

BETONS POUR INFRASTRUCTURES ROUTIERES

CONCEPTION ET RÉALISATION DES VOIRIES BÉTON

Contrôle des travaux

Le contrôle des travaux

- Que contrôler ? (aux différentes étapes)
- Pourquoi contrôler ?
- Comment contrôler ?

- Référentiel : la norme NF P98-170 – Chaussées en béton de ciment Exécution et contrôle (09/2018)



Les travaux « préparatoires »

On parle ici de travaux préparatoires...au sens de « en amont de la construction de la voirie béton » ... mais ils ne sont pas du tout accessoires !

Une bonne partie du succès (ou de l'échec) du chantier se joue durant ces travaux préparatoires

- Protection du chantier (au sens de son intégrité)
 - Pas d'intrusion d'engins
 - Mode de contrôle : visuel, donc être présent
- Protection des ouvrages existants (qui peuvent être endommagés lors du bétonnage)
 - Mode de contrôle : visuel
- Protection de la plate-forme support de chaussée
 - C'est elle qui va recevoir la chaussée béton



La plate-forme support

- Elle aura pu être réalisée par le même prestataire...ou par un autre
- 2 points à retenir :
 - portance
 - altimétrie (dont planéité)
- Autres points de contrôle plus basiques (mode de contrôle visuel) :
 - propreté générale (pas de corps étrangers)
 - pas d'accumulation d'eau (flaques, ...)
 - pas de déformations grossières (ornières occasionnées par des circulations d'engins, ...)
 - pas de corps étrangers risquant d'engendrer un défaut de collage (le collage est supposé obtenu naturellement entre le béton et son support, cf. NF P98-170 § 8.2.1)

La portance de la plate-forme support

- Elle doit être (au moins) conforme aux hypothèses prises dans le calcul du dimensionnement
- C'est d'autant plus important qu'on vient poser dessus une chaussée RIGIDE
- Minimum requis : 50 MPa (PF2) selon NF P98-170, article 8.1
- Dispositifs de contrôle (à adapter selon la taille et la configuration du chantier, les possibilités d'accès)
 - essais de plaque
 - essais à la dynaplaque
 - essais de déflexion (déflectographe, ...)



Illustration de l'incidence d'un défaut de portance

Exemple d'une structure en dalle goudronnée sur béton maigre pour un trafic TC3₂₀ (85 PL/j) sur une plate-forme PF2



- avec la portance nominale (50 MPa) :
 $\sigma_t = 1,686 \text{ MPa} \rightarrow$ durée de service 22,1 ans
- si portance obtenue de seulement 40 MPa (- 20 %) :
 $\sigma_t = 1,749 \text{ MPa (+ 4 \%)} \rightarrow$ durée de service 13,2 ans (- 41 %)
- si obtenue de seulement 35 MPa (- 30 %) :
 $\sigma_t = 1,787 \text{ MPa (+ 10 \%)} \rightarrow$ durée de service 9,7 ans (- 56 %)

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,190	35000,0	0,250	0,000	20,9	1,137	-7,0	0,657
			0,190	-39,4	-1,686	26,0	0,131
0,150	20000,0	0,250	0,190	21,7	0,843	-11,9	0,131
			0,340	-29,9	-0,748	17,5	0,012
infini	50,0	0,350	0,340	-29,9	0,004	174,4	0,012

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,190	35000,0	0,250	0,000	22,3	1,133	-7,8	0,657
			0,190	-40,7	-1,749	26,9	0,130
0,150	20000,0	0,250	0,190	22,7	0,878	-12,6	0,130
			0,340	-31,1	-0,778	18,2	0,010
infini	40,0	0,350	0,340	-31,1	0,004	188,6	0,010

Calcul inverse NE = f(SigmaT)

Contrainte SigmaT (MPa) ?	1,686
Trafic cumulé NE =	664 094
Coefficient CAM =	0,8
Trafic cumulé PL =	830 118
Trafic MJA =	85
Accroissement arith.(%) =	2
Durée de service (ans) =	22,10

Calcul inverse NE = f(SigmaT)

Contrainte SigmaT (MPa) ?	1,749
Trafic cumulé NE =	369 244
Coefficient CAM =	0,8
Trafic cumulé PL =	461 556
Trafic MJA =	85
Accroissement arith.(%) =	2
Durée de service (ans) =	13,25

