



Conception, spécificités et panorama des techniques



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

BÉTONS DE VOIRIES ET PAYSAGES

Un peu d'histoire

- 1890** - Premiers aménagements urbains en béton coulé en place
- 1920/1935** - Développement du marché des voiries urbaines en béton coulé en place (gros cailloux $D_{\max} = 40$ ou 60 mm)
- 1945/1970** - Béton coulé en place avec gravillons de taille réduite ($D_{\max} = 20$ ou 40 mm)
- 1970** - Béton poreux
- 1980** - Revêtements urbains en pavés et dalles béton
- 1987** - Béton désactivé et imprimé
- 1990** - Béton drainant
- 1995** - Béton bouchardé
- 1998** - Béton hydrosablé
- 2010** - Béton hydrogommé



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

BÉTONS DE VOIRIES ET PAYSAGES

Un mélange à froid

- de gravillons
- de sable
- de ciment
- d'un adjuvant entraîneur d'air
- d'eau

Ajout éventuel de plastifiants, super-plastifiants, colorants, fibres...



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

Fonctionnement d'une structure béton sur fondation traitée au ciment 

Voirie à moyen ou fort trafic

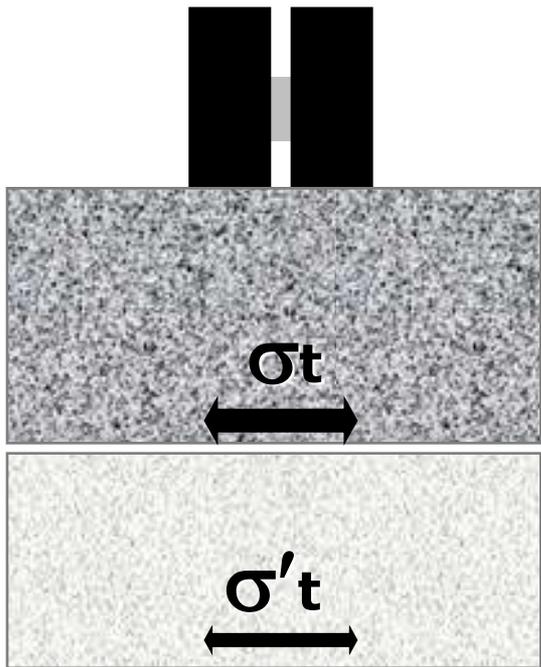


Plate-forme PF \geq PF2

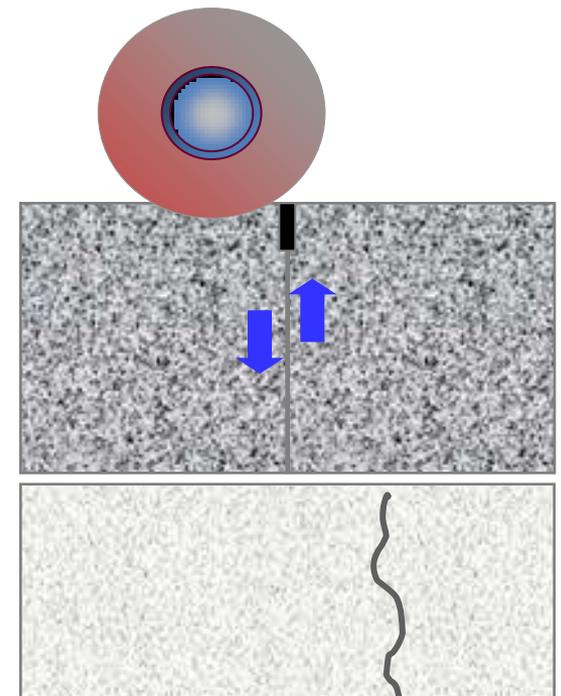
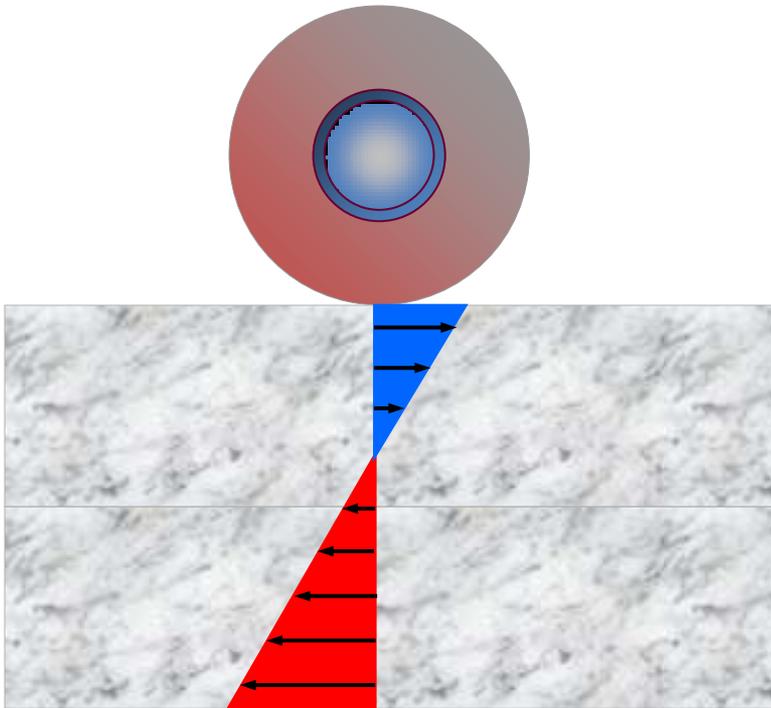


Plate-forme PF \geq PF2

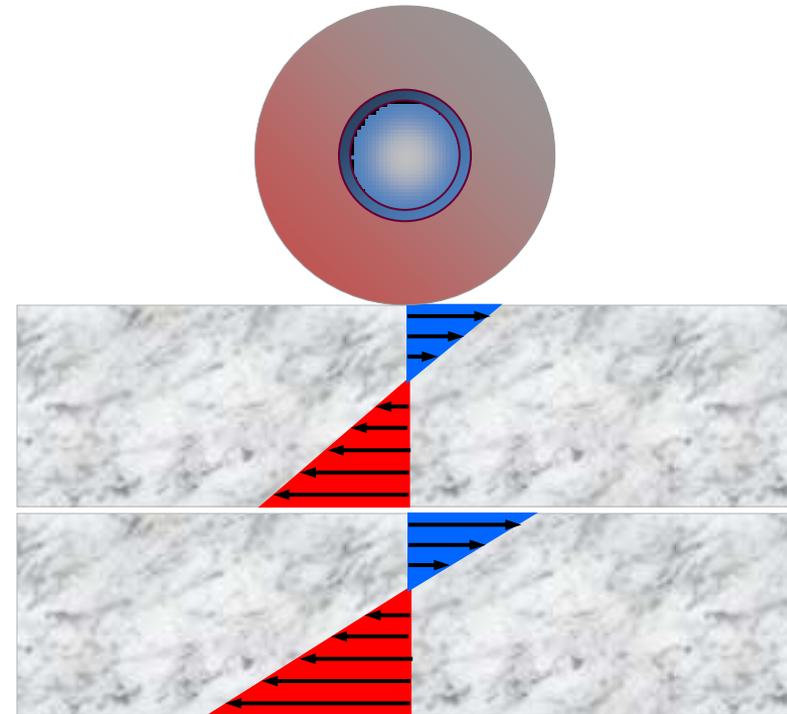
1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

