

BétonlabFree 3

Leçon N°7

Le cahier des charges

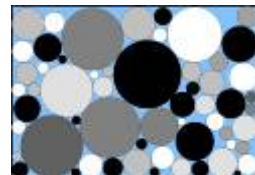
François de Larrard

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

Centre de Nantes

Plan de la leçon

- Définition - Généralités
- Cahier des charges vs. BétonlabFree
- Spécification des principales propriétés
- Principes à observer, pièges à éviter
- Conclusion



Définition - Généralités

- Cahier des charges = ensemble des conditions que le béton doit satisfaire pour un usage opérationnel donné
- Cahier des charges = définition du problème à résoudre par le formulateur
- Etape critique du processus de formulation
- Conditionné par la destination du béton et l'ensemble des acteurs/phases d'utilisation



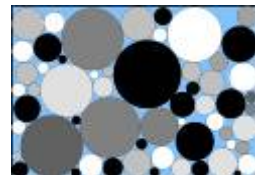
Définition - Généralités

- Contient des obligations de résultats (performances)
- Contient des obligations de moyens (prescriptions)
- Un critère à optimiser (en général, le coût, mais pas toujours)

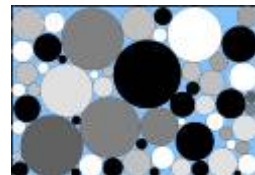


Cahier des charges vs. BétonlabFree

- Nécessité de traduire le cahier des charges dans le cadre de BétonlabFree
 - certaines propriétés ne sont pas gérées par le logiciel
 - certains paramètres du logiciel (ex: indice de serrage) ne correspondent pas à des propriétés mesurables
- Ensuite, on formulera par simulations successives (cf. leçon N°8)
- BétonlabPro permet en plus de formuler par optimisation automatique

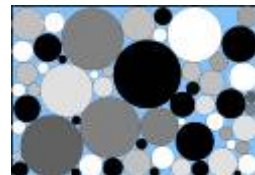


Spécification des principales propriétés



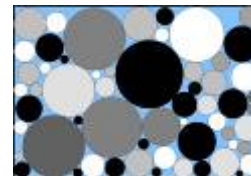
Spécification des principales propriétés: l'affaissement (ou slump)

Application	Affaissement désiré (mm)
Préfabrication industrielle – Bétons secs pour démoulage immédiat	0
Béton pour chaussées mis en place à la machine à coffrage glissant	20/50
Béton de résistance normale pour structures armées ou précontraintes	80/150
Béton à Haute Performance coulé sur chantier	180/250
Béton autoplaçant	> 250 (étalement > 600mm)



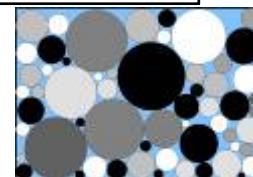
Spécification des principales propriétés: l'affaissement (suite)

- Très important (bien que non prise en compte dans BétonlabFree): la durée pratique d'utilisation. Dépend:
 - de la durée de fabrication (ex.: un camion de BHP = 30 minutes)
 - de la durée de transport
 - de la durée de mise en œuvre
- Valeurs typiques:
 - sur chantier: 1 à 2 heures
 - en préfabrication: 20' à 1 heure
- Effet de la température



Spécification des principales propriétés: l'indice de serrage

Procédé de coulage et type de béton	$K \leq$
Vibration, sans superplastifiant	6
Vibration, avec superplastifiant BHP	7,5 8
Béton compacté au rouleau	14
Béton projeté (procédé humide), sans superplastifiant	5,5
Béton projeté (procédé humide), avec superplastifiant	7,5
Béton autoplaçant	7



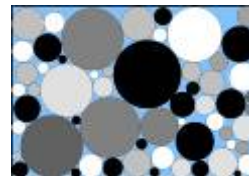
Spécification des principales propriétés: $R_{c_{28}}$

- BétonlabFree prédit une résistance *moyenne* de laboratoire, sur cylindre
- Résistance sur cylindre $\approx 80\%$ de la résistance sur cube (le rapport peut varier en fonction notamment des granulats)
- Pour une valeur de $f_{c_{28}}$ donnée (résistance caractéristique), il faut prendre une marge de sécurité de 10 à 20 %



Spécification des principales propriétés: $R_{c_{28}}$ (suite)

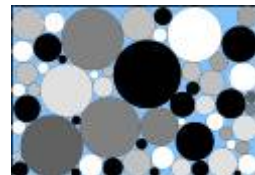
- Résistances caractéristiques sur cylindre recherchées (valeurs typiques)
 - bâtiment: 20 à 30 MPa;
 - ouvrages d'art: 30 à 80 MPa
- Exemple: B 35/C45 pour ouvrage d'art
 - dans BétonlabFree, $R_{c_{28}} \geq 1,2 \times 35 = 42$ MPa
 - si essais sur cubes, on cherchera à *mesurer* des valeurs $\geq 1,2 \times 45 = 54$ MPa