Altimétrie (dont planéité) de la plate-forme support

- Les tolérances de nivellement varient de 3 cm à 5 mm selon le type de chaussée, la nature de la couche en béton, la nature du support et le type de matériel de mise en œuvre selon NF P98-170, article 8.1
- La recherche d'une planéité correcte ne doit surtout pas conduire à une réduction de l'épaisseur (générale ou localisée) des couches de béton
- Dispositifs de contrôle (à adapter selon la taille et la configuration du chantier, les possibilités d'accès)
 - Nivellement : levé topographique
 - Planéité : règle de 3 mètres
 - La mesure de l'uni peut être complétée par recours à l'APL

Illustration de l'incidence d'un défaut d'épaisseur résultant d'une plate-forme trop haute

Avec le même exemple d'une structure en dalle goujonnée sur béton maigre pour un trafic TC3₂₀ (85 PL/j) sur une plate-forme PF2



- avec l'épaisseur nominale soit 15 cm de BC2 en fondation :
 $\sigma_t = 1,686 \text{ MPa} \rightarrow$ durée de service 22 ans
- si épaisseur de BC2 ramenée à 14 cm (- 7 %) :
 $\sigma_t = 1,744 \text{ MPa} (+ 3 \%) \rightarrow$ durée de service 13,8 ans (- 38 %)
- si épaisseur de BC2 ramenée à 13 cm (- 13 %) :
 $\sigma_t = 1,800 \text{ MPa} (+ 7 \%) \rightarrow$ durée de service 8,7 ans (- 60 %)

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,190	35000,0	0,250	0,000	20,9	1,197	-7,0	0,657
glissant			0,190	-39,4	-1,686	26,0	0,131
0,150	30000,0	0,250	0,190	21,7	0,848	-11,9	0,131
collé			0,340	-29,9	-0,748	17,5	0,012
infini	50,0	0,350	0,340	-29,9	0,004	174,4	0,012

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,190	35000,0	0,250	0,000	21,9	1,185	-7,6	0,657
glissant			0,190	-40,7	-1,744	26,5	0,121
0,140	30000,0	0,250	0,190	21,0	0,822	-12,0	0,121
collé			0,330	-29,3	-0,730	17,0	0,012
infini	50,0	0,350	0,330	-29,3	0,004	177,4	0,012

Calcul inverse NE = f(SigmaT)

Contrainte SigmaT (MPa) ? **1,686**

Trafic cumulé NE = 664 094

Coefficient CAM = 0,8

Trafic cumulé PL = 830 118

Trafic MJA = 85

Accroissement arith.(%) = 2

Durée de service (ans) = **22,10**

Calcul inverse NE = f(SigmaT)

Contrainte SigmaT (MPa) ? **1,744**

Trafic cumulé NE = 386 551

Coefficient CAM = 0,8

Trafic cumulé PL = 483 189

Trafic MJA = 85

Accroissement arith.(%) = 2

Durée de service (ans) = **13,81**

La couche de fondation (si pas en matériau « béton »)

- Si matériaux d'apport : vérification de la conformité entre le produit validé et le produit livré (bons de livraisons)
- Portance : contrôle du compactage par vérification de la conformité du matériel, nombre de passes
- Nivellement : idem plate-forme, règle de 3 m, voire levé topo, ...



Le coffrage de la chaussée béton

- Vérification de l'implantation
- Vérification de l'assemblage, de la tenue et de la solidité des coffrages (ne devront pas bouger sous la poussée du béton frais)
- Vérification de la hauteur pour garantir l'épaisseur de la couche de béton. L'écart doit être inférieur ou égal à 1 cm
- Vérification des autres éléments de géométrie : l'alignement en plan doit être aussi inférieur ou égal à 1 cm
- Vérification de l'uni



Le calepinage

- En particulier pour les chaussées béton en dalles : vérification de la bonne répartition des joints transversaux (a du être défini au moment de la conception) et de son respect sur le chantier
- Des adaptations sur chantier risquent de remettre en cause la mise en œuvre ou le bon fonctionnement de dispositifs tels que boucles de détection (incompatibilité avec le métal des goudjons)



Les éléments incorporés au béton

- Goujons (dalles goujonnées) : vérification de l'espacement, de la hauteur, de la position longitudinale par rapport au joint cf. NF P98-170, article 8.4.3
- Armatures (BAC) : vérification de l'espacement, de la hauteur, de la stabilité lors du bétonnage cf. NF P98-170, article 8.4.1
- Autres armatures (fers transversaux) cf. NF P98-170, article 8.4.2