Fonctionnement de deux couches traitées en fonction de la nature de l'interface



Couches collées



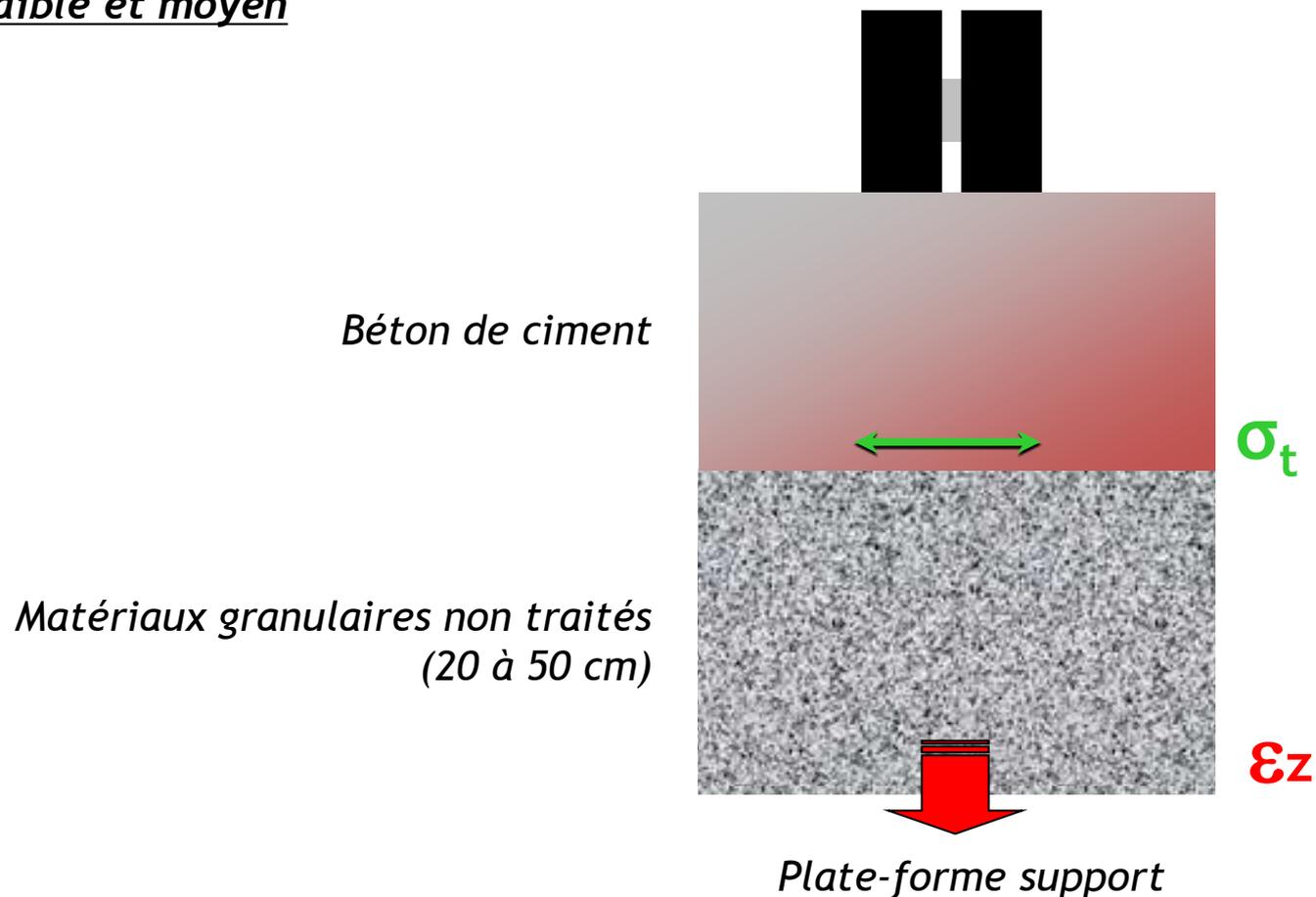
Couches décollées

1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

Fonctionnement d'une structure béton sur fondation non traitée

Trafic faible et moyen



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

Fonctionnement d'une structure béton sans fondation

Voirie à faible trafic

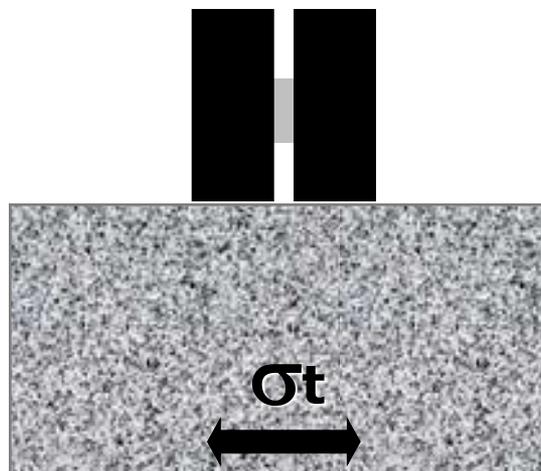


Plate-forme $PF \geq PF1$

BC5 (10 à 25 cm)

