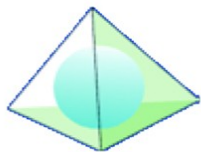


CETE
de Lyon

centre
d'Études
techniques
de l'Équipement

Sétra



Association des
Directeurs des
Services
Techniques
Départementaux



« Construire des Ouvrages d'Art en Béton »

Les contrôles du béton en amont
Bruno BOULET (DLCF)

Date : 19-20 Janvier 2011
Lieu : CETE de LYON



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère
de l'écologie,
de l'énergie,
du Développement
durable
et de la Mer

Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir

SOMMAIRE

- *Documents qualité et d'exécution*
 - *Agrément des centrales à béton*
 - *Agrément des formules de béton*
 - *Epreuves de convenance*
 - *Elément témoin*
 - *Contrôle des constituants*
 - *Contrôle de la procédure de bétonnage*
-

Contrôles du béton 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 du béton en amont

Agrément des centrales à béton PA

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 avec centrale principale (voire centrale d'appoint ou de secours) admises à la **marque NF** en procédure générale ou particulière
- ✓ Moyens de contrôle internes de fabrication
- ✓ Moyens de transport
- ✓ Réalisation d'une convenance de fabrication avec fourniture préalable d'un programme de convenance précisant les modalités

Contrôles du béton en amont

Agrément des centrales à béton

PA

Certificat NF-BPE



BETON PRET A L'EMPLOI

Admission à la marque NF-Béton prêt à l'emploi N° 2/056.02 du 30/11/2007
Reconduction de la marque NF N° 2/056.03 du 11/05/2008

Certificat
Certificate

CEMEX BETONS SUD EST

EUROPARC DE PICAURY
BP 116000
13788 AIX EN PROVENCE CEDEX 3

Contrôle de :
BRIGNOLES

La société est autorisée à apposer la marque NF-Béton prêt à l'emploi, en application des règles générales de la marque NF et du référentiel NF-Béton prêt à l'emploi, sur les bords de livraison des bétons conformes à la norme NF EN 206-T.

Cette décision atteste que ces produits bénéficient de la marque NF au vu des résultats de contrôles internes à la société et après évaluation conformément au référentiel de la marque NF-Béton prêt à l'emploi.

Cette décision annule et remplace toute décision antérieure.

Sa durée de validité est de seize mois à compter de la présente décision sous réserve des contrôles effectués par AFNOR Certification qui peut prendre toute sanction conformément aux règles générales de la marque NF et au référentiel NF 033.



Le Directeur Général Délégué
Jacques BESLIN

cofrut Comité sud-est :
Olivier STEPHAN - AFNOR Certification - Tél. 01 48 11 37 28
Jean-Louis DUBI - Animateur Régional Méditerranée - Tél. 04 87 22 50 00
Copie auteur : M. CORDIER - L.C.P.C.

Contrôles du béton en amont

Agrément des centrales à béton

PA

Certificat NF-BPE

(<http://www.marque-nf.com>
recherche : NF033)

Contrôles du béton en amont

Agrément des centrales à béton

PA

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

Contrôles du béton en amont

Agrément des centrales à béton PA

Même si les centrales sont certifiées NF, il convient de vérifier que :

- ✓ La localisation géographique des centrales à béton est compatible avec les exigences du chantier.
- ✓ Leur capacité de production est suffisante.
- ✓ Les constituants sont approvisionnés en quantité suffisante sur toutes les centrales susceptibles de livrer le chantier (y compris centrale de secours le cas échéant).
- ✓ Le nombre de toupies est suffisant.
- ✓ Des dispositions sont prévues pour les bétonnages par temps chaud ou froid le cas échéant.
- ✓ Le niveau d'équipement des centrales respecte les dispositions de l'annexe B du fascicule 65.

Contrôles du béton en amont

Agrément des formules de béton PA

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 l'ouvrabilité (rhéologie) et son évolution dans le temps (délai maximal d'utilisation)
- ✓ 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
- ✓ Du dosage minimal en ciment
- ✓ Du rapport E_{eff}/C
- ✓ Du rendement de la formule (donnée pour 1 m³ mis en œuvre)
- ✓ De la qualification de la formule vis-à-vis de la prévention de l'alcali-réaction et de la réaction sulfatique interne

Contrôles du béton en amont

Agrément des formules de béton PA

Concernant les formulations, il convient de vérifier en outre, dans le cas d'ouvrages particuliers ou exceptionnels, l'adéquation des caractéristiques supplémentaires suivantes :

- ✓ Limitation de la chaleur d'hydratation du béton (risques de fissuration d'origine thermique)
- ✓ Limitation des retraits endogène et de dessiccation
- ✓ Résistance au gel, ou aux gel avec sels de déverglaçage
- ✓ Fluage (structure précontrainte)
- ✓ Durabilité suivant les indicateurs de durabilité sur béton durci retenus (porosité accessible à l'eau, coefficient de diffusion des chlorures, perméabilité au gaz)

Contrôles du béton en amont

Agrément des formules de béton PA

Deux cas possibles (résistance caractéristique > 25 MPa)

- ✓ Le béton dispose de références probantes (art. 85.1-A du fascicule 65)
- ✓ Le béton ne dispose pas de référence probante et des épreuves d'études sont à prévoir (art. 85.1-B du fascicule 65)

Contrôles du béton en amont

Agrément des formules de béton PA

1/ Cas où 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)
 - $f_c \geq f_{ck} + 6$

+ justifications alcali-réaction, RSI et gel* (XF2 à XF4),

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

Contrôles du béton en amont

Agrément des formules de béton PA

1/ Cas où le béton dispose de références probantes

On considère que la fabrication et la mise en œuvre d'un béton se font dans des conditions équivalentes si :

- ✓ Matériaux de mêmes spécifications et de mêmes provenances
- ✓ Matériels de fabrication équivalents
- ✓ Durée prévisible de transport et d'attente du béton pas plus défavorable en tenant compte des conditions ambiantes prévisibles
- ✓ Chantiers précédents semblables

Contrôles du béton en amont

Agrément des formules de béton

PA

Contrôle intérieur

2/ Cas où le béton ne dispose pas de référence probante et réalisation d'épreuves d'études

