

## Matinale OA

—

# L'approche performantielle des bétons

## Intérêts, démarche et essais

Arnaud CAMPANER

Cerema Est

*Laboratoire de Strasbourg – Groupe Ouvrages d'Art*

# L'approche performantielle des bétons

## #Sommaire

- Enjeux du béton
- Construction de la démarche
- Principaux indicateurs et essais associés
- Mise en œuvre – Cas de l'OA1 (Strasbourg)
- Conclusion

# L'approche performantielle des bétons

- **Enjeux du béton**
- Construction de la démarche
- Principaux indicateurs et essais associés
- Mise en œuvre – Cas de l'OA1 (Strasbourg)
- Conclusion

# L'approche performantielle des bétons

## #Enjeux du béton

→ Limiter les pathologies du béton dans le temps

Corrosion des armatures:

- Carbonatation
- Chlorures



# L'approche performantielle des bétons

## #Enjeux du béton

→ Limiter les pathologies du béton dans le temps

Écaillage  
(gel + sels de deverglaçages)



Gonflement interne  
(RAG, RSI)

# L'approche performantielle des bétons

## #Enjeux du béton

→ Classes d'expositions par partie d'ouvrage

XC: Carbonatation

XD: Chlorures

XF: Gel

XA: Attaques chimiques

XH: RSI

Tableau F.1 — Recommandations relatives aux valeurs limites pour la composition et les propriétés du béton

	Classes d'exposition																		
	Aucun risque de corrosion ni d'attaque	Corrosion par carbonatation				Corrosion par les chlorures						Attaque par le gel-dégel				Environnements chimiques agressifs			
						Eau de mer			Chlorures autres que ceux de l'eau de mer										
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
$e/c$ maximal <sup>a</sup>	–	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Classe de résistance minimale	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Teneur minimale en ciment <sup>c</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	–	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	
Teneur minimale en air (%)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	–	–	–	
Autres exigences	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Granulats selon l'EN 12620, présentant une résistance au gel-dégel suffisante				–	Ciment résistant aux sulfates <sup>b</sup>		

<sup>a</sup> Lorsque le béton ne contient pas d'air entraîné volontairement, il convient de soumettre à essai la performance du béton selon une méthode d'essai appropriée et de la comparer à un béton pour lequel la résistance au gel-dégel pour la classe d'exposition concernée est établie.

<sup>b</sup> Lorsque la présence de sulfates conduit à des classes d'exposition XA2 et XA3, il est essentiel d'utiliser un ciment résistant aux sulfates conforme à l'EN 197-1 ou à des normes nationales complémentaires.

<sup>c</sup> Lorsque le concept de coefficient  $k$  est appliqué, le rapport maximal  $e/c$  et la teneur minimale en ciment sont modifiés conformément à 5.2.5.2.

NF EN 206/CN

# L'approche performantielle des bétons

- Enjeux du béton
- **Construction de la démarche**
- Principaux indicateurs et essais associés
- Mise en œuvre – Cas de l'OA1 (Strasbourg)
- Conclusion

# L'approche performantielle des bétons

## #Construction de la démarche

- Démarche innovante, globale et prédictive de la durabilité des structures en béton fondée sur la notion d'indicateurs de durabilité
- Formuler des bétons pour une durée d'utilisation de projet et pour un contexte spécifique
- Prise en compte de l'environnement au sens large

# L'approche performantielle des bétons

## #Construction de la démarche

Méthode prescriptive classique : Eurocode 2, NF EN 206/CN ;

Fascicule 65

→ Classe d'exposition, Enrobage, Classe structurale



Avec l'approche performantielle des bétons, on fixe des indicateurs de durabilité qui vont prévaloir sur la méthode prescriptive classique

# L'approche performantielle des bétons

- Enjeux du béton
- Construction de la démarche
- **Principaux indicateurs et essais associés**
- Mise en œuvre – Cas de l'OA1 (Strasbourg)
- Conclusion

# L'approche performantielle des bétons

## #Principaux indicateurs et essais associés

Risques liés à la corrosion des armatures :