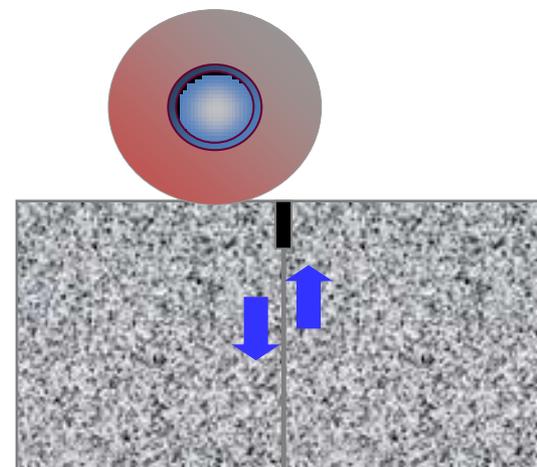
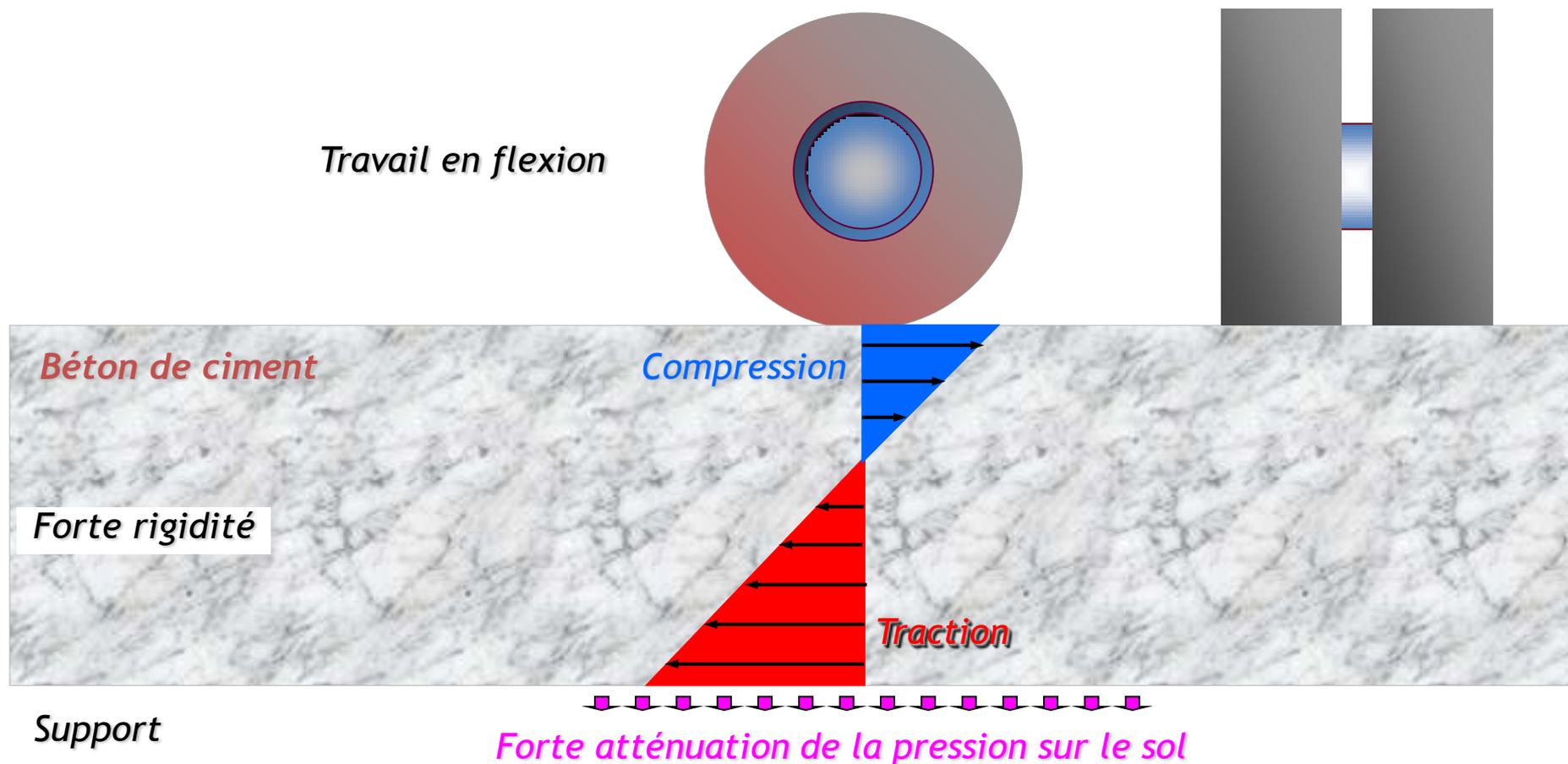


Plate-forme $PF \geq PF1$

1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

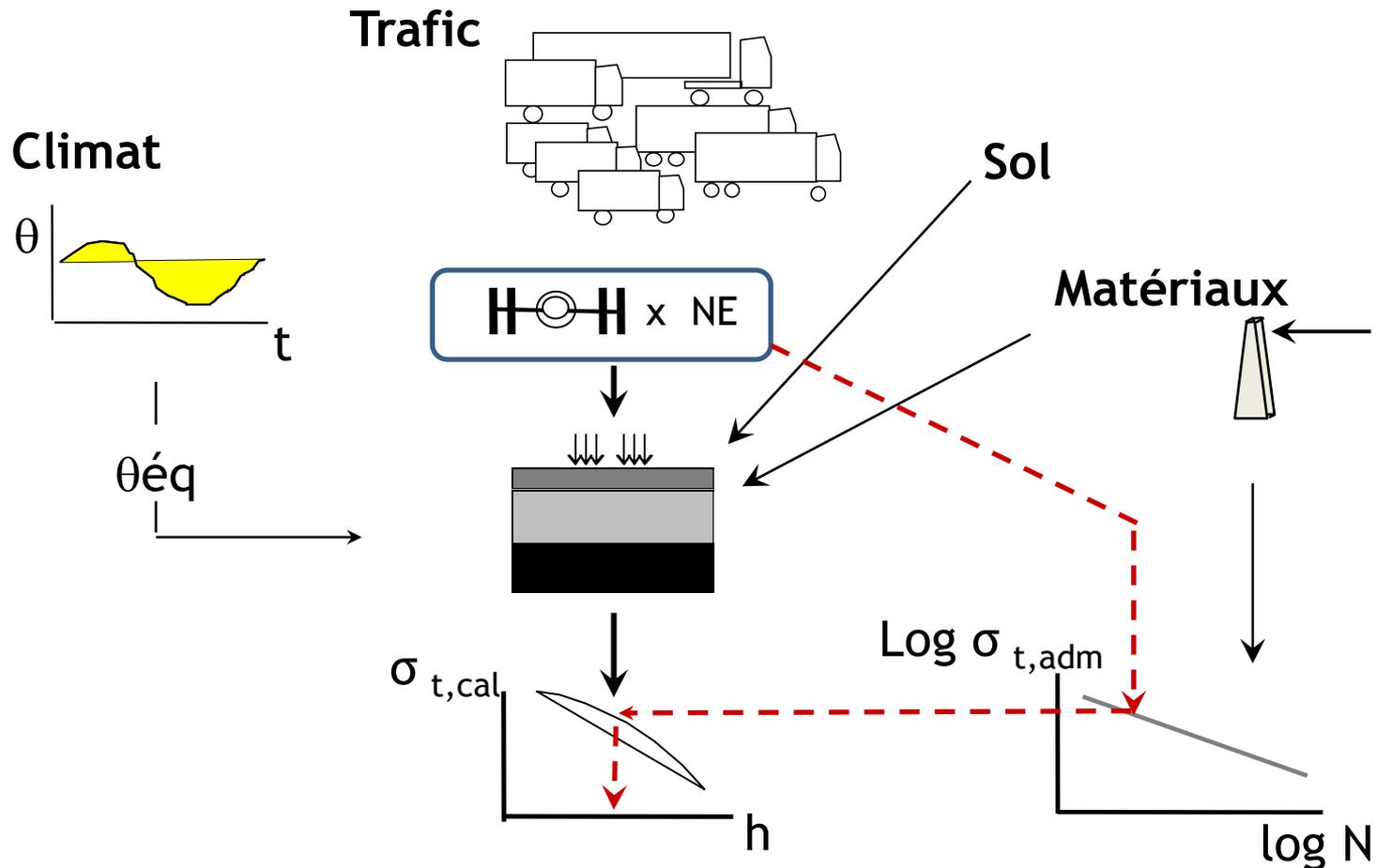
Fonctionnement d'une structure béton sans fondation