- 1 gâchée formule nominale
 - Essai de consistance
 - 3 éprouvettes pour Rc28

Epreuve probante si

La consistance mesurée est dans la fourchette requise

+ justifications /essais alcali-réaction et RSI
+ essais gel (XF2 à XF4) avec teneur en air hors BHP*

$$f_{CE} \geq f_{ck} + \lambda (C_E - C_{min})$$

$$f_{CE} \geq f_{ck} + 2 S$$

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 du béton en amont

Agrément des formules de béton

PA

Contrôle intérieur

2/ Cas où le béton ne dispose pas de référence probante et réalisation d'épreuves d'études

Cas particuliers :

- ✓ Bétons XF3 ou XF4 → Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel (G ou G+S)
- ✓ BAP (art 87.3 fascicule 65)
- ✓ Possibilité d'étude particulière sur la sensibilité de la formule (notamment pour les BHP)
 - formule dérivées : $\pm 10 \text{ l eau/m}^3$, $\pm 10\% \text{ S}/(\text{G}+\text{S})$, $\pm 20 \text{ kg ciment/m}^3$, dosage de l'adjuvantation
 - conformité si les consistances sont dans la fourchette requise et les résultats de résistance compris entre $[F_{CE} - 15\% F_{CE} ; F_{CE} + 15\% F_{CE}]$

Contrôles du béton en amont

Agrément des formules de béton

PA

Contrôle intérieur

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

- ✓ **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 : **précautions particulières**
 - **granulats NR** ($\text{SiO}_2 < 4\%$ pour les roches carbonatées),
 - ou **bilan des alcalins satisfaisant**,
 - ou formulation avec présence d'additions minérales inhibitrices en proportion suffisante,
 - ou granulats PRP avec conditions particulières satisfaites,
 - ou **essai de performance satisfaisant** (NF P 18-454).
 - ✓ niveau C : **précautions exceptionnelles**
 - **granulats NR** ($\text{SiO}_2 < 4\%$ pour les roches carbonatées), ou granulats PRP avec conditions particulières satisfaites,
 - ou **essai de performance satisfaisant** (NF P 18-454).

Contrôles du béton en amont

Agrément des formules de béton

PA

Contrôle intérieur

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

- ✓ 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.

Contrôles du béton en amont

Agrément des formules de béton

PA

Contrôle intérieur

Epreuves d'études des bétons XF3 (\rightarrow G) et XF4 (\rightarrow G+S)

Bétons	(G)	(G+S)
Facteur d'espacement (ASTM C 457)	$\leq 250 \mu\text{m}$	$\leq 200 \mu\text{m}$
Ecaillage (XP P 18-420)	Sans objet	$\leq 600 \text{ g/m}^2$
Allongement relatif (NF P 18-424 et NF P 18-425)	$\leq 400 \mu\text{m/m}$	$\leq 400 \mu\text{m/m}$
Rapport des carrés des fréquences de résonance (mesurées suivant la norme P 18-414)	≥ 75	≥ 75

Contrôles du béton en amont

Agrément des formules de béton

PA

Contrôle intérieur

Epreuves d'études des BAP

- ✓ Réalisation d'une gâchée nominale et de gâchées dérivées (± 5 à 10 l eau/m³, ± 25 kg ciment+addition/m³ dans le cas de sable fillérisé)
- ✓ Pour chaque gâchée,
 - suivi d'étalement dans le temps jusqu'à la fin de la durée pratique d'utilisation (T_m)
 - suivi de stabilité au tamis à t_0 et t_{30}
 - suivi d'écoulement à la boîte en L à t_0 et T_m
 - détermination de la résistance à la compression à 28j à partir de 3 éprouvettes
- ✓ Conformité si, pour chaque gâchée,
 - les résultats des essais de caractérisation sur béton frais sont satisfaisants sur la durée T_m
 - le résultat f_{CE} satisfait aux conditions de l'article 85.1.B

Contrôles du béton en amont

Epreuves de convenance

PA

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
- ✓ Les caractéristiques complémentaires éventuelles seront vérifiées (gel, durabilité, exothermie ...)
- ✓ L'ensemble du matériel de mise en œuvre sera utilisé (essai de **pompage** notamment)
- ✓ 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 du béton en amont

Epreuves de convenance

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Elle est réalisée par l'entrepreneur et est sous sa responsabilité.

On fait la distinction entre les formules possédant ou non des références probantes (art. 85.3 du fascicule 65) :

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

Contrôles du béton en amont

Epreuves de convenance

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Elle est réalisée sur la formule nominale avec les moyens de mise en œuvre réels (essai de pompage par exemple).

+ rendement volumique (compris entre 0,975 et 1,025)
+ essais gel (XF2 à XF4) avec teneur en air hors BHP*

Epreuve probante si

Condition (1)
uniquement quand la durée d'utilisation > 3 mois

La consistance mesurée est dans la fourchette requise

$$f_{CE} \geq f_{ck} + \lambda (C_E - C_{min}) \quad (1)$$

$$f_{CE} \geq f_{ck} + 2 S$$

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 du béton en amont

Epreuves de convenance

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Et si les résultats relatifs à la réalisation de l'élément témoin (si prévu au marché) sont jugés satisfaisants.

Il convient de s'assurer que le temps de malaxage retenu est suffisant (minimum 55 s) au regard de la courbe wattmétrique (stabilisation).