Vigilance au droit des points singuliers

- Vérification de la mise en place des joints de dilatation autour des regards et des émergences
- Vérification de la mise en place des réservations aux endroits prévus pour les émergences



La fabrication du béton

L'épreuve de convenance de fabrication (agrément de la centrale)

- Si centrale titulaire du droit d'usage de la marque NF
 - Pas d'épreuve de convenance de fabrication
- Si centrale non titulaire du droit d'usage de la marque NF
 - Épreuve de convenance de fabrication :
 - Examen du matériel
 - Vérification des réglages de la centrale
 - Exécution d'une série d'éprouvettes avec mesure de R_c , consistance du béton, teneur en air occlus

Référence : Chapitre 7 et Annexe F.1 de la norme NF P98-170



L'épreuve de convenance de mise en œuvre

Recommandation : réaliser une planche d'essai qui sera soumise à l'approbation du maître d'œuvre

pour les chantiers de plus d'une semaine ou d'un volume de béton supérieur à 500 m³

- Examen du matériel
- Vérification du fonctionnement du matériel de transport (y compris accessibilité au site, connaissance des accès de chantier par les chauffeurs)
- Vérification du matériel de ré pandage, de surf açage, de sciage, ...
- Planche de référence

Référence : Chapitre 7 et Annexe F.2 de la norme NF P98-170



Contrôles liés au transport et à la mise en œuvre du béton

- Durée effective du transport (1h maxi recommandée, à moduler selon le matériel de transport, les conditions ambiantes de température, l'hygrométrie, le vent)
- Délai de début de mise en œuvre après l'arrivée du béton sur le chantier : 30 min maxi
- Respect de la hauteur de chute du béton lors du coulage : 1 m maxi

Référence : § 6.1 de la norme NF P98-170



Le nettoyage des toupies

- Objectifs : éviter l'introduction de corps étrangers et le mélange de bétons
- Les modalités de nettoyage sont encadrées du point de vue environnemental (risque de pénalités...)

Exemple d'atteinte à l'environnement relevée sur un chantier :

Le lavage est réalisé sur les terrassements. Présence de laitance de béton et de béton durci. Absence d'aire de lavage adaptée.

Extrait du CCAP :

Pénalités pour dommages causés à l'environnement ou aux tiers :

...Atteintes à l'environnement ou dégradations réparables :

...nettoyage ou purge des toupies à béton en dehors des fosses prévues à cet effet

Traitement de l'anomalie :

- Assurer le curage et le nettoyage de la zone
- Fournir le bon de suivi d'évacuation des déchets (big-bags et terre polluée par la laitance) vers filière de traitement agréée correspondant à cette phase de bétonnage
- Mettre en place des aires de lavage : big-bag sur bac de rétention ou à défaut fosse étanche
- Réaliser un rappel environnement concernant les aires de lavage des goulottes des toupies (récupérer toute la laitance) et les risques de pollution du sol et des milieux aquatiques (pH excessifs...)

Avant



Après



Contrôles du béton avant mise en œuvre

- Vérification du bon de livraison (conformité du produit livré par rapport à la commande)
- Mesure de la consistance au cône d'Abrams (selon norme EN 12350-2), à raison d'un essai pour 100 m³ (un essai minimum par jour)
- Mesure de la teneur en air occlus (norme EN 12350-7) à raison d'un essai pour 500 m³
- Mesure de la résistance mécanique sur 3 éprouvettes (> 100 m³)

Références : § 9.1.2.2 et 9.1.2.3 de la norme NF P98-170



Tableau 2 — Classes de béton en fonction de la résistance à 28 jours

Classe	Classe de fendage (NF EN 12390-6)	Classe de compression (NF EN 12390-3)
BC6	S 3,3	.b
BC5	S 2,7	C 35/45 ^a
BC4	S 2,4	C 30/37 ^a
BC3	S 2,0	C 25/30
BC2	S 1,7	C 20/25

^a Ces valeurs sont données à titre indicatif.