### - Porosité à l'eau (Peau)

*Mesurer le pourcentage  
de vides connectés avec  
la surface du béton*



# L'approche performantielle des bétons

## #Principaux indicateurs et essais associés

Risques liés à la corrosion des armatures :

### - *Perméabilité au gaz (Kgaz)*

*Mesurer la perméabilité  
du béton à l'azote, à  
l'oxygène ou à l'air*



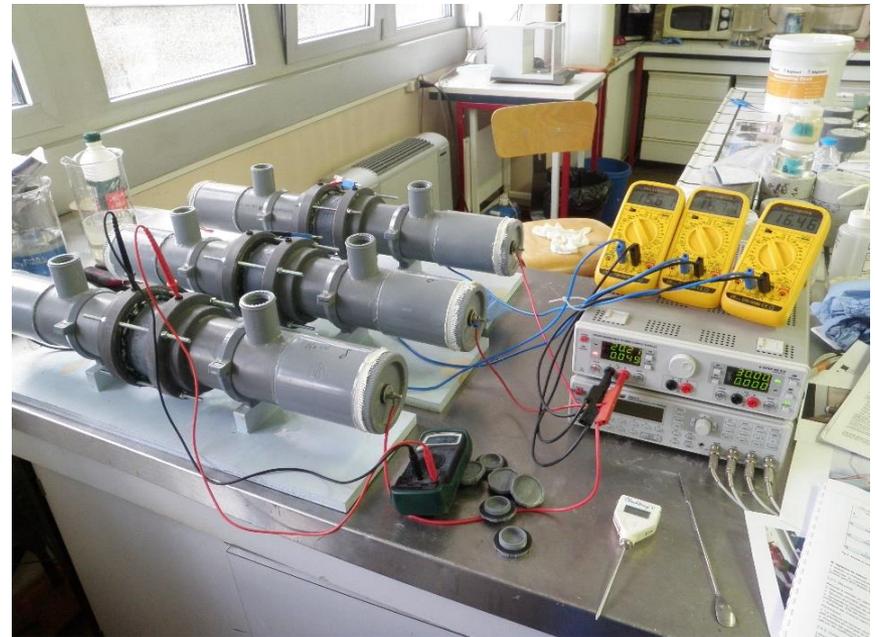
# L'approche performantielle des bétons

## #Principaux indicateurs et essais associés

Risques liés à la corrosion des armatures :

### - *Diffusion des chlorures (Dapp)*

*Mesurer la capacité des chlorures à interagir avec le béton*



# L'approche performantielle des bétons

## #Principaux indicateurs et essais associés

Risques liés à la corrosion des armatures :

### - *Diffusion des chlorures ( $D_{app}$ )*

*Mesurer la capacité des  
chlorures à interagir avec  
le béton*



Front de pénétration des chlorures

# L'approche performantielle des bétons

## #Principaux indicateurs et essais associés

Risques liés à la corrosion des armatures :

### - *Carbonatation accélérée*

*Mesurer la capacité du  
dioxyde de carbone à  
pénétrer dans le béton*



# L'approche performantielle des bétons

## #Principaux indicateurs et essais associés

Risques liés au gel :

### - *Teneur en air occlus sur béton frais (Tair)*

*Mesurer la teneur en air  
occlus dans le béton*



# L'approche performantielle des bétons

## #Principaux indicateurs et essais associés

Risques liés au gel :