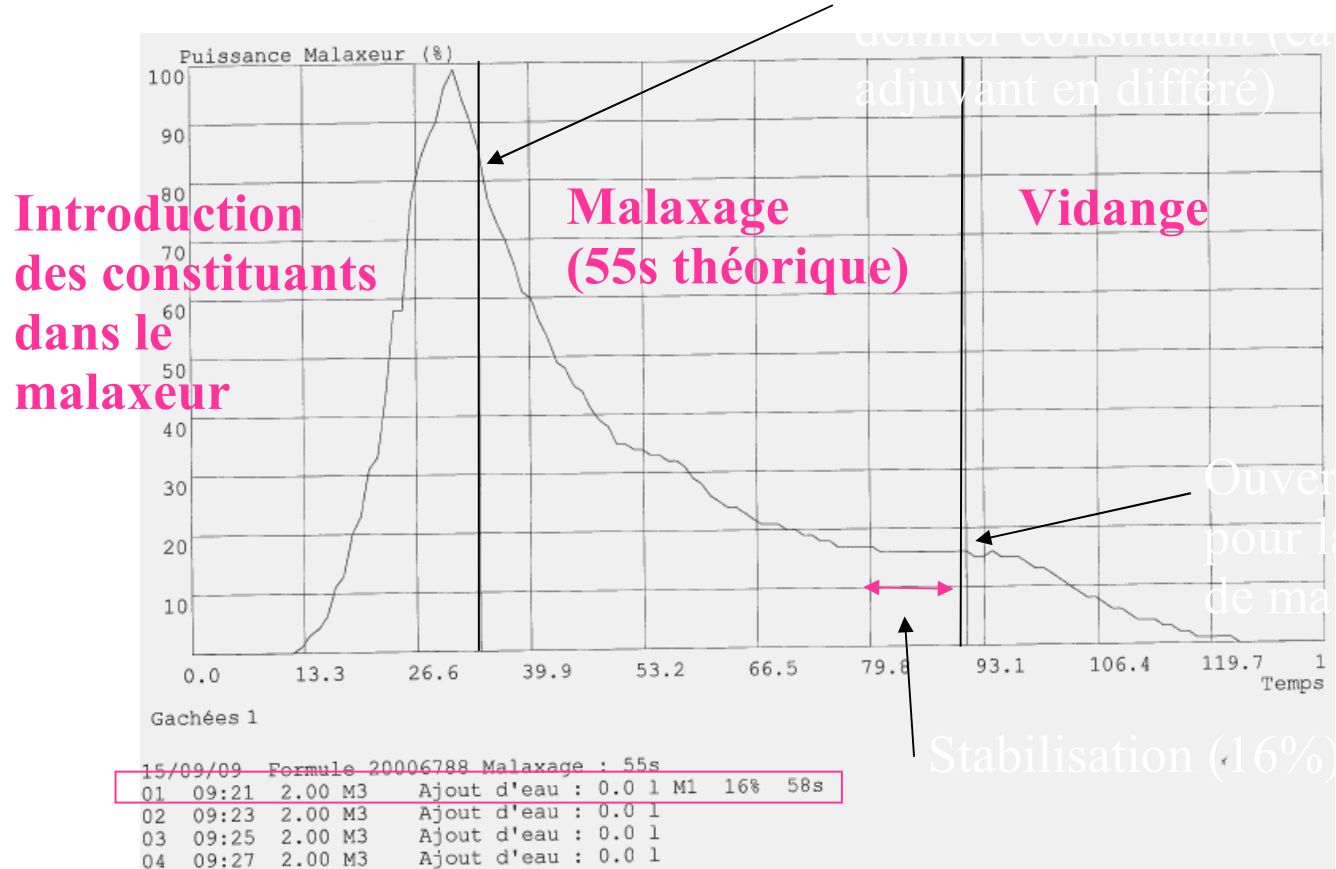
Contrôles du béton en amont

Epreuves de convenance

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Courbe wattmétrique



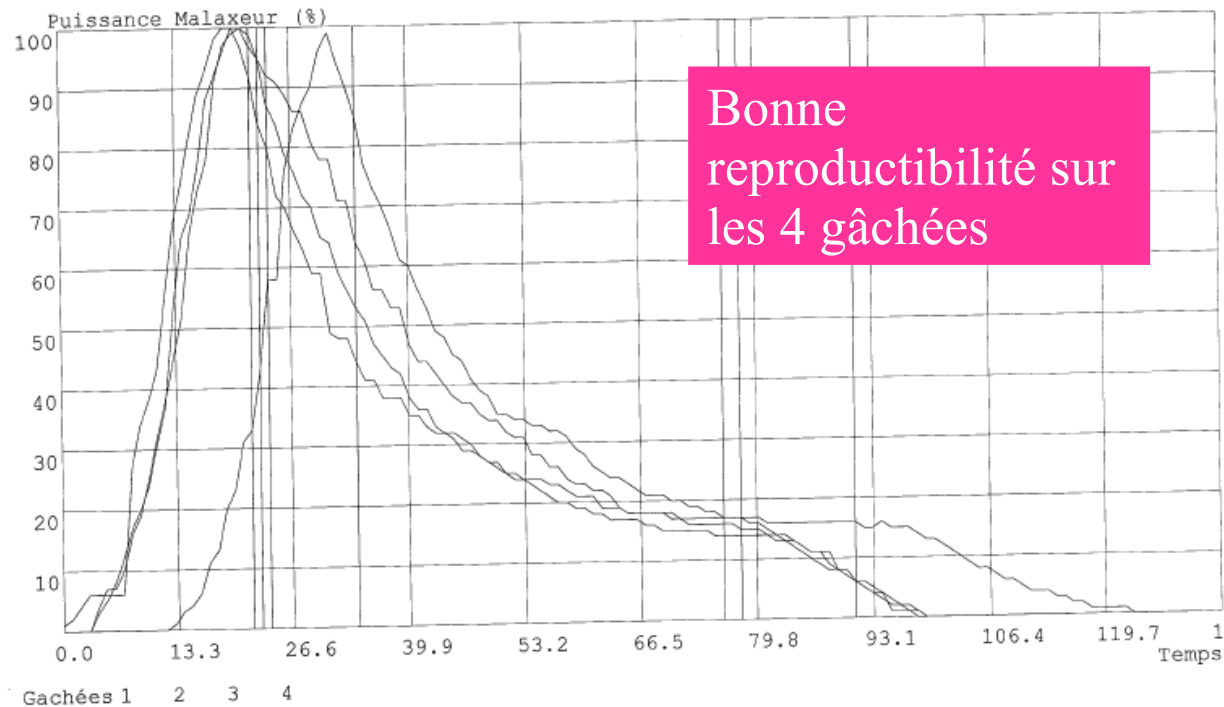
Contrôles du béton en amont

Epreuves de convenance

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Courbe wattmétrique



15/09/09 Formule 20006788 Malaxage : 55s
01 09:21 2.00 M3 Ajout d'eau : 0.0 l M1 16% 58s
02 09:23 2.00 M3 Ajout d'eau : 0.0 l M1 17% 55s
03 09:25 2.00 M3 Ajout d'eau : 0.0 l M1 14% 56s
04 09:27 2.00 M3 Ajout d'eau : 0.0 l M1 15% 55s

Contrôles du béton en amont

Epreuves de convenance

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Il convient de prévoir des convenances simplifiées lors des changements de saison (adaptation de l'adjuvantation) pour disposer d'une rhéologie suffisante sur la durée d'utilisation définie.

Cas particuliers :

- ✓ Bétons XF3 ou XF4 → Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel (G ou G+S)
- ✓ BAP (art 87.3 fascicule 65)

Les résultats de l'épreuve de convenance constituent un [point d'arrêt](#).

