

REVÊTEMENTS DE PAVÉS EN BÉTON

Conception - Mise en œuvre

Compte tenu du développement et du succès croissant des produits en béton de petite taille, le présent bulletin a pour objet de décrire la manière adéquate de les utiliser. Des prescriptions concernant la pose des pavés s'imposent non seulement pour les pavés classiques, mais également pour la plupart des pavés décoratifs de dimensions variées qui, eux aussi, peuvent être fournis sous le label BENOR. De plus, les impositions concernant les pavages ont été considérablement élargies dans les nouveaux cahiers des charges types.

Les recommandations énumérées dans le présent bulletin ont pour objectif principal de dispenser une information claire sur la mise en œuvre correcte et durable des pavés en béton, de manière simple, rapide et économique.

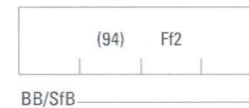
Avant de traiter de la pose des pavés proprement dite, nous rappelons brièvement les principales phases de la conception, car la bonne exécution d'un pavage commence toujours par une bonne conception.

Pour ce qui concerne le choix des pavés, il y a lieu d'opter, de préférence, pour des pavés qui satisfont à la norme NBN B21-311 «Pavés en béton» (cfr. Dossier Ciment, bulletin n° 6) et qui portent la marque BENOR. Ils constituent la meilleure garantie de qualité des pavés et partant, la meilleure protection de l'utilisateur.

DOSSIER CIMENT

8
avril 1996

revêtement de route
pavé en béton



CONCEPTION

Un revêtement en pavés de béton se compose généralement des divers éléments repris schématiquement à la figure 1.

Le comportement d'un pavage est avant tout déterminé par la qualité de la fondation. Sur des sols peu portants, une sous-fondation doit de plus être prévue.

Un élément de contrebutage en rive du revêtement est toujours nécessaire, d'une part pour bloquer les pavés et d'autre part pour empêcher la dispersion des matériaux de la couche de pose.

La couche de pose est caractéristique d'un revêtement en pavés : elle est placée comme couche de profilage sur la fondation et sert d'assise aux pavés.

Les joints ne sont remplis qu'après compactage des pavés.

Le tableau ci-contre donne quelques exemples de sections types recommandées en fonction des caractéristiques du trafic escompté (importance et fréquence de la charge) et de la portance du sous-sol. Les pavés dont l'épaisseur est inférieure à 80 mm sont généralement réservés aux zones exclusivement piétonnes.

Les pavés profilés (type B : pavés en béton à emboîtement, cfr. la norme NBN B21-311) permettent de mieux amortir les sollicitations provenant du freinage et des manœuvres des voitures et des camions. Il est conseillé d'opérer le choix d'un type de pavé profilé en concertation avec le fabricant (écarts dimensionnels admissibles, appareils de pose possibles, disponibilité des pièces accessoires, possibilité de réaliser des courbes, ...)

La conception d'un revêtement en pavés de béton suppose que les contrebutages, filets d'eau, points singuliers, ralentisseurs de trafic, ... (fig. 2) soient correctement détaillés sur les plans d'exécution. De même, l'écoulement aisé des eaux de surface (pente minimale de 2,5 %) et le drainage de la couche de pose constituent chaque fois des critères non négligeables, surtout pour des pavages réalisés sur une fondation imperméable, en béton maigre par exemple.

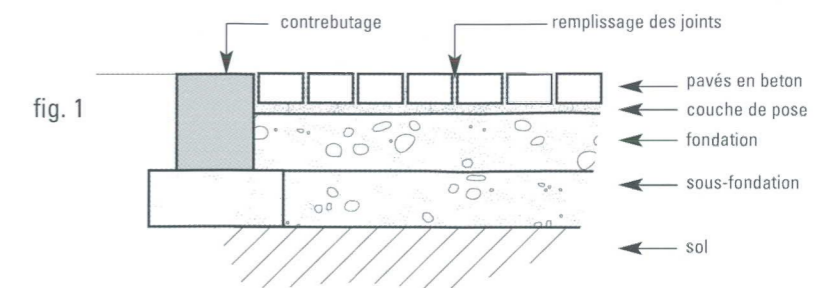
Les appareils de pose les plus courants sont représentés à la fig. 4. Les appareils à bâtons rompus, en arêtes de poisson et en épi sont moins sensibles aux déformations dues au trafic. De plus, la circulation y est moins bruyante que sur des pavés posés en appareils à joints alternés.