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

Dimensionnement mécanique



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

Paramètres d'entrée du dimensionnement

Trafic	T5	T4	T3	T2	T1	T0	TS	TEX
PL-MJA / sens	25	50	150	300	750	2 000	5 000	
	faible			moyen		fort		

Trafic	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
NCPL / sens (10^6)	0,2	0,5	1,5	2,5	6,5	17,5	43,5	
	faible			moyen		fort		

Plate-forme	PF1	PF2	PF3	PF4
Module (MPa)	20	50	120	200

1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

<i>Classification des sols en fonction de leur portance</i>			
P	Examen visuel (essieu de 13 t)	Indice portant CBR	Module de déformation à la plaque EV_2 (MPa)
P₀	Circulation impossible, sol inapte, très déformable	CBR 3	$EV_2 \leq 15$
P₁	Ornières derrière l'essieu de 13 t déformable	$3 < CBR \leq 6$	$15 < EV_2 \leq 20$
P₂ ou PF₁	pas d'ornières derrière l'essieu de 13 t	déformable	$6 < CBR \leq 10$
P₃ ou PF₂		peu déformable	$10 < CBR \leq 20$
P₄ ou PF₃		très peu déformable	$20 < CBR \leq 50$
P₅ ou P_{EX}		très peu déformable	CBR > 50

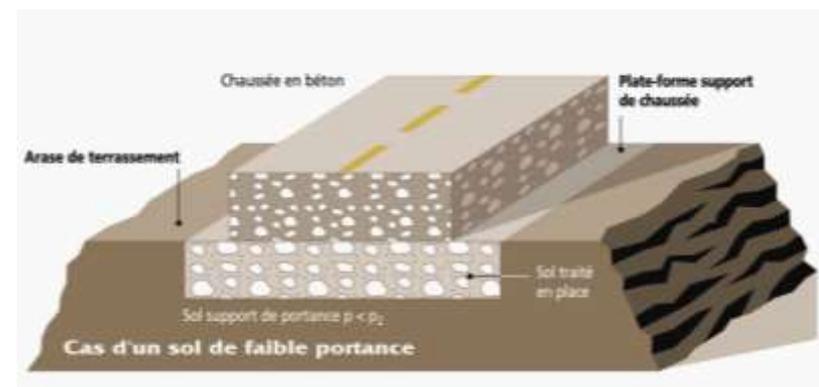
1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

Amélioration d'un sol support de faible portance

Cas d'un sol de faible portance

Des solutions d'amélioration (couche de forme ou traitement des sols en place) sont à prévoir chaque fois que la portance du sol au moment des travaux est P_0 ($\text{CBR} \leq 3$) ou P_1 ($3 < \text{CBR} \leq 6$)



Choix des améliorations du sol support

Portance	Améliorations nécessaires		
	Épaisseur de la couche traitée en place	Épaisseur de la couche de forme non traitée	Nouvelle portance
Portance prévisible de la plate-forme à court terme $P = P_0^* ; \text{CBR} \cdot 3$	35 cm	50 cm	P_2
$P = P_1 ; 3 < \text{CBR} \cdot 6$	20 cm	30 cm	P_2

* De plus, si ce niveau de portance nulle ($P = P_0$) caractérise aussi la portance à long terme de la plate-forme, la solution d'amélioration sera associée à des travaux de drainage.