Contrôles du béton en amont

Epreuves de convenance

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Epreuves de convenance des bétons XF3 (\rightarrow G) et XF4 (\rightarrow G+S)

Bétons	(G)	(G+S)
Facteur d'espacement (ASTM C 457)	$\leq 250 \mu\text{m}$	$\leq 200 \mu\text{m}$
Ecaillage (XP P 18-420)	Sans objet	$\leq 600 \text{ g/m}^2$
Allongement relatif (NF P 18-424 et NF P 18-425)	$\leq 400 \mu\text{m/m}$	$\leq 400 \mu\text{m/m}$
Rapport des carrés des fréquences de résonance (mesurées suivant la norme P 18-414)	≥ 75	≥ 75

Contrôles du béton en amont

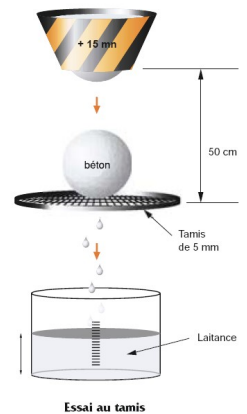
Epreuves de convenance

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Epreuves de convenance des BAP

- ✓ Réalisation d'une gâchée nominale et de deux gâchées dérivées pour faire varier la teneur en eau dans les limites admissibles prévues à l'étude afin de parcourir l'étendue de la fourchette d'étalement admissible à la réception
- ✓ Conformité si
 - Critère de résistance en compression satisfait pour chaque gâchée
 - Critère de résistance à la ségrégation satisfait pour la gâchée présentant la valeur haute d'étalement
 - Critère d'écoulement à la boîte en L satisfait pour la gâchée présentant la valeur basse d'étalement



Contrôles du béton en amont

Élément témoin

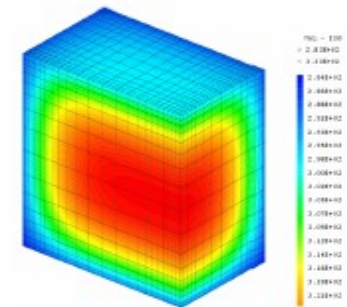
PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

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 :

- ✓ Partie de l'ouvrage pour apprécier les difficultés de ferrailage, de coffrage et de bétonnage (coulage et vibration notamment)
- ✓ Partie de l'ouvrage pour apprécier la qualité de parement (soignés fins ou soignés ouvragés avec matrice)
- ✓ 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 en amont

Élément témoin

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Il est rappelé que le fascicule 65 (art. 65.4) impose un béton témoin pour les parements fins, et s'il y a lieu, ouvragés.

Le béton témoin permettra de valider les caractéristiques de forme, de texture et de teinte.

En phase chantier, l'homogénéité de la teinte et de la texture sera appréciée par rapport à l'élément témoin de l'épreuve de convenance ou à défaut par rapport au premier élément coulé.

On contrôlera également le respect de l'enrobage (mesures au ferroskan).

Contrôles du béton en amont

Élément témoin (parement fin)

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Les niveaux d'exigence pour la texture et la teinte sont pour un parement fin respectivement les niveaux E (3-3-2) et T (3) tels que définis à l'article 5 de la norme P 18-503 :

✓ E(3-3-2) :

- Le bullage homogène maximum correspond à l'échelle 3, la surface maximale par bulle est de 0,3 cm² pour une profondeur inférieure à 2 mm, la surface du bullage représente 2% de la surface totale.
- Les zones, dont les caractéristiques individuelles des bulles sont identiques à celles définies ci-dessus mais dont la concentration est supérieure à 2%, ne doivent pas représenter plus de 5 % de la surface du panneau élémentaire considéré.
- Tout défaut localisé admissible est limité à une surface qui résulte d'un coefficient 4 appliqué à une distance d'observation de 2 m soit 8 cm².

Contrôles du béton en amont

Élément témoin (parement fin)

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Les niveaux d'exigence pour la texture et la teinte sont pour un parement fin respectivement les niveaux E (3-3-2) et T (3) tels que définis à l'article 5 de la norme P 18-503 (suite) :

- ✓ T(3) : l'écart mesuré sur l'échelle de gris entre deux zones adjacentes de teintes différentes est limité à 1 point; entre les teintes extrêmes du même parement, cet écart est limité à 2 points. Le cas échéant, la teinte de base est définie par le marché.

La planéité d'un parement fin est conforme aux spécifications de l'article 62.1.3 du fascicule 65 : tolérance de 5 mm au gabarit de 2 m et de 2 mm au gabarit de 0,2 m (correspond à P(3) dans la norme P 18-503).