Remarque :
En cas de charges exceptionnellement élevées, comme sur les zones de stockage de containers et les revêtements d'aéroports, et pour les pavages perméables (c.-à-d. lorsque les eaux de surface peuvent s'infiltrer dans le sol à travers et entre les pavés), il y a en principe lieu d'appliquer d'autres sections types et détails que ceux mentionnés ici.

(*) Types de pavés: A = pavés rectangulaires
B = pavés profilés
C = pavés spéciaux (généralement appelés pavés "décoratifs")

Pour plus de détails: voir Dossier Ciment Bulletin n° 6 "Pavés en béton"

(**) CBR = California Bearing Ratio (indice déterminé par l'essai décrit dans la norme américaine AS 1M D 1883)



EXEMPLES DE SECTIONS TYPES RECOMMANDÉES

CIRCULATION	SOUS-SOL	STRUCTURE du PAVAGE
0 (piétons exclusivement)	sol graveleux ou sableux, sol fin sec	<ul style="list-style-type: none"> - pavés en béton : type A, B ou C (*) (h=6 ou 7 cm) - couche de pose : (3-4 cm) - sous-sol compacté
	sol fin humide (< 0,2 mm)	<ul style="list-style-type: none"> - pavés en béton : type A, B ou C (h=6 ou 7 cm) - couche de pose : (3-4 cm) - fondation : 10-15 cm d'empierrement, de sable ou de sable/ciment (100 kg de ciment/m²) - sous-sol compacté
I (piétons, cyclistes, circulation légère limitée)	sol graveleux ou sableux, sol fin sec	<ul style="list-style-type: none"> - pavés en béton : type A, B ou C (h=8 cm) - couche de pose : (3-4 cm) - fondation : 15 cm d'empierrement, de sable ou de sable/ciment (100-150 kg de ciment/m²) - sous-sol compacté
	sol fin humide (< 0,2 mm)	<ul style="list-style-type: none"> - pavés en béton : type A, B ou C (h=8 cm) - couche de pose : (3-4 cm) - fondation : 18 cm d'empierrement ou 15 cm de fondation liée au ciment (100-150 kg de ciment/m²) - sous-sol compacté
II (circulation légère, circulation lourde limitée)	sol portant (CBR ≥ 15%) (**)	<ul style="list-style-type: none"> - pavés en béton : type A ou B (h=8 ou 10 cm) - couche de pose : (3-4 cm) - fondation : 18-20 cm d'empierrement ou 15 cm de fondation liée au ciment (100-150 kg de ciment/m²) - sous-sol compacté
	sol non portant (CBR < 15%)	<ul style="list-style-type: none"> - pavés en béton : type A ou B (h=8 ou 10 cm) - couche de pose : (3-4 cm) - fondation : 25 cm d'empierrement ou 18-20 cm de fondation liée au ciment (100-150 kg de ciment/m²) - matériaux insensibles au gel - sous-sol compacté
III (circulation lourde)	sol portant (CBR ≥ 30%)	<ul style="list-style-type: none"> - pavés en béton : type A ou B (h=10,12 ou 13 cm) - couche de pose : (3-4 cm) - fondation : béton maigre (18-20 cm) - matériaux insensibles au gel - sous-sol compacté
	sol non portant (CBR < 30%)	<ul style="list-style-type: none"> - pavés en béton : type A ou B (h=10,12 ou 13 cm) - couche de pose : (3-4 cm) - fondation : béton maigre (15-20 cm) - sous-fondation : 12-15 cm de sous-fondation liée au ciment (100-150 kg de ciment/m²) - sous-sol compacté

TRAVAUX PRÉPARATOIRES

Sous-sol :

Un drainage approprié du sous-sol (évacuation des eaux de pluie et des eaux souterraines) favorise le bon comportement du revêtement. Avant de poser la sous-fondation et la fondation, le sous-sol doit être asséché et correctement compacté.

