

CROA du 03 novembre 2015 à Chantonay

RD 949 bis

Aménagement de la liaison BOURNEZEAU – CHANTONNAY

Viaduc du Petit Lay

Contrôle extérieur - Béton
Christophe BRICARD



Sommaire

Pourquoi contrôler le béton d'un OA ?

Le référentiel technique

La chronologie de contrôle béton d'un chantier

Pourquoi contrôler le béton ?

Consistance pas adaptée ?

Mauvaise mise en œuvre ?

Dmax trop gros ?



Pourquoi contrôler le béton ?

Ferrailage mal conçu ?

Densité du ferrailage ?

Mauvais calage des armatures ?



Pourquoi contrôler le béton ?

Cure ?

Tassement du béton ?

Trop d'eau dans le béton ?



Pourquoi contrôler le béton ?

**Tous les problèmes
ne se révèlent pas
pendant les travaux**



Manque d'enrobage

Mauvaise qualité du béton



Corrosion prématurée des
armatures

Le référentiel technique

NF EN 13670/CN

« Exécution des structures en béton »

NF EN 206/CN

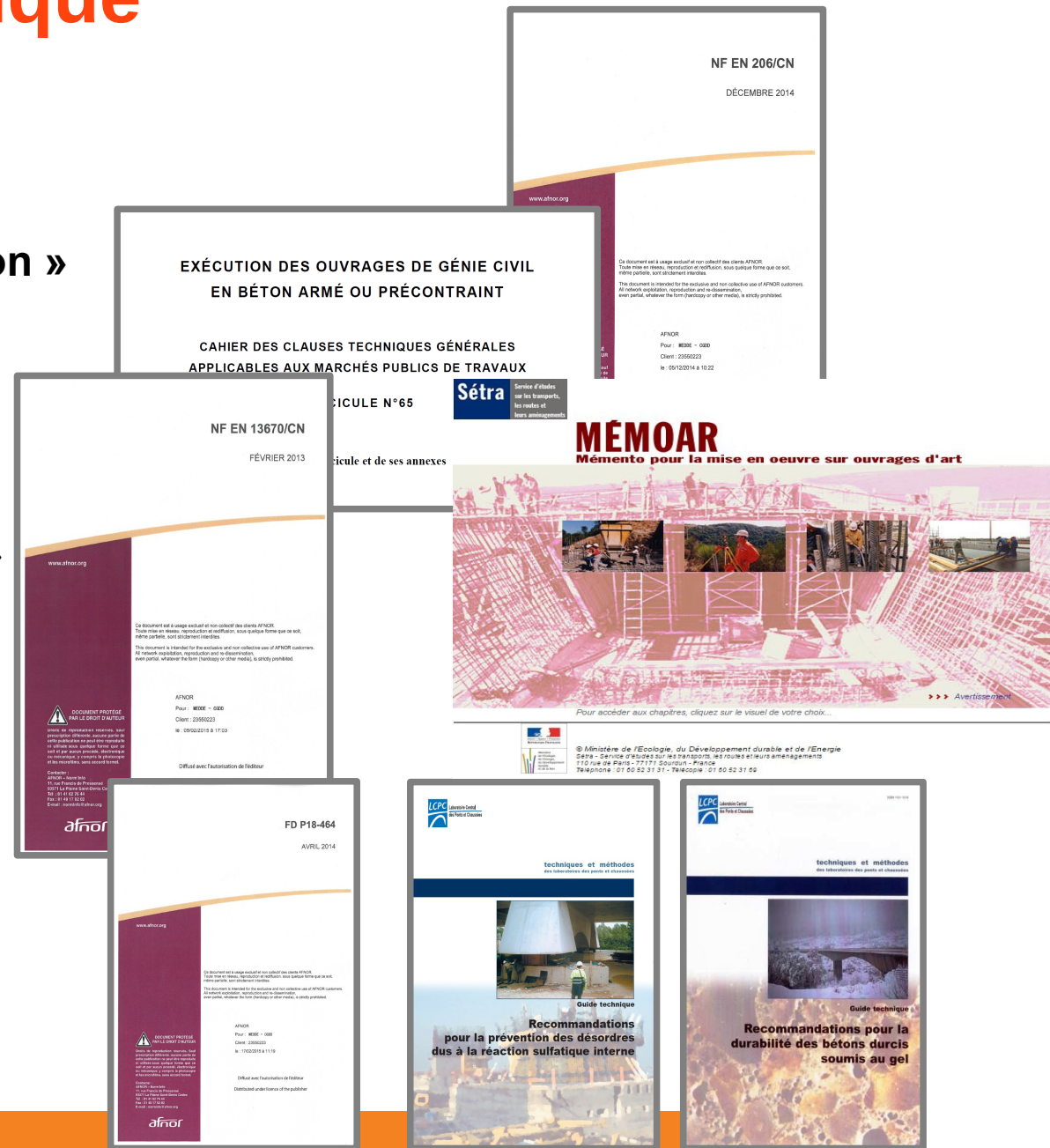
« La norme béton »