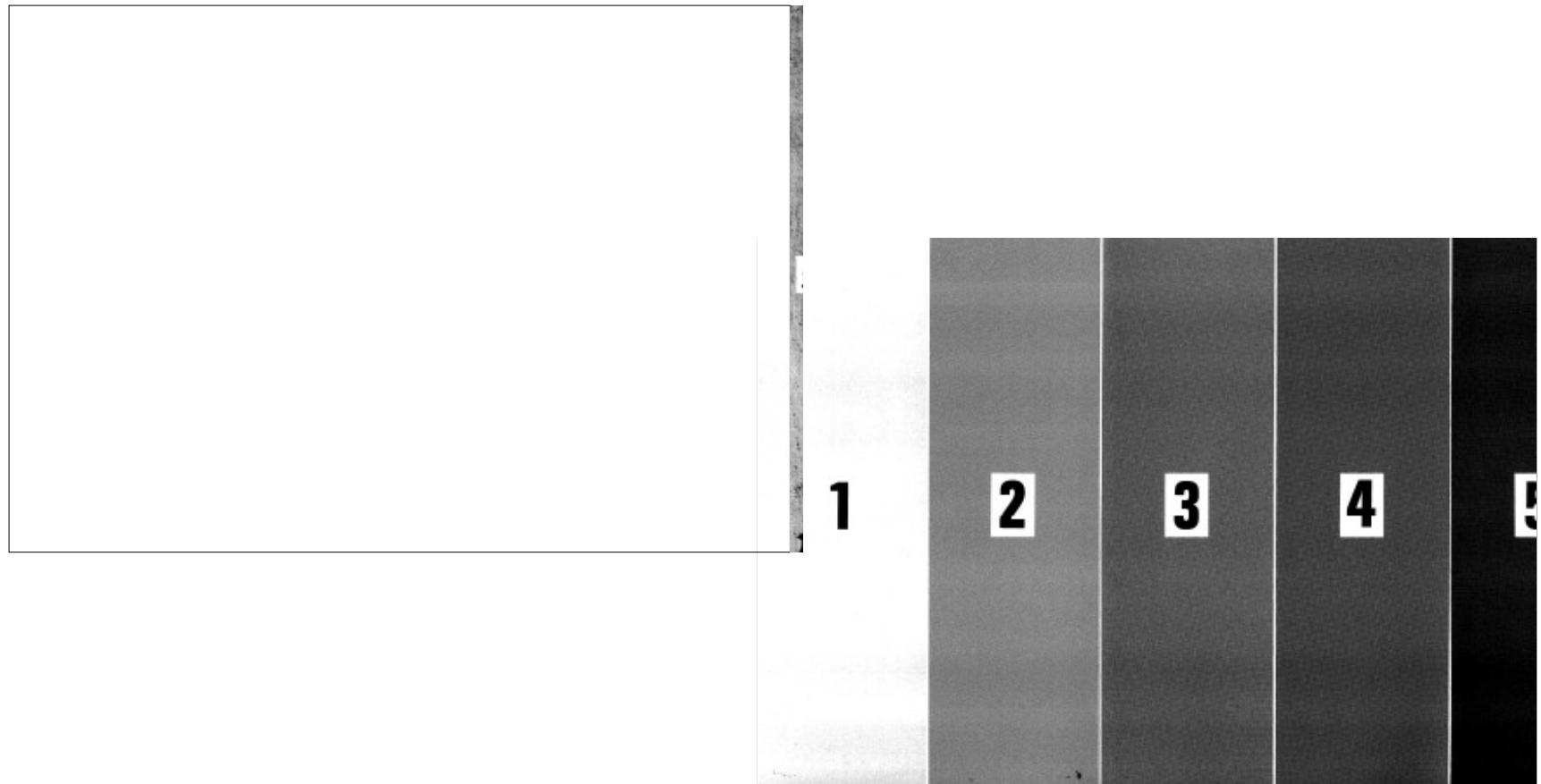
Contrôles du béton en amont

Élément témoin (parement fin)

PA

Contrôle intérieur
(+ extérieur)

Nuanciers de bullage et de teinte norme P 18-503



Contrôles du béton en amont

Élément témoin



PA

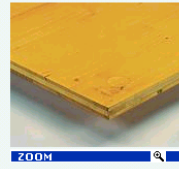
Contrôle
intérieur
(+ extérieur)

Panneaux trois plis

Panneau de coffrage 3-S plus

Panneau de coffrage pour béton trois plis, composé de bois d'épicéas, en particulier pour l'utilisation dans le secteur de la construction. Pour des parements béton impeccables.

- Surface : Colle de résine de mélamine avec vitrification en laque PU (polyuréthane) supplémentaire avec des particules de corindon
- Collage : résistant à l'eau de cuisson et aux intempéries
- Arête : Emulsion d'imprégnation jaune Doka
- Epaisseurs : 21 et 27 mm

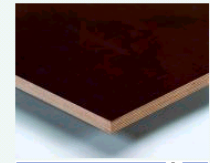


Panneaux multi-plis

Dokaplex Panneaux multi-plis

Panneau multi-plis de grande qualité en bois de bouleau finlandais pour un nombre de réemplois élevé. Pour des parements béton très lisses de grande qualité.

- Surface : Couche de film en résine phénolique de 120 g/m²
- Collage : collage en résine phénolique résistant à l'eau de cuisson et aux intempéries (BFU 100) Selon la norme DIN 68705-T3
- Arête : Dispersion
- Epaisseurs : 21 mm



Contreplaqué Finnforest Ultra-Form

Finnforest Ultra-Form est un contreplaqué tout bouleau présentant des caractéristiques mécaniques élevées. Panneau principalement destiné à une utilisation "coffrage", sa résistance lui permet une réutilisation exceptionnelle allant de 200 à 300 fois.

Ce panneau de contreplaqué est constitué de placages de bouleau croisés revêtus d'une épaisse couche de polypropylène.



Contrôles du béton en amont

Contrôles des constituants

Contrôle intérieur

Les caractéristiques des constituants sont à contrôler (à la charge de l'entrepreneur) en amont du chantier dans le cadre des épreuves d'études et de convenances.

Ces contrôles portent principalement sur les granulats et le ciment.

Les Fiches Techniques Produit (FTP) datant de moins d'un an des différents constituants sont à fournir par l'entrepreneur ou ses fournisseurs pour les granulats, les ciments, les adjuvants et les additions ou ajouts éventuels (Plan Qualité du fournisseur de béton).

Une analyse de l'eau de gâchage (hors eau potable) est par ailleurs à exiger.

Contrôles du béton en amont

Contrôles des constituants

Contrôle intérieur

Granulats

- ✓ Teneur en eau des différentes coupures (NF EN 1097-5)
- ✓ Granulométries des différentes coupures (NF EN 933-1)
- ✓ Propriétés des différentes coupures:
 - Équivalent de sable SE (NF EN 933-8) ou essai au bleu MB (NF EN 933-9) pour les sables
 - Teneur en fines (passant à 0,063 mm) pour les gravillons

On vérifiera en outre que l'on dispose pour chaque coupure d'une FTP de moins d'un an conformes à la norme XP P 18-545-art 10 avec la qualification alcali-réaction selon FD P 18-542 (+ teneur en alcalins actifs selon mode opératoire LPC n°37).