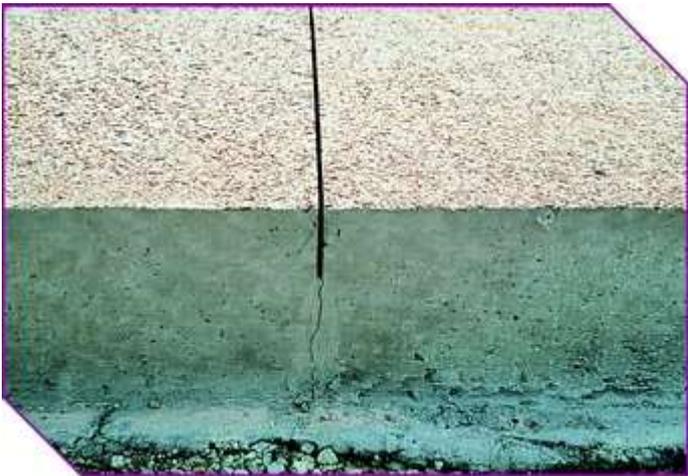
^b Pour cette classe de béton, la correspondance entre la classe de fendage et de compression n'est pas possible.



Contrôles du béton à la mise en œuvre

- Mesure de l'épaisseur du revêtement
- Vérification de conformité des joints au plan de jointolement
- Contrôle de la régularité du répandage du produit de cure, conformément à la norme NF P 98-245-1

Références : § 9.2.2 et 9.2.3 de la norme NF P98-170



Contrôles du béton après la mise en œuvre

- **Mesure de l'uni de surface** (§ 9.2.4 norme NF P98-170) : à la règle de 3 m, NF EN 13036-7 pour détecter des irrégularités > 3 mm ; à l'APL, NF P98-218-3 pour les chantiers réalisés en continu ; des objectifs spécifiques en moyennes ondes à 30 km/h pour les voies TCSP
- **Mesure de la rugosité de surface** (§ 9.2.5 norme NF P98-170) : essai de profondeur moyenne de texture (PMT, anciennement « hauteur de sable »), NF EN 13036-1 ou mesure dynamique continue type Rugolaser, NF P98-216-2
- **Vérification de la conformité du traitement de surface avec la planche de convenance de mise en œuvre**
- **Carottages pour contrôle des résistances**, si les résultats sur éprouvettes sont insuffisants
- **Porosité pour les bétons poreux ou drainants**



Le garnissage des joints

Vérifier la conformité du produit pour joints livré

(cf. § 4.2.5 et annexe D NF P98-170)

- Produits de scellement à chaud (NF EN 14188-1)
- Produits de scellement à froid (NF EN 14188-2)
- Produits de scellement moulés (NF EN 14188-3)



Vérifier les modalités d'application

- Profondeur des joints (§ 9.3.4 NF P98-170)
- Étanchéité des joints (§ 9.3.5 NF P98-170)

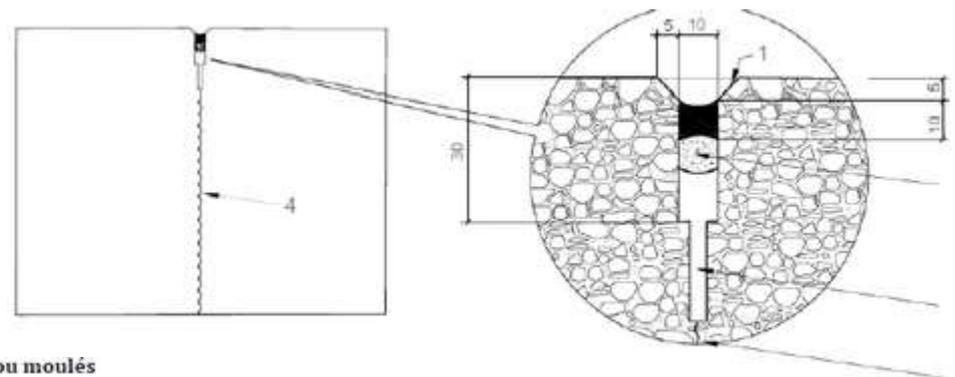


Tableau D.3 — Dimensionnement des joints scellés par des produits à froid ou moulés

Dimensions en millimètres

Dilatation du joint	Largeur minimale de la gorge	Profondeur minimale de la gorge	Hauteur minimale du mastic
$\leq 2,0$	8	24	8
$2 < \dots \leq 2,5$	9	26	9
$2,5 < \dots \leq 3,0$	10	28	10
$3,0 < \dots \leq 4,0$	12	32	12
$4,0 < \dots \leq 5,0$	15	38	15
$5,0 < \dots \leq 6,0$	20	48	15



Des questions ?



Merci pour votre attention !