1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

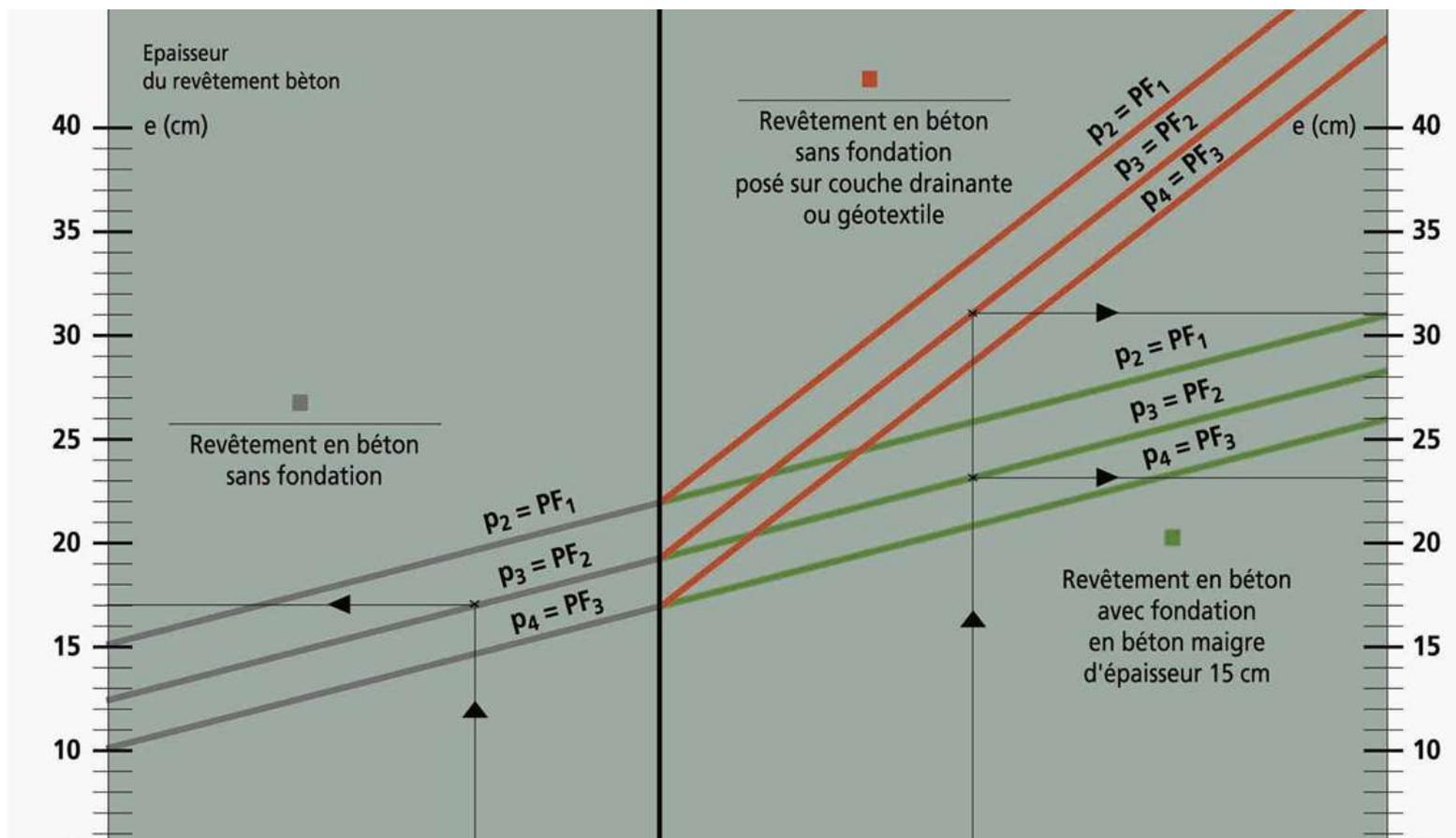
Classes de résistance du béton

NF P 98-170 Classe	Résistance caractéristique (en MPa)	Classe de compression (NF EN 206-1)	Classe de fendage
2 - Assise	20	C 20/25	S 1,7
3 - Assise	25	C 25/30	S 2,0
4 - Surface faible trafic	29	C 30/37	S 2,4
5 - Surface	32	C 35/45	S 2,7
6 - Aéroport	38	C 40/50	S 3,3

1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

Détermination des épaisseurs des revêtements en béton



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

Dimensionnement des voiries urbaines

Portance support	Classe de trafic	Aménagements sans contraintes de trafic t7		Aménagements circulés			
				t6		t5	
P ₀		14 cm	B.C.	16 cm	B.C.	18 cm	B.C.
		35 cm	M.T.C.C.	35 cm	M.T.C.C.	35 cm	M.T.C.C.
P ₁		14 cm	B.C.	16 cm	B.C.	18 cm	B.C.
		20 cm	M.T.C.C.	20 cm	M.T.C.C.	20 cm	M.T.C.C.
P ₂		14 cm	B.C.	16 cm	B.C.	18 cm	B.C.
P ₃		12 cm	B.C.	14 cm	B.C.	16 cm	B.C.
P ₄		11 cm	B.C.	12 cm	B.C.	14 cm	B.C.
P _{ex}		10 cm	B.C.	11 cm	B.C.	12 cm	B.C.

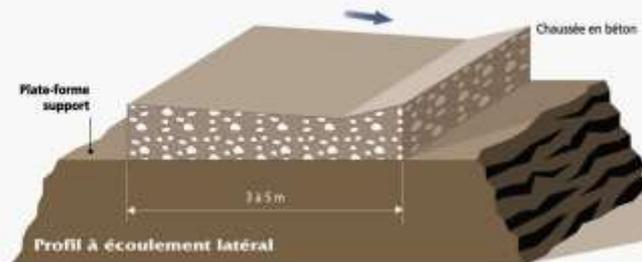
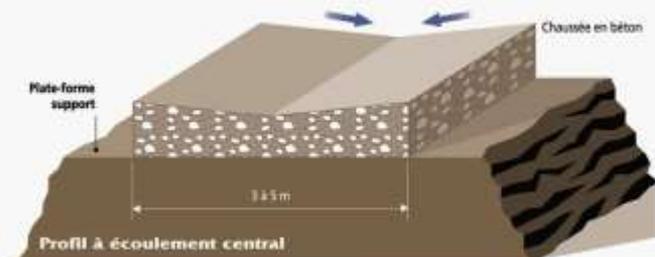
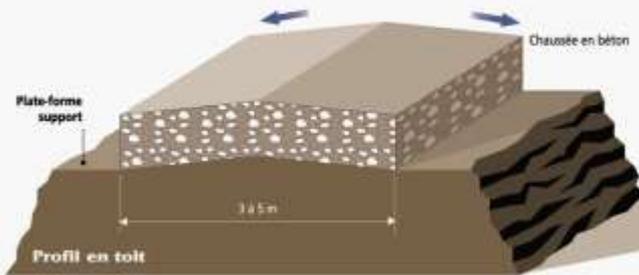
B.C. : béton de ciment - M.T.C.C. : matériaux traités à la chaux et/ou au ciment.

Nota : pour un béton de classe 4, ajouter 2 cm aux valeurs figurant dans ce tableau

