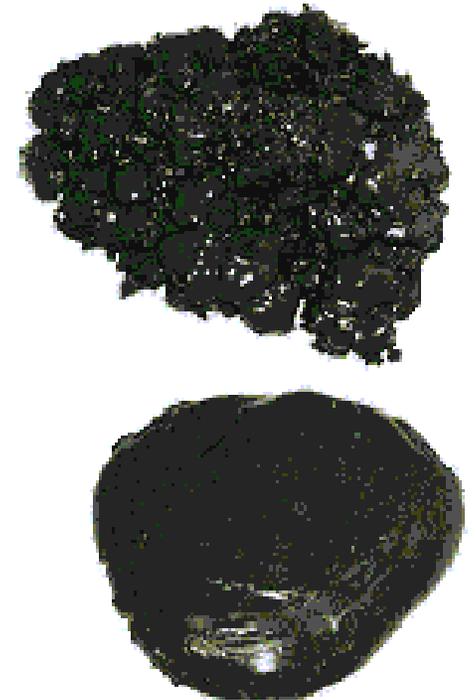
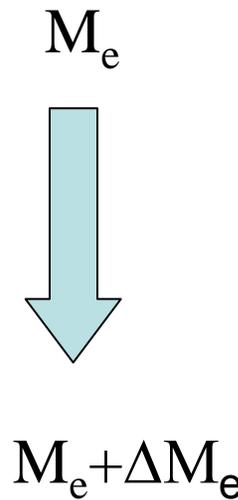
Deux méthodes de mesure de la demande en eau

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



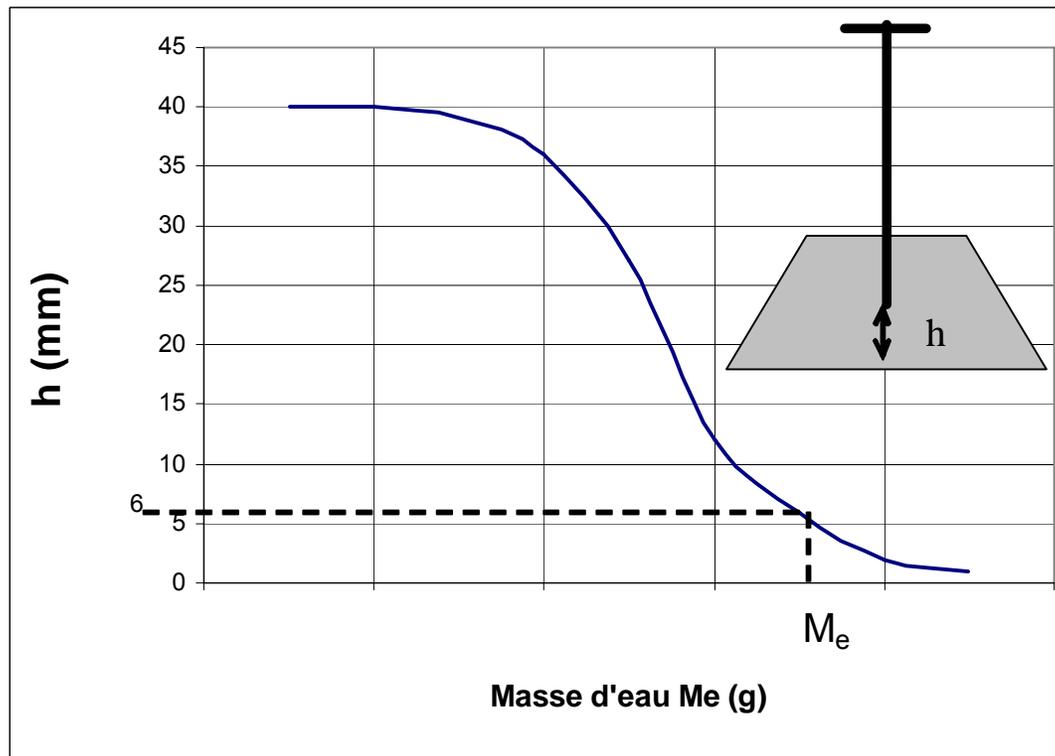
Méthode sur pâte homogène

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)



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 homogène: $K=6,7$
 - Sur pâte normale: $K= 4,8$
- 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:
 - dépend du jugement visuel de l'opérateur → risque de mauvaise reproductibilité malgré une bonne répétabilité
 - passage entre les deux états parfois difficile à déceler (notamment sans adjuvant)
 - 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 BétonlabPro

- 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
- BétonlabPro impose les valeurs intermédiaires des compacités entre ces deux extrêmes



Introduction des données dans BétonlabPro - 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

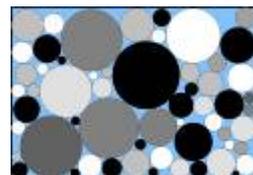
Dossiers disponibles
Granulats.cst
Matériaux génériques.n^o

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



- entrer le nouveau nom

- cliquer sur « Coupure 1 »

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



- Cliquer sur « Outils »

- reporter la compacité

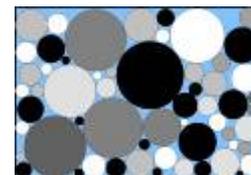
- indice de serrage = 4,8

- 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	

Annotations:

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

Secondary Window:

Composition | Pro

1 μ

Compacité expérimentale: 0,5415

Indice de serrage: 4,8

Confinement: Aucun

Buttons: Enregistrer, Annuler, Outils



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 »

- BétonlabPro a
calculé les
compacités
propres virtuelles:
 $\beta = 0,4843$ sans
superplastifiant
 $\beta^* = 0,539$ à
saturation
des fractions
étroites (supposées
uniformes)



Conclusion

- Compacité des ciments = caractéristique indispensable pour BétonlabPro
- 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 $< 80 \mu$