Fascicule 65 du CCTG

« Exécution des Ouvrages de GC »

Recommandations
RAG RSI GEL

Fiches MEMOAR du SETRA
<http://memoar.setra.i2/>



Contrôles et épreuves en amont (avant travaux)

La chronologie d'un chantier

Contrôles et épreuves en amont (avant travaux)

Le plus tôt possible :

Vérifier les spécifications du CCTP :

- Classes d'exposition

Voir document « aide au choix des classes d'exposition »

http://www.egfbtp.com/pdf/dt0037-fasc7_genie_civil_divers.pdf

- Spécification du tableau de définitions des bétons vis-à-vis du fascicule 65 du CCTG

Contrôles en amont

Documents qualité et d'exécution

Principaux documents

- ✓ Plan Qualité général
- ✓ Plan Qualité particulier « formulation, fabrication et transport du béton » du fournisseur de béton
- ✓ Dossier d'études des bétons
- ✓ Programme de convenance
- ✓ Dossier de convenance
- ✓ Plan Qualité particulier « bétonnage »
avec plan de contrôle, procédures d'exécution et
fiches de suivi par partie d'ouvrage

Contrôles en amont

Point d'arrêt

Agrément des centrales à béton

L'agrément des centrales à béton est donné à partir du Plan Qualité particulier « formulation, fabrication et transport du béton » soumis au visa du Maître d'œuvre (point d'arrêt) et qui doit traiter :

- ✓ Formulation des bétons en référence aux exigences du CCTP (classes d'exposition, alcali-réaction, RSI, adaptation par temps froid ou chaud, ...) et au cahier des charges propre de l'entreprise
Références ou épreuves d'étude
- ✓ Outils de production - Centrale principale et de secours) admises à la **marque NF** en procédure générale ou particulière

Agrément des centrales à béton

Le recours à une centrale de secours (avec la réalisation de convenance sur cette centrale) n'est pas une obligation.

C'est une option à imposer ou non contractuellement au marché (CCTP) et qui dépend :

- ✓ de la nature de l'ouvrage à réaliser (importance, volume de bétonnage par partie d'ouvrage, rendement, ...)
- ✓ des enjeux en cas d'arrêt accidentel de bétonnage avec reprise ultérieure (technique, esthétique, ...)
- ✓ éventuellement de la localisation géographique du chantier
- ✓ et des dispositions que l'on impose à l'entreprise en terme de management de la qualité pour remédier à cette organisation

Contrôles en amont

Agrément des formules de béton

Point d'arrêt

Concernant les formulations, il convient d'abord de vérifier l'adéquation :

- ✓ Des classes d'exposition et de chlorures
- ✓ De la classe de résistance caractéristique
- ✓ De la consistance
- ✓ De la dimension maximale des granulats (limitation due à la densité de ferrailage et à l'enrobage)
- ✓ Du type, de la classe et des caractéristiques complémentaires du ciment PM, ES
- ✓ Du dosage minimal en ciment
- ✓ Du rapport E_{eff}/C (L equiv.)
- ✓ De la qualification de la formule vis-à-vis de la prévention de l'alcali-réaction et de la réaction sulfatique interne

Agrément des formules de béton

Deux cas possibles (résistance caractéristique > 25 MPa)

- ✓ Le béton dispose de références probantes (art. 8.2.2.1 du fascicule 65)
- ✓ Le béton ne dispose pas de référence probante et des épreuves de convenances sont à prévoir (art. 8.2.1.2 du fascicule 65)

Contrôles en amont

Point d'arrêt

le béton dispose de références probantes :

- Fabriqué et mise en œuvre dans des conditions équivalentes (< 2 ans)
- n Rc 28 sur n prélèvements (consistance dans la fourchette requise) : **n ≥ 12**
 - $f_c \geq f_{ck} + K(n) S$ (S calculé sur n résultats sur une période ≈ 1 an)
 - Et $f_c \geq f_{ck} + 6$

n	12	40	75	100	200
K(n)	2	2	1,9	1,86	1,80

f_c moyenne des n résultats

f_{ck} résistance caractéristique spécifiée

S écart type

Agrément des formules de béton

Justifications/essais au niveau des épreuves d'études concernant l'alcali-réaction RAG:

- ✓ **Justification de la qualification des granulats (NR, PRP, PR)** selon essais de qualification conformément aux prescriptions du fascicule de documentation FD P 18 542.
- ✓ **Justification de la possibilité d'utilisation des granulats**