1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

SPÉCIFICITÉS DES VOIRIES BÉTON

Moulabilité et profils dans la masse



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

SPÉCIFICITÉS DES VOIRIES BÉTON

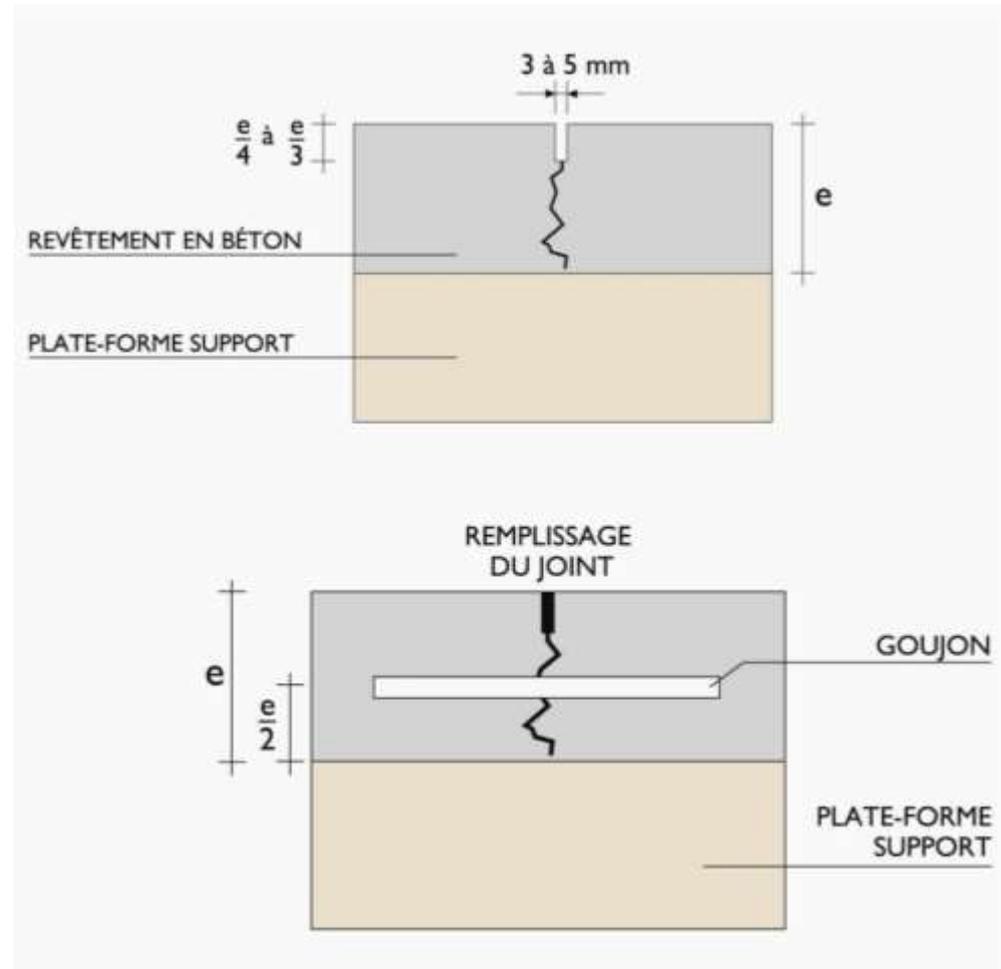
Jointoiment pour maîtriser le retrait du béton

Jointes transversaux

Les joints de retraits / flexion

Les joints de retrait / flexion goujonnée

Les joints de construction



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

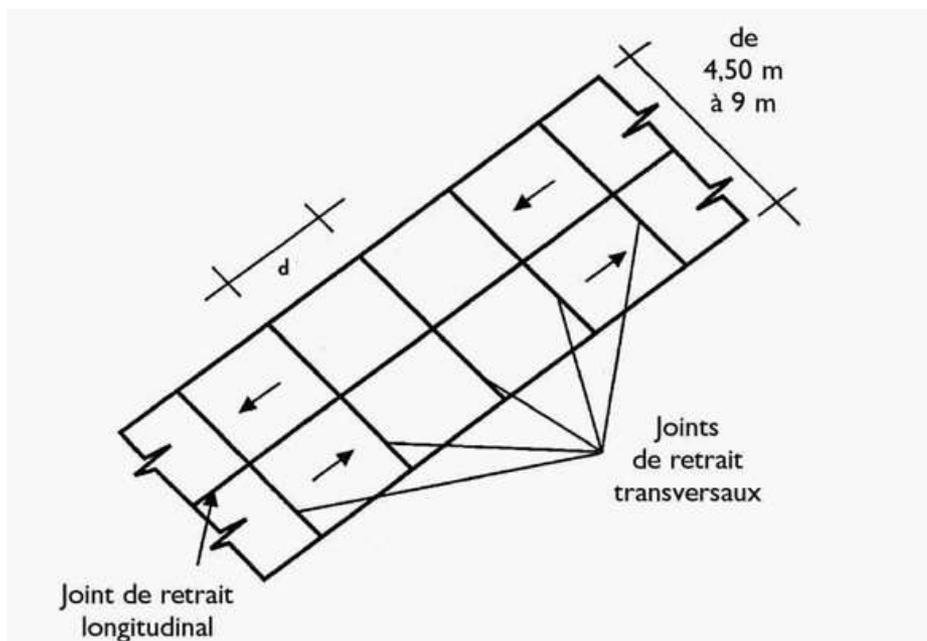
SPÉCIFICITÉS DES VOIRIES BÉTON

Jointoiment pour maîtriser le retrait du béton

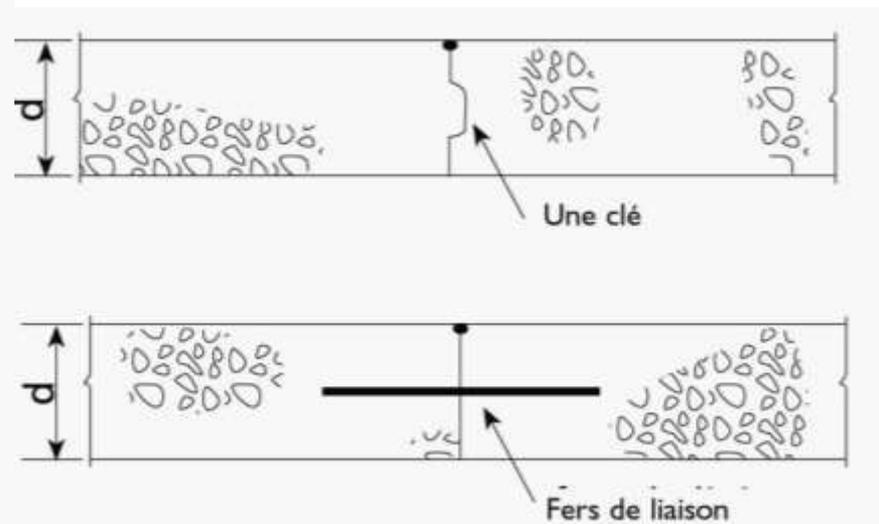
Jointes longitudinales

Parallèles à l'axe de la voirie, nécessaires si la largeur du revêtement est supérieur à 4 m 50