Fondation :

En règle générale, il est conseillé d'utiliser des matériaux liés au ciment afin d'éviter les déformations. La mise en place peut généralement être réalisée de la même façon que pour les fondations usuelles des routes. Cependant, il faut parfois tenir compte de l'utilisation de machines de compactage légères.

En cas de fondations en empièremments, très courantes de nos jours, il y a lieu d'empêcher la ségrégation des matériaux. Une granulométrie continue, et composée de granulats relativement fins (max. 32 mm ou 20 mm) est conseillée.

La surface de la fondation doit être plane et présenter une structure fermée. Il est absolument nécessaire :

-d'éliminer les inégalités supérieures à 1,5 cm. Généralement, les prescriptions n'autorisent que des inégalités de 1 cm au maximum, mesurées à la règle de 3 m.

-de prévoir la pente nécessaire. Les pavages ont habituellement une pente minimale de 2,5 %.

Une couche de pose d'épaisseur uniforme ne pourra être réalisée ultérieurement qu'en respectant ces principes de base.

Contrebutage :

Pour des raisons pratiques, les contrebutages sont placés avant la couche de pose et souvent même avant la mise en œuvre de la fondation.

Il y a lieu de tenir compte des écarts dimensionnels admissibles des pavés fournis. Par une légère adaptation de la largeur à recouvrir, on évite aussi beaucoup de découpes et de sciages...

COUCHE DE POSE

Le bon comportement des pavés en béton dépend en grande partie de la qualité de la couche de pose. Une couche de pose sert d'une part à compenser les petites inégalités de la fondation et éventuellement une légère variation d'épaisseur des pavés, et d'autre part à vibrer et à fixer correctement les pavés.

La couche de pose idéale est donc une couche quelque peu élastique et stable, avec une épaisseur uniforme comprise entre 3 et 4 cm après compactage, qui ne se laisse déformer ni par le trafic, ni par les variations d'humidité. Dans la majorité des cas, elle est relativement perméable de manière à empêcher la stagnation d'eau entre les pavés et la fondation. Elle a donc aussi une fonction drainante.

En cas de fondation imperméable en béton maigre, l'eau risque de s'accumuler dans la couche de pose. Un système de drainage adéquat placé au point bas (fig. 2c) pourra empêcher la saturation.

Matériaux pour la couche de pose :

Compte tenu des exigences précitées, les matériaux suivants sont préconisés:

-Pour les rues et places courantes à trafic modéré, un mélange bien gradué de sable gros 0/4 peut être utilisé. Il contiendra de préférence moins de 3 % d'éléments inférieurs à 80 µm.

-Pour les revêtements soumis à un trafic relativement lourd, comme les voiries urbaines, il est conseillé d'utiliser du sable de pavage amélioré. Ainsi, ces dernières années, des mélanges composés d'environ 40 % de sable concassé 0/2 et de 60 % de pierraille 2/7 ou 2/4, dont la teneur totale en fines doit également être limitée à 3 %,

sont couramment appliqués avec succès.

-Pour obtenir une plus grande stabilité de la couche de pose, un sable stabilisé au ciment est parfois utilisé, notamment pour la construction de ralentisseurs de trafic, de routes à fortes pentes, mais aussi d'arrêts d'autobus, ... Dans ce cas, toute dessiccation du mélange doit être évitée; les pavés doivent être vibrés immédiatement après la mise en place de la couche de pose, et en tout cas avant le début de la prise du mélange. Généralement, un minimum de 100 kg de ciment par m³ est préconisé. Pour le trafic lourd, le sable stabilisé doit être réalisé à partir de sable gros (0/4).