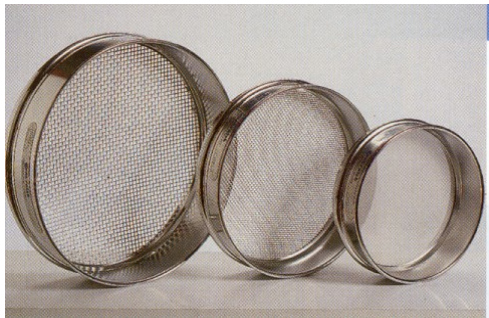
Contrôles du béton en amont

Contrôles des constituants

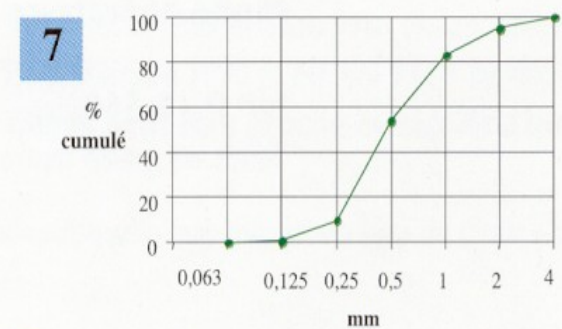
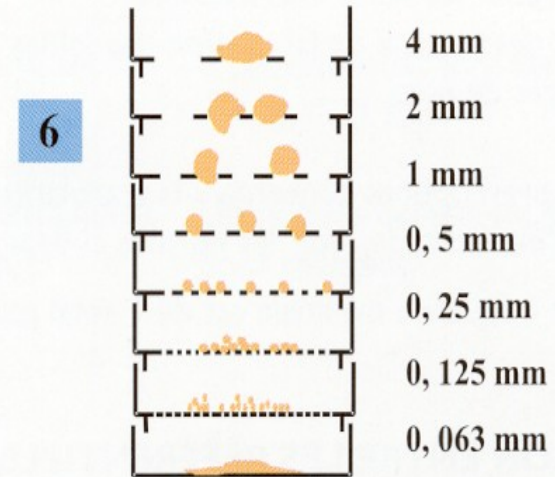
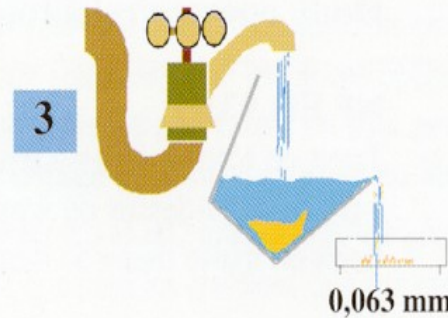
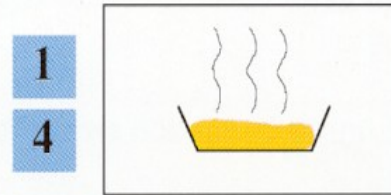
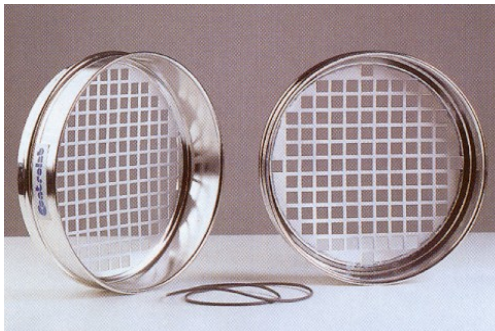
Contrôle intérieur

Granulats (granulométrie)

Toile tissée # < 4mm



Tôle perforée # ≥ 4mm

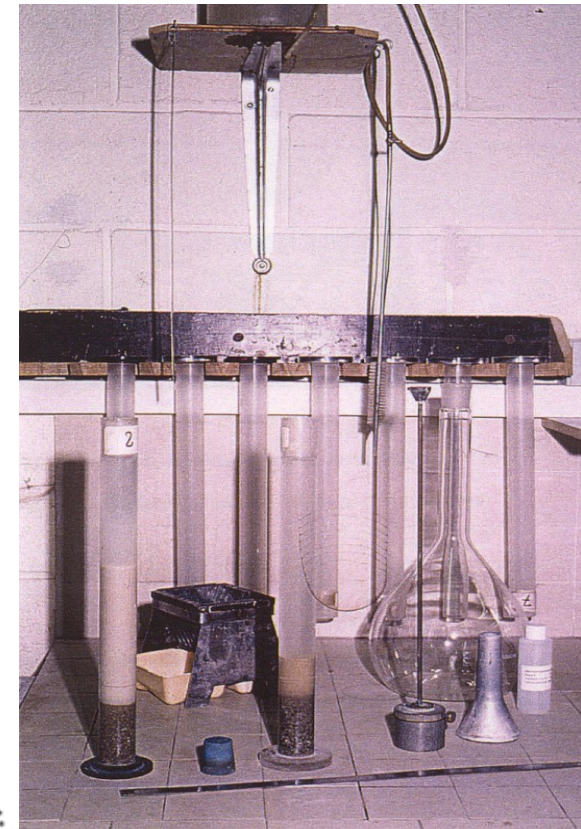
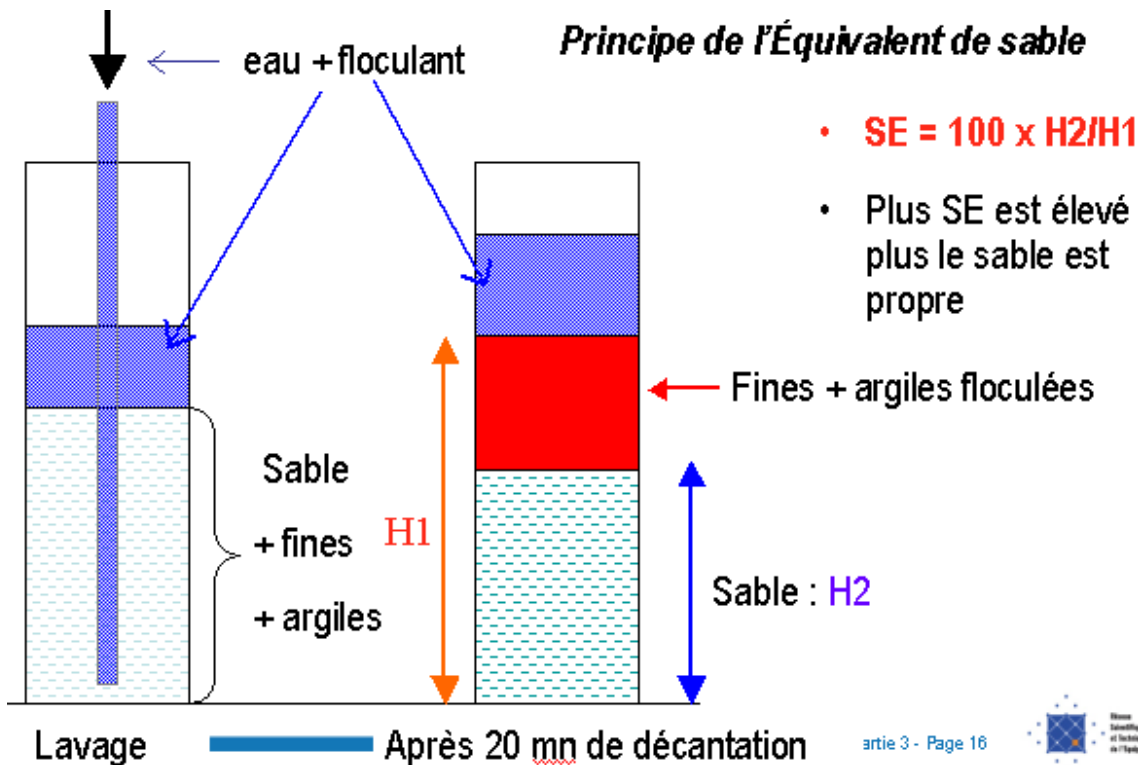