Les joints longitudinaux
de retrait / flexion



Les joints longitudinaux
de construction



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

SPÉCIFICITÉS DES VOIRIES BÉTON

Jointoiment pour maîtriser le retrait du béton

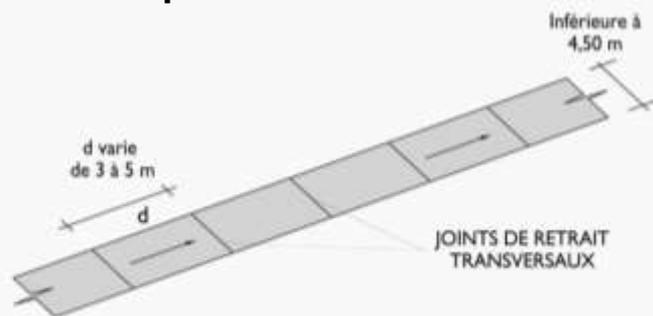
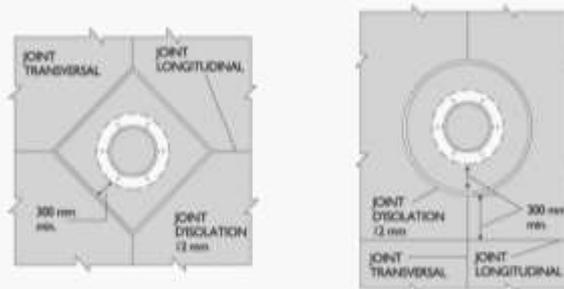
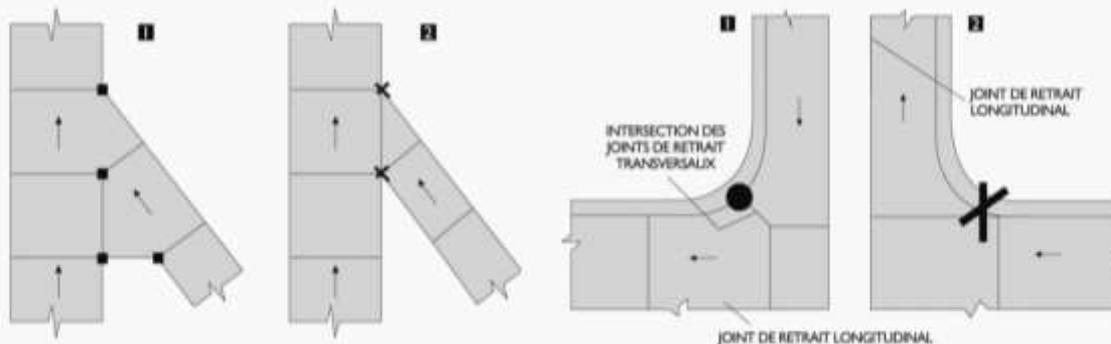


Schéma de jointoiment pour une voirie à une voie de circulation



Disposition d'un joint de dilatation autour d'un couvercle de regard d'égout



- 1 Bonne disposition des joints à l'intersection de deux voiries en béton.
- 2 Mauvaise disposition des joints à l'intersection de deux voiries en béton.

- 1 Bonne disposition des joints sur un carrefour.
- 2 Mauvaise disposition des joints sur un carrefour.

Disposition des joints à l'intersection de deux voiries

1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

SPÉCIFICITÉS DES VOIRIES BÉTON

Jointoiment pour maîtriser le retrait du béton

Épaisseur de la dalle (cm)	Espacements des joints (m)
12	3,00
13	3,25
14	3,50
15	3,75
16	4,00
17	4,25
18	4,50
19	4,75
20	5,00

1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

SPÉCIFICITÉS DES VOIRIES BÉTON

Les dix commandements

VOIRIE EN BÉTON <i>Les 10 commandements</i>	
CONCEPTION APPROPRIÉE	1 - Prévoir un support homogène et de portance convenable
	2 - Donner à la chaussée un profil (en travers et/ou en long) permettant de collecter les eaux de surface et les évacuer en dehors de la chaussée.
	3 - Dimensionner la chaussée en fonction du trafic, du taux de croissance du trafic, de la période de service prévue et de la portance du sol.
	4 - Prévoir des joints de retrait/ flexion transversaux dont l'espacement est fonction de l'épaisseur de la dalle
	5 - Prévoir des joints longitudinaux quand la largeur de la voirie est > à 4,5 m. Le cas échéant, prévoir des joints de dilatation.
FORMULATION ADÉQUATE DU BÉTON	6 - Exiger un béton conforme aux normes NF EN 206-1 et EN 13877-1
	Le ciment doit être conforme à la norme NF EN 197-1.
	Il est utilisé en quantité suffisante : 300 à 350 kg/m ³ béton.
	Les granulats doivent être conformes à la norme XP P 18-545
	La teneur en eau doit être limitée. Le rapport (en poids) de l'eau efficace et du ciment ne doit pas dépasser la valeur 0,45. Soit : $\frac{E}{C} < 0,45$
L'utilisation d'un adjuvant entraîneur d'air est obligatoire	
MISE EN ŒUVRE SOIGNÉE	7 - Prévoir, en fonction des conditions atmosphériques, l'arrosage de la plate-forme support de la chaussée immédiatement avant la mise en œuvre du béton.
	8 - Imposer la vibration du béton
	9 - Prescrire un traitement de surface du béton adapté au trafic, à l'importance de la voirie et à l'esthétique recherchée.
	10 - Imposer la cure du béton frais.

1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CARACTÉRISTIQUES DES VOIRIES BÉTON

Le béton : matériau unique aux multiples déclinaisons

Possibilité très diversifiée de choix des constituants

Granulats

- éruptifs, sédimentaires, calcaires, siliceux, silico-calcaires...
- roulés, concassés ou un mélange des deux
- taille maximale selon les besoins : 6, 10, 14, 20, 40 mm

Ciments : gris ou blanc

Colorants : gamme étendue



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CARACTÉRISTIQUES DES VOIRIES BÉTON

Le béton : matériau unique aux multiples déclinaisons

Possibilité de jouer sur la composition des différents constituants

Rapport Gravillons/Sable

Variable et adaptable en fonction des exigences de l'ouvrage et de la technique

Richesse de solutions

Béton dense (mosaïque ouverte ou mosaïque serrée)

Béton drainant

Béton poreux



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CARACTÉRISTIQUES DES VOIRIES BÉTON

Le béton : matériau docile et adaptable

Du mélange à froid des constituants
à l'obtention du produit fini



Le béton passe par une phase plastique



Se plie à la volonté du concepteur



Possibilité infinie de création de formes par moulage

Richesse d'aspects (texture, couleur)



Mise en valeur par de **larges possibilités**
de **composition** du béton et des **techniques**
de **traitement de surface**



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CARACTÉRISTIQUES DES VOIRIES BÉTON

Le béton : matériau esthétique

Variété des formes, matériau plastique moulable



Le béton épouse toutes les formes urbaines possibles

Diversité des aspects, matériau « souple »



Le béton se prête aisément au jeu des teintes et des couleurs

Richesse des textures



Matériau se prêtant à de multiples traitements de surface, allant du lisse au rugueux



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CARACTÉRISTIQUES DES VOIRIES BÉTON

Le béton : performances taillées sur mesure pour l'usage urbain

Solidité à toute épreuve

Au poinçonnement, à la chaleur, au froid, à l'érosion

Rigidité et indéformabilité

Réduction des épaisseurs des structures

Excellente tenue à la fatigue

Durabilité accrue

Entretien réduit



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CARACTÉRISTIQUES DES VOIRIES BÉTON

Le béton : matériau écologique

Matériau fabriqué et mis en œuvre à froid

Matériau « caméléon » → Excellente intégration dans l'architecture et les paysages locaux