Mise en œuvre de la couche de pose :

Si la couche de pose est mise en œuvre sur une fondation en empièrement, la face supérieure de celle-ci doit être de structure bien fermée, ce qui peut être éventuellement obtenu par la vibration d'un matériau fin et/ou par lavage. Sans quoi, des inégalités pourront apparaître par la suite dans le revêtement. Pour obtenir une couche de pose d'épaisseur uniforme de 3 à 4 cm après compactage, il y a généralement lieu d'appliquer une couche de 4 à 5 cm de matériaux non compactés, en fonction de leur nature et de leur taux d'humidité.

La couche de pose proprement dite n'est habituellement pas directement compactée. Toutefois, un compactage indirect se produit lors de la vibration des pavés placés. La pose de pavés sur une couche de pose préalablement vibrée peut causer des dégradations aux pavés lors de la vibration finale.

Dans certains cas, une couche de pose plus épaisse est nécessaire, par exemple comme couche de reprofilage de fondations ou revêtements existants. Lors de l'emploi de certains matériaux, comme des mélanges ternaires ou des sables stabilisés, une partie de la couche de pose doit alors être préalablement compactée. Il convient toutefois d'ajouter sur celle-ci une couche de 15 à 20 mm de matériaux non compactés pour reprendre les petites inégalités d'épaisseurs des pavés.

Signalons cependant qu'une couche de pose épaisse est déconseillée pour les revêtements soumis à de lourdes charges.

POSE ET FINITION DU PAVAGE

Il s'agit ici de la mise en place des pavés en béton l'un à côté de l'autre et de leur serrage sur la couche de pose.

Mise en place des pavés en béton:

Grâce à leur forme régulière, les pavés en béton sont le plus souvent posés bord à bord sur une couche de pose profilée.

En principe, les pavés sont placés de manière à obtenir des joints fermés inférieurs à 2 mm. Cependant, l'ouverture réelle des joints est influencée par la forme des pavés et par l'appareil de pose choisi. Si certains appareils de pose à lignes directrices marquées sont utilisés, il est opportun de contrôler régulièrement l'alignement des pavés avec une ficelle pour pouvoir apporter les corrections nécessaires.

Il est recommandé d'utiliser des pavés de différents paquets afin d'éviter des variations de teintes trop importantes. La pose s'effectue au départ des pavés déjà placés de façon à ne pas endommager la couche de pose. Normalement, elle commence par les bords, de préférence par des pavés entiers. Les ouvertures sont fermées par la suite au moyen de pavés sciés sur mesure et non cassés, si possible de dimensions supérieures à un demi pavé (fig. 3b).

La pose mécanique peut augmenter le rendement (jusqu'à 300 m² par homme par jour) et ainsi réduire le coût de la pose. Des accords clairs avec le fabricant en matière d'appareils de pose, d'ouvertures de joints, de raccordements, ... sont alors indispensables. Les pavés spéciaux de formes irrégulières sont posés un par un avec des joints relativement importants.

Pour éviter toute accumulation d'eau sur les rives, les pavés doivent être placés de telle façon que leur niveau dépasse celui des bordures (ou des filets d'eau) de 5 à 10 mm après le compactage. Autour des points singuliers, tels que les chambres de visite, on placera d'abord une ou deux rangées de pavés entiers, ou un micro-béton de haute qualité (fig. 2h, 2i, 3c).

Le raccordement des revêtements en pavés de béton aux revêtements monolithes en béton ou en asphalte requiert une attention particulière (fig. 2k, 2l).

Serrage des pavés en béton et remplissage des joints

Après le remplissage des ouvertures éventuelles, les pavés sont serrés au moyen d'une plaque vibrante équipée d'une semelle en caoutchouc ou en résine. Les pavés sont ainsi vibrés dans la couche de pose, et les inégalités sont éliminées.