Niveau B

4 dispositions

- Granulats NR
- Ou granulats PRP avec conditions spécifiques
- Ou bilan des alcalins satisfaisant
- Ou essai de performance de la formule satisfaisant

Niveau C

Précautions exceptionnelles

- Granulats NR, ou PRP avec des conditions particulières satisfaisantes
- Ou granulats PR avec détermination seuil en alcalins déclenchant la RAG (base essai de performance NF P18-454 mais ciment à basse teneur en alcalins)+ **application d'une marge de sécurité (1 à 2kg/m³ de moins en fonction du caractère critique de la structure et de la variabilité des constituants)**

Contrôles en amont

Agrément des formules de béton

Point d'arrêt

Justifications/essais au niveau des épreuves d'études concernant la réaction sulfatique interne **RSI**

- ✓ L'entrepreneur doit démontrer que la température maximale susceptible d'être atteinte par le béton de toutes les parties d'ouvrage - compte tenu du planning de réalisation, du programme de bétonnage et des éventuelles dispositions particulières proposées par l'entrepreneur - respecte la température maximale fixée dans le document intitulé «Recommandations sur la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne» édité par le LCPC en août 2007.
- ✓ Si la température maximale donnée par la méthode simplifiée constituant l'annexe IV de ce document excède le seuil fixé pour le niveau de prévention requis, une étude plus précise doit être entreprise par l'entrepreneur (modélisation numérique aux éléments finis), à ses frais, pour valider la formule proposée et pour définir la température maximale du béton à la livraison, ou essai de performance.

Epreuves de convenance

Avant la réalisation des épreuves de convenance, le **programme de convenance** est à valider. Il convient de vérifier que :

- ✓ L'ouvrabilité et le délai maximal d'utilisation (ou durée pratique d'utilisation) sont précisées et sont compatibles avec les exigences du chantier
- ✓ Le nombre de gâchées et leur volume sont suffisants
- ✓ L'élément témoin éventuel est prévu d'être réalisé et est conçu de manière à bien évaluer les difficultés les plus importantes de mise en œuvre.

Contrôles en amont

Point d'arrêt

Epreuve de convenance

Sous la responsabilité de l'entrepreneur et réalisée par son contrôle externe.

On fait la distinction entre les formules possédant ou non des références probantes (art. 8.2.3 du fascicule 65) :

béton	Avec ref	Sans ref
Formule nominale	1 gâchée	3 gâchées mini
		Maintien de rhéologie possible avec 3 gâchées mélangées

Contrôles en amont

Point d'arrêt

Epreuve de convenance

Elle est réalisée sur la formule nominale avec les moyens de mise en œuvre réels.

+ rendement volumique (compris entre 0,975 et 1,025)

Epreuve probante si

La consistance mesurée est dans la fourchette requise

$f_{CE} \geq f_{ck} + \lambda (C_E - C_{min})$
 $f_{CE} \geq f_{ck} + 2 S$
S écart type prévisionnel ≥ 3 MPa
 $\lambda = 1$ sauf justifications expérimentales probantes
 $C_{min} = R$ min ciment pouvant être respectée (autocontrôle du fournisseur) ou garantie par la norme

Contrôles en amont

Point d'arrêt

Élément témoin

La réalisation de l'élément témoin prévu au marché fait partie intégrante de l'épreuve de convenance (**point d'arrêt**).

Il peut être de différente nature :

- ✓ Pour apprécier les difficultés de **ferraillage**, de **coffrage** et de bétonnage (coulage et vibration notamment)
- ✓ Pour apprécier la **qualité de parement** (soignés fins ou soignés ouvragés avec matrice)
- ✓ **Bétonnage sous l'eau**
- ✓ Massif de béton pour vérifier les simulations de dégagement exothermique (**RSI** et gradients thermiques)

Cet élément à la charge de l'entrepreneur sera à refaire jusqu'à acceptation de la Maîtrise d'Œuvre.

Contrôles du béton au cours du chantier

Contrôles au cours du chantier

- Réception sur site et contrôle du béton
- Contrôle des opérations de bétonnage

Contrôles au cours du chantier

Réception sur site du béton

La réception du béton sur chantier est de la responsabilité de l'entreprise de génie civil.

Réalisé par son contrôle externe

La réception du béton comprend :

- ✓ **L'examen du bon de livraison avec pesées par gâchée à chaque toupie**
- ✓ Le contrôle visuel du béton à chaque toupie
- ✓ Le contrôle de la conformité des caractéristiques du béton frais selon la fréquence définie au PQ
- ✓ Le prélèvement d'éprouvettes d'information (le cas échéant) et de contrôle selon la fréquence définie au PQ

On s'assurera enfin qu'aucun rajout d'eau ne soit réalisé sur chantier.