Contrôles du béton en amont

Contrôles des constituants

Granulats (propreté sable SE)

Contrôle intérieur

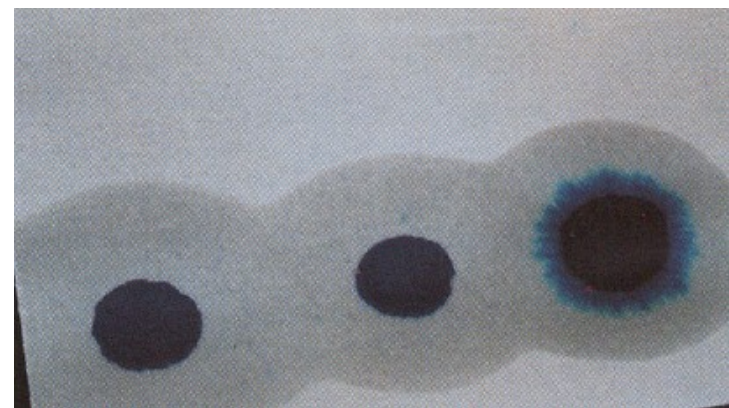
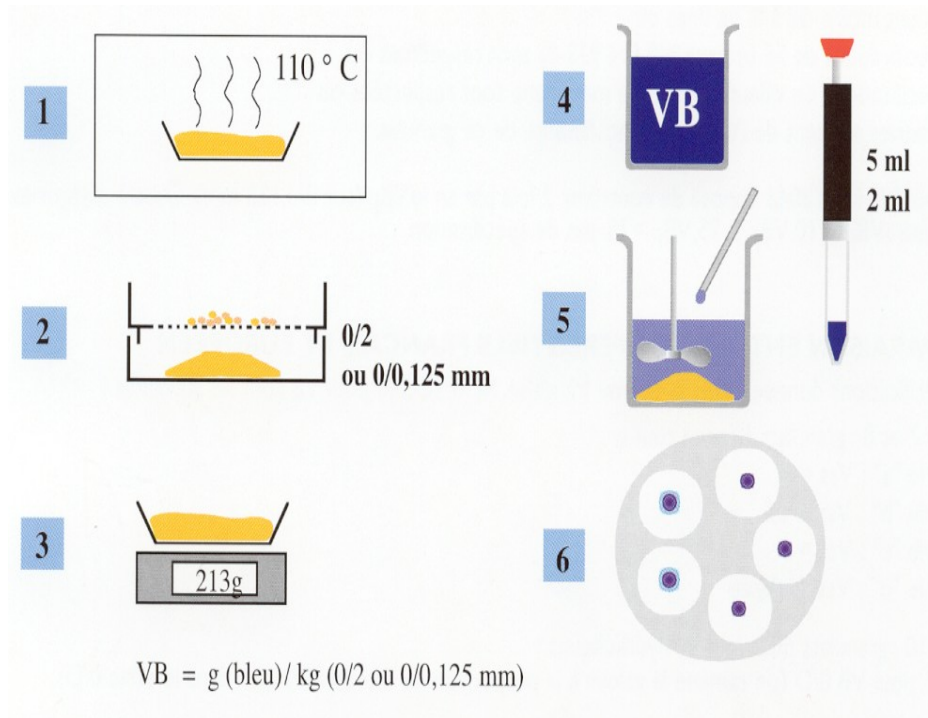


Contrôles du béton en amont

Contrôles des constituants

Granulats (propreté sable MB)

Contrôle intérieur



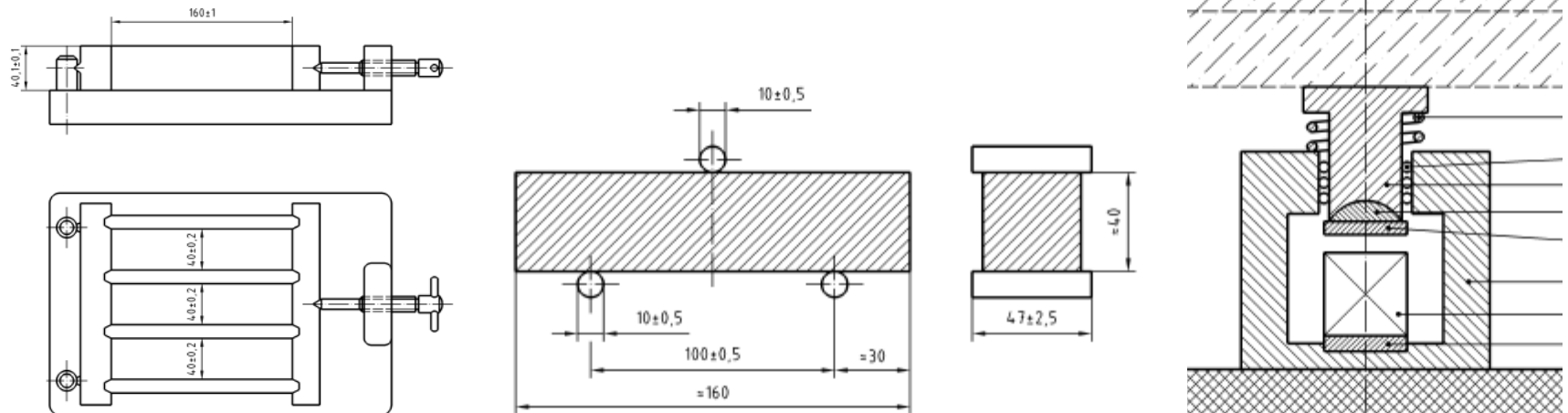
Contrôles du béton en amont

Contrôles des constituants

Contrôle intérieur

Ciment

- ✓ Résistance en flexion/compression sur mortier normalisé à 28 jours soit la résistance vraie C_E pour établir la conformité des épreuves d'études et de convenance (NF EN 196-1)



- ✓ Si spécifié, temps de prise (NF EN 196-3), retrait (NF P 15-433), finesse Blaine (NF EN 196-6), chaleur d'hydratation (NF EN 196-9)...