Matériau recyclable → Après concassage, utilisation comme granulats



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

CARACTÉRISTIQUES DES VOIRIES BÉTON

La voirie béton : une technique codifiée

NF P 98-170 : Chaussées en béton coulé en place. Exécution et contrôles

NF P 98-335 : Chaussées urbaines : mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle

NF EN 206-1 : Bétons - Béton Prêt à l'Emploi

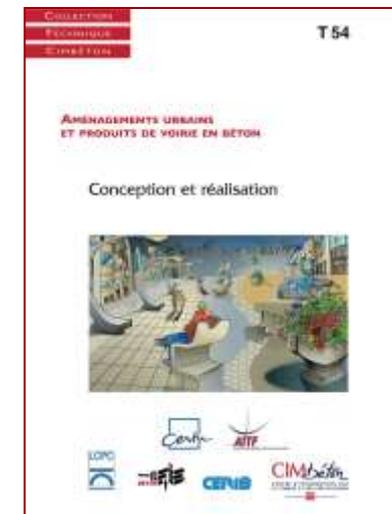
Fascicule 29 du CCTG : Exécution des revêtements de voiries et espaces publics en produits modulaires

NF EN 1338 : Pavés en béton

NF EN 1339 : Dalles en béton

Aménagements urbains et produits de voirie en béton :
conception et réalisation - Collection CIMPÉTON réf. T54

VOIRIB : Logiciel de dimensionnement des chaussées revêtues
de pavés ou de dalles de béton - CERIB



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

PANORAMA DES TECHNIQUES

Les applications

Béton désactivé

➤ Bétonnage et talochage du revêtement

➤ Pulvérisation du retardateur de prise de surface

➤ Lavage du revêtement



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

PANORAMA DES TECHNIQUES

Les applications

Béton imprimé

- Bétonnage
- Talochage
- Application des moules



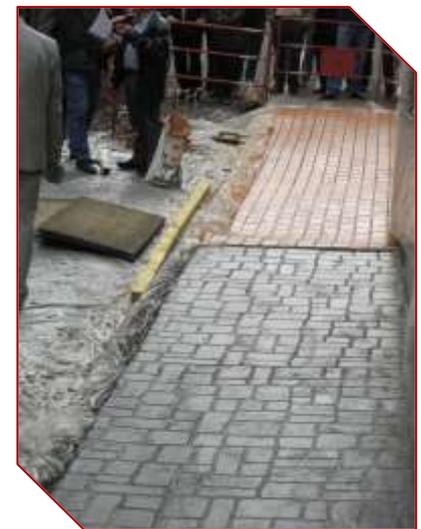
1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

PANORAMA DES TECHNIQUES

Les applications

Béton imprimé

➤ Impression par pochoirs



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

PANORAMA DES TECHNIQUES

Les applications

Béton coloré

➤ **Propriétés** : béton décoratif obtenu

- Par un choix judicieux des composants : granulats, ciment, fines
- Par l'ajout éventuel d'un colorant de synthèse

Propose une large palette de couleurs : rouge, ocre, jaune, noir, vert

➤ **Précautions à prendre**

- Régularité de teinte des constituants, en particulier des éléments fins
- Bonne homogénéité du mélange
- Propreté des coffrages
- Aucun rajout d'eau

➤ **Domaines d'emploi**

- Éléments de bâtiments ou d'ouvrages d'art : voiles de façade, poteaux, ponts...
- Ouvrages d'aménagement public ou privé : rues piétonnes, cours d'école, terrains de tennis...



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

PANORAMA DES TECHNIQUES

Les applications

Béton bouchardé

➤ Définition

Boucharde → Sorte de marteau, manuel ou pneumatique, garni de pointes de diamant

➤ Propriétés

Béton de parement, sur lequel est appliqué, après durcissement complet, un traitement à la boucharde
→ Faire éclater les granulats de surface

Aspect final du béton → Dépend de la dureté des granulats et du nombre de pointes de la boucharde

➤ Domaines d'application

Éléments de bâtiments ou d'aménagements urbains



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

PANORAMA DES TECHNIQUES

Les applications

Béton hydrosablé

Traitement du béton durci à l'aide d'un jet à haute pression d'un mélange sable/eau



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

PANORAMA DES TECHNIQUES

Les applications

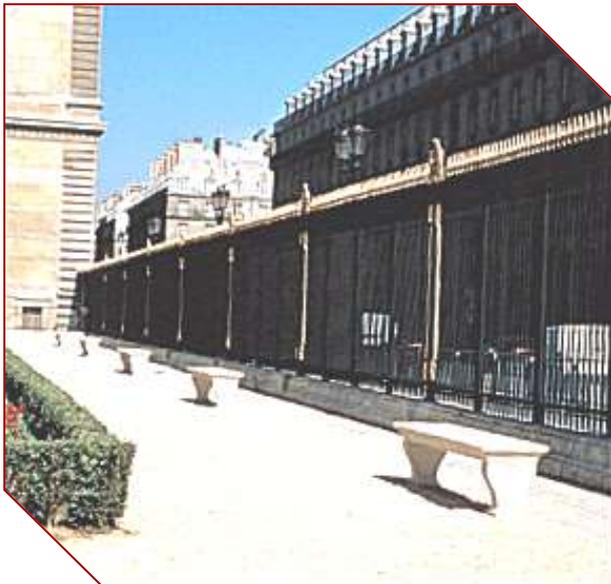
Aménagement en pavés,

dalles et mobilier urbain en béton

Lisibilité de l'espace

Textures

Couleur et formes



1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

PANORAMA DES TECHNIQUES

Les applications

Chaussées réservoir

En béton poreux ou en béton drainant

Matériaux perméables :

- Pour lutter contre les inondations, le bruit et la pollution des cours d'eau
- Pour préserver l'environnement



Mise en œuvre du béton drainant



Aspect fini du béton drainant

Démonstration des capacités d'absorption du béton drainant

1.0.0 Conception, spécificité et panorama des techniques

PANORAMA DES TECHNIQUES

Les applications

Les chaussées réservoirs
face aux exigences urbaines

EXIGENCES	SOLUTIONS BETON	AVANTAGES DU BETON
Réduction des nuisances à la mise en œuvre	Béton coulé en place Pavés et dalles de béton	Mise en œuvre à froid, sans compactage
Structuration de l'espace lisibilité et sécurité	Béton coulé en place Pavés et dalles de béton	Possibilité illimitée en matière de formes, de couleurs et de textures
Lutte contre le bruit, les inondations et la pollution	Chaussées réservoirs en béton	Porosité élevée et durable Stabilité
Prise en compte des contraintes urbaines (seuils urbains, espace disponibilité réduit)	Béton coulé en place	Plasticité Moulabilité Performances mécaniques
Prise en compte des interventions sous voiries	Pavés/dalles béton	Démontabilité facile