Contrôles au cours du chantier

Réception sur site du béton

Vérification des bons de livraison et de pesées

- ✓ Numéro de formule et composition
- ✓ Heure de fabrication pour s'assurer du respect de la durée maximale d'utilisation du béton (1h30 à 20°C) en l'absence de disposition particulière
- ✓ Valeurs des corrections d'eau en centrale (ajout/retrait limité à 10 litres)
- ✓ Respect des tolérances de pesées
- ✓ Représentativité des hygrométries des granulats
- ✓ Temps de malaxage (55 s minimum)

Contrôles au cours du chantier

Contrôle du béton

Contrôle de la conformité des caractéristiques du béton frais

- ✓ S'assurer de la présence et du bon état du matériel de contrôle, du respect des modes opératoires et du respect des fréquences de contrôle définies au PQ
- ✓ Consistance du béton frais (respect de la fourchette de consistance d'acceptation chantier) En valeur cible et non en classe d'affaissement
- ✓ Température du béton frais



Contrôles au cours du chantier

Contrôle du béton

Prélèvement d'éprouvettes de contrôle (contrôle de conformité sur béton durci)

- ✓ S'assurer de la présence et du bon état du matériel de contrôle, du respect des modes opératoires et du respect des fréquences de prélèvement définies au PQ à partir du lotissement contractuel
- ✓ 3 éprouvettes par prélèvement pour essai de résistance à 28 jours liées impérativement à la réalisation d'un essai de consistance et à un essai de teneur en air entraîné le cas échéant

Sauf dispositions différentes du marché, le nombre n de prélèvements par lot est au minimum égal à :

- 3 pour un lot de béton d'un volume inférieur à 100 m³ ,
- 3 plus un par tranche de 100 m³ supplémentaires ou fraction restante.

Contrôles au cours du chantier

Contrôle du béton

Contrôle de conformité (8.3.2.1.2.2 du fascicule 65)

Conformité du lot si :

- ✓ Consistance et autres propriétés : résultats dans la fourchette requise
- ✓ Résistances en compression vérifient :

relation 1 : $\overline{f_c} \geq f_{ck} + k_1$
relation 2 : $f_{ci} \geq f_{ck} - 4 \text{ (MPa)}$
en désignant par : $\overline{f_c}$ la moyenne arithmétique des résultats,
 f_{ci} le plus petit résultat,
 f_{ck} la résistance caractéristique requise,
 k_1 grandeur dont la valeur numérique en MPa est donnée dans le tableau ci-après :

n	Valeurs de k_1	
	Premier cas	Autres cas
3	2	2,7
6	3	3,4
9	3,3	3,7
12	3,5	3,8
≥ 15	1,2 S	1,3 S

n est le nombre de prélèvements par lot.

1er cas si :

- > préfabrication avec certification
- > BPE avec certification et équipements conformes à l'annexe B

S : écart-type des résultats

Contrôles au cours du chantier

Contrôle du béton

Vis-à-vis de la réaction sulfatique interne :

Il est procédé à une mesure de température T_{max} à cœur à chaque bétonnage de pièce critique ou représentative de lots de pièces critiques (cela nécessite que les pièces soient équipées de sondes de température).

La conformité est déclarée si la valeur obtenue reste inférieure ou égale à la valeur de la température spécifiée.

Contrôles au cours du chantier

Contrôles des opérations de bétonnage

Vérifier la bonne conduite du coulage du béton

- ✓ Cadence de rotation et temps d'attente des toupies (fin de mise en œuvre du béton limitée à 1h30 après sa fabrication à 20°C en l'absence de dispositions particulières)
- ✓ Absence de ruissellement de béton sur coffrage, de pollution des armatures ou de déformation des armatures,
- ✓ Hauteur de déversement du béton < 1,50 m
- ✓ Hauteur de couche de béton < 50 cm

Contrôles au cours du chantier

Contrôles des opérations de bétonnage

Cas du coulage à la benne à manche

- ✓ Vérifier que la manche est suffisamment longue et qu'en pratique la hauteur de chute du béton dans le coffrage $< 1,00$ m



Essais sur bétons

Contrôles en préfabrication

Nature des contrôles

- ✓ Pendant la fabrication
 - idem chantier + cycle de décoffrage/manutention (+ cycle d'étuvage + moyens de vibration externe + mise en œuvre de la pré-tension le cas échéant)
- ✓ Après la fabrication (réception sur stock)
 - contrôle dimensionnel et d'aspect (déformations, fissures, ségrégation, teinte du parement)
 - mesure des contre-flèches (cas des poutres)
 - enrobage (ferroscan)



Merci de votre attention