Contrôles du béton en amont

Contrôle de la procédure de bétonnage PA

Le Plan Qualité particulier « bétonnage » soumis au visa du Maître d'œuvre (**point d'arrêt**) doit traiter des aspects suivants :

- ✓ Coffrage et parement
- ✓ Mise en œuvre du béton (y compris vibration et finition)
- ✓ Cure et décoffrage
- ✓ Reprise de bétonnage
- ✓ Traitement des non-conformités et défauts apparents du béton

Outre les formules de béton, l'ensemble des produits utilisés (peau coffrante/matrice ouvragée, produit de démoulage, produit de cure, produit de réparation, ...) doivent avoir été préalablement agréés par le Maître d'œuvre.

Contrôles du béton en amont

Contrôle de la procédure de bétonnage PA

Le point « coffrage et parement » doit préciser :

- ✓ Type de parement par partie d'ouvrage
- ✓ Faisabilité en matière de coulage et de décoffrabilité
- ✓ Capacité des bétons à répondre aux emplois prévus (dosage en eau libre et en éléments fins, D_{\max})
- ✓ Convenance des moyens de coulage et de vibration (élément témoin)
- ✓ Adéquation des systèmes coffrants (peau et démoulant compris), du nombre de leurs réemplois et de la fréquence de rotation éventuelle
- ✓ Ages de décoffrages
- ✓ Mesures spécifiques en cas de bétonnage par temps chaud et froid
- ✓ Contrôle des parements obtenus avec relevé des éventuels défauts
- ✓ Tolérances géométriques par partie d'ouvrage
- ✓ Conditions d'entreposage et de stockage des éléments de coffrage (éviter déformations irréversibles)

Contrôles du béton en amont

Contrôle de la procédure de bétonnage PA

Le point « mise en œuvre du béton » doit préciser :

- ✓ Moyens de déchargement/d'acheminement (pompe, benne simple, benne à manche, goulotte et leurs caractéristiques)
- ✓ Dispositions de secours (centrale, pompe, toupies en nombre suffisant ...)
- ✓ Moyens de manutention (type, nombre, position et rayon d'action des grues)
- ✓ Moyens en personnel et en matériel (réception et contrôle du béton, mise en œuvre, vibration, finition)
- ✓ Méthodes de mise en œuvre (à l'avancement, en couches et selon quelle épaisseur, ...) avec sens de bétonnage, modes de vibration et de finition
- ✓ Dispositions liées aux conditions climatiques (température, vent, pluie)
- ✓ Contrôles (moyens, nature et fréquence) y compris au jeune âge → **plan de contrôle reprenant contrôles de conformité demandé au CCTP dans le cadre du contrôle intérieur**
- ✓ Durées de transport et de mise en œuvre avec horaires prévus
- ✓ Quantités à mettre en oeuvre

Contrôles du béton en amont

Contrôle de la procédure de bétonnage PA

Le point « cure et décoffrage » doit préciser :

- ✓ Délai de décoffrage (pour le décintrement, l'opération doit être justifiée par le bureau d'études en précisant la déformation admissible et la résistance minimale du béton)
- ✓ Dispositions pour lutter contre la fissuration (maintien des coffrages, ou décoffrage et maintien à proximité des surfaces décoffrées pour limiter les gradients thermiques)
- ✓ Procédés de cure (maintien du coffrage, bâche étanche, toile perméable maintenue humide, produit de cure NF, humidification permanente du béton)
- ✓ Début et durée de la cure (fascicule 65)
- ✓ Mesures spécifiques en cas de bétonnage par temps chaud et froid (entre $-5^{\circ}\text{C} < T_{\text{ext}} < 5^{\circ}\text{C}$, calorifugeage des coffrages, protection thermique des surfaces non coffrées, allongement de la durée de maintien des coffrages pour éviter les chocs thermiques avec 5 MPa de résistance minimale)
- ✓ Méthode de suivi de la résistance du béton en place (éprouvettes d'information ou contrôle maturométrique)

Contrôles du béton en amont

Contrôle de la procédure de bétonnage PA

Le point « reprise de bétonnage » doit préciser :

- ✓ Prise en compte des reprises volontaires pour atténuer leur impact
- ✓ Dispositions pour l'élimination de la laitance et le nettoyage de la surface de reprise (agent désactivant, eau sous pression, métal déployé, joint gonflable)
- ✓ Dispositions pour l'élimination des parties non adhérentes au support (marteau-piqueur, sablage)
- ✓ En cas d'utilisation d'un produit de collage du béton frais sur le béton durci, certification NF de ce produit
- ✓ Dispositions à prendre en cas de reprise accidentelle



Contrôles du béton en amont

Contrôle de la procédure de bétonnage PA

Le point « traitement des non-conformités et défauts apparents du béton » doit permettre le cas échéant de traiter les cas suivants :

- ✓ Nids de cailloux, cavités, fuites de laitance, soufflures
- ✓ Epaufrures avec ou sans aciers apparents
- ✓ Aciers apparents, insuffisance d'enrobage
- ✓ Fissures, fractures
- ✓ Pommelage, tâches noires, ressuage, défaut de teinte
- ✓ Efflorescences, traces de rouille
- ✓ Défauts de géométrie, défauts de profilage

Pour chaque défaut constaté, la mise en œuvre d'une technique de réparation implique préalablement la fourniture d'une procédure de réparation visée par le Maître d'œuvre, la réalisation d'une épreuve de convenance probante et la définition d'un plan de contrôle.

Contrôles du béton en amont

Contrôle de la procédure de bétonnage PA

Le point «traitement des non-conformités et défauts apparents du béton » peut donc faire appel aux techniques de réparation suivantes:

- ✓ Réparation de surface (« ragréage »)
- ✓ Injection
- ✓ Passivation
- ✓ Enduit, revêtement de surface
- ✓ Peinture
- ✓ Traitement chimique
- ✓ Rabotage, renformis
- ✓ Reconstitution, collage, scellement d'armatures

MERCI DE VOTRE ATTENTION