### - *Essais de gel*

*Mesurer les déformations  
du béton soumis à des  
cycles gel/dégel*



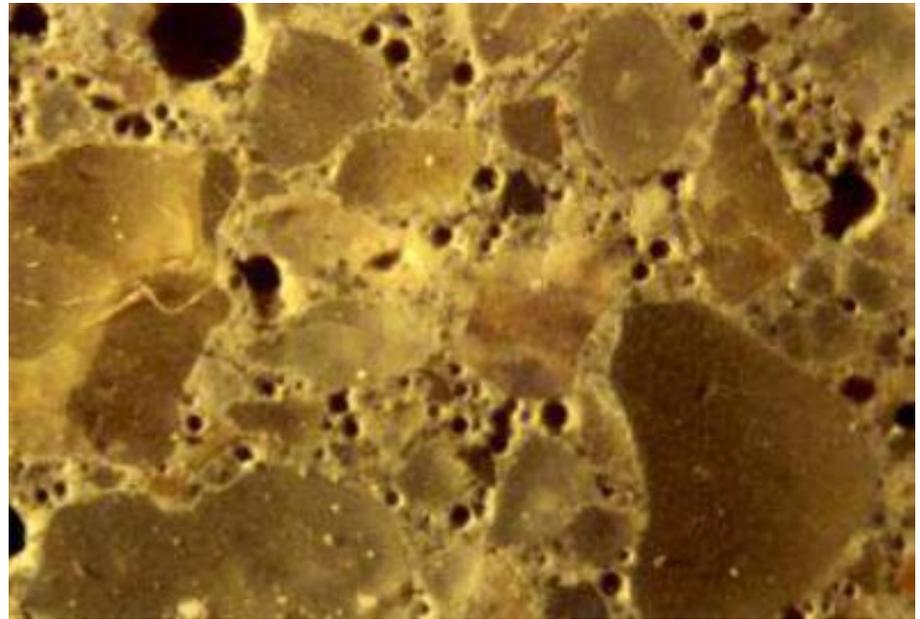
# L'approche performantielle des bétons

## #Principaux indicateurs et essais associés

Risques liés au gel :

### - Réseau de bulles d'air ( $L_{bar}$ )

*Mesurer la distance entre  
les parois de vides d'air  
dans le béton*



# L'approche performantielle des bétons

## #Principaux indicateurs et essais associés

Risques liés au gel :

### - *Ecaillage (Ec)*

*Mesurer la perte de  
masse du béton par des  
alternances de gel/dégel  
en présence d'une  
solution saline*



# L'approche performantielle des bétons

- Enjeux du béton
- Construction de la démarche
- Principaux indicateurs et essais associés
- **Mise en œuvre – Cas de l'OA1 (Strasbourg)**
- Conclusion

# L'approche performantielle des bétons

## #Mise en œuvre – Cas de l'OA1 (Strasbourg)

### ■ OA 1 sur la Rocade Sud de Strasbourg (2015/2016)

- 1<sup>er</sup> ouvrage en Alsace construit selon l'approche performantielle:
- Caractère innovant porté par le Cerema appuyé par MOA/MOE
  - Tester et mettre en œuvre la méthodologie

DUP de 100ans – 3 Formulations de béton différentes

Indicateurs de durabilité retenus: Peau; Kgaz, Dapp, Lbar/Ec  
→ seuils définis par la MOE

# L'approche performantielle des bétons

## #Mise en œuvre – Cas de l'OA1 (Strasbourg)

### ■ Tableau des seuils des indicateurs de durabilité

Parties d'ouvrage	Béton	Classes d'Expositions	Peau	Kgaz	Dapp	Lbarre et Ecaillage
Radier Dalle de transition	1	XF1	15,5	Pas d'exigences (parties enterrées)	Pas d'exigences (parties enterrées)	Non (uniquement pour béton G+S)
Structure en cadre	2	XD2	14	200	7	Non (uniquement pour béton G+S)
Murs suspendus Longrines DBA	3	XF4	13	200	3,5	$L_{bar} \leq 250\mu m$ $E_{caillage} \leq 600g/m^2$

# L'approche performantielle des bétons

- Enjeux du béton
- Construction de la démarche
- Principaux indicateurs et essais associés
- Mise en œuvre – Cas de l'OA1 (Strasbourg)
- **Conclusion**

# L'approche performantielle des bétons

## #Conclusion

- Répondre aux enjeux de durabilité pour la construction des ouvrages d'art – 1<sup>er</sup> retour d'expérience en Alsace avec l'OA1
- Programme national de recherche PERFDUB: affiner les connaissances et tester les indicateurs
- Démarche qui nécessite d'échanger sur les besoins, les indicateurs à retenir, les procédés techniques, les délais, etc.
  - Informations dans la norme NF EN 206/CN, Guide LCPC (2010), nouveau fascicule 65

# Merci pour votre attention