Spécification des principales propriétés: retrait total

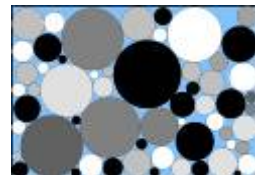
- BétonlabFree calcule une estimation du retrait total depuis la prise jusqu'au long terme, à 50 % d'humidité moyenne
- Exemple: si un béton présente un retrait de $500 \cdot 10^{-6}$ à 50 % d'humidité, la valeur à 70 % d'humidité sera

$$\frac{(100 - 70)}{(100 - 50)} \times 500 = 300 \cdot 10^{-6}$$



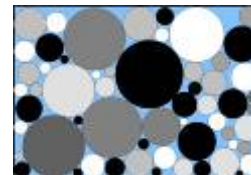
Spécification des principales propriétés: retrait total (suite)

- Il est rare de spécifier une valeur de retrait
 - Evaluation du retrait = garde-fou pour éviter
 - surdosages en liants
 - surdosages en eau
 - squelettes mal proportionnés
 - excès de fines
- générateurs de risques de fissuration



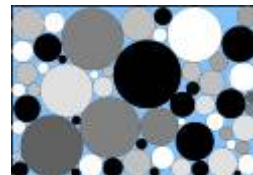
Spécification des principales propriétés: durabilité

- Béton durable si compatible avec une durée de vie minimale de la structure dans un environnement donné
- Il faut limiter la vitesse de dégradation:
 - corrosion des armatures (la plus fréquente)
 - gel-dégel (dans la masse et/ou écaillage superficiel)
 - réactions de gonflement: alcali-réaction, formation d'ettringite différée)
 - attaques acides etc.



Spécification des principales propriétés: durabilité (suite)

- Nombreuses propriétés physico-chimiques du béton en jeu
- Difficulté de les mesurer, peu de normes d'essai
- Pas de modèles les reliant à la formulation
- On privilégie une approche prescriptive (obligation de *moyens*)
- Cas d'ouvrages exceptionnels: on vérifie expérimentalement l'atteinte de seuils sur la formule à valider



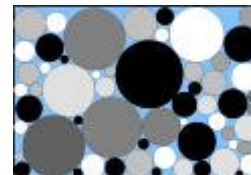
Spécification des principales propriétés: durabilité (suite)

- La plupart des cahiers des charges spécifient la durabilité
 - en définissant un environnement
 - en interdisant certains constituants pour cet environnement
 - en définissant un liant équivalent (cf. leçon BétonlabPro N°8)
 - en fixant une valeur mini de $l_{\text{éq}}$ et maxi de $e/l_{\text{éq}}$ (e = eau efficace)
 - parfois, clause de $f_{c,28}$ minimal et % d'air entraîné minimal (gel/dégel)



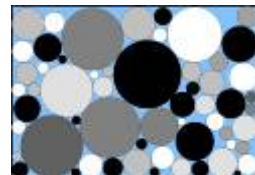
Spécification des principales propriétés: durabilité (suite)

- Exemple selon l'EN 206:
 - environnement XC1
 - $l_{\text{éq}} \geq 260 \text{ kg/m}^3$
 - $e/l_{\text{éq}} \leq 0,65$
 - $f_{c_{28}} \geq 20 \text{ MPa}$ (sur cylindre)
- BétonlabFree, connaissant la classe d'environ^t, calcule $l_{\text{éq}}$ et $e/l_{\text{éq}}$ selon l'EN 206 pour toute formule simulée



Spécification des principales propriétés: durabilité (suite)

- Cas de l'alcali-réaction et de la formation d'ettringite différée: cf. BétonlabPro (leçon BétonlabPro N°9)



Principes à observer, pièges à éviter

- **Se référer aux règlements et aux normes pertinentes**
- **Consulter chaque partenaire impliqué dans l'acte de construire**
- **Vérifier attentivement chaque étape de l'utilisation du béton ou de la structure, à la lumière des expériences passées**



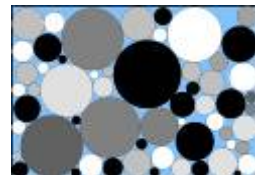
Principes à observer, pièges à éviter (suite)

- **Ne pas établir des spécifications non réalistes**
- **Eviter les conflits de spécifications**
- **Ne pas changer les spécifications durant l'étude de formulation**
- **Commencer suffisamment tôt l'étude de la formulation**



Conclusion

- BétonlabFree permet de gérer les propriétés les plus importantes d'un béton
- Par rapport aux méthodes classiques, il gère les ratios relatifs à la durabilité ($l_{\text{éq}}$, $e/l_{\text{éq}}$) en prenant en compte les additions minérales, et fournit une évaluation du retrait



Conclusion (suite)

- La bonne rédaction du cahier des charges, et sa traduction dans BétonlabFree est un préalable indispensable à une bonne formulation
- Pour une approche professionnelle, BétonlabPro est à conseiller (30 propriétés gérées au lieu de 5)