Avant d'entamer la vibration, la surface des pavés et la plaque vibrante doivent être nettoyées. La vibration s'effectue toujours du bord vers le milieu du revêtement. L'opérateur veillera cependant à ne pas s'approcher à plus d'un mètre de la zone de pose.

La planéité du revêtement est mesurée au moyen d'une règle de 3 m. Les inégalités de plus de 5 mm ne sont pas admises et doivent être éliminées en remplaçant les pavés.

La différence de hauteur entre deux pavés adjacents ne peut normalement pas excéder 2 mm. Cette règle s'applique particulièrement aux pavés sans chanfrein : la lumière rasante fera en effet apparaître la plus infime des inégalités.

Les éventuels pavés endommagés sont immédiatement remplacés.

Après quelques passages de la plaque vibrante, du sable fin sec 0/1 contenant moins de 10 % de fines inférieures à 80 µm, ou du sable concassé est balayé dans les joints. Pour certains pavages décoratifs où les joints peuvent être relativement larges (> 3 mm), l'usage de sable concassé 0/2 ou d'un mélange ternaire de sable est conseillé.

Les joints encore plus larges (> 5 mm) sont le plus souvent remplis de mortier de ciment. Par temps sec, il est alors souhaitable d'humidifier le pavage durant quelques jours de manière à garantir la durabilité du remplissage ou le protéger de la dessiccation au moyen d'une feuille plastique.

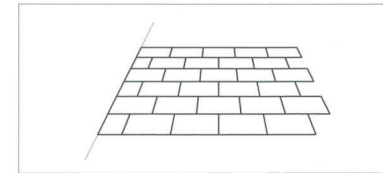
L'ajout de sable et les vibrations sont répétés jusqu'à ce que les pavés soient complètement fixes. Pour faciliter le remplissage des joints par temps humide, le sable y est parfois introduit par arrosage. Si le pavage est soumis à un trafic relativement lourd, un compactage complémentaire s'avère souvent utile. Il s'effectue au moyen d'un rouleau compacteur à pneus d'au moins 10 tonnes, une fois toutes les opérations susmentionnées exécutées.

Enfin, il est toujours conseillé de remettre du sable fin dans les éventuels joints mal remplis quelques semaines après la mise en service de la chaussée. Par la suite, il peut être utile d'inspecter les joints et, le cas échéant, de parfaire le remplissage.

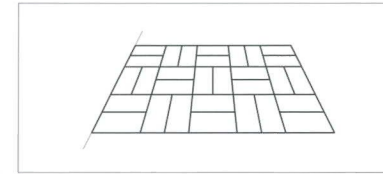
Mise en service :

La circulation est permise sur les pavages immédiatement après la pose et le serrage. Toutefois, lorsque la couche de pose est constituée de sable stabilisé, par exemple à hauteur de ralentisseurs de trafic et de passages pour piétons, il est conseillé d'interdire le trafic lourd pendant quelques jours.

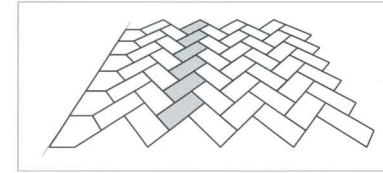
Sur des pavés relativement jeunes qui sont placés en automne, il y a lieu d'éviter de déverser des sels de déverglaçage durant les 6 premières semaines suivant la pose.



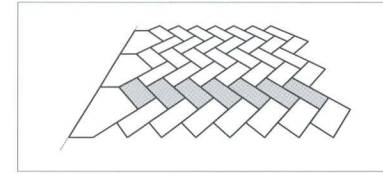
4a: Appareil à joints alternés



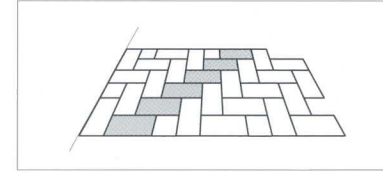
4b: Appareil à pavés couplés



4c: Appareil en arêtes de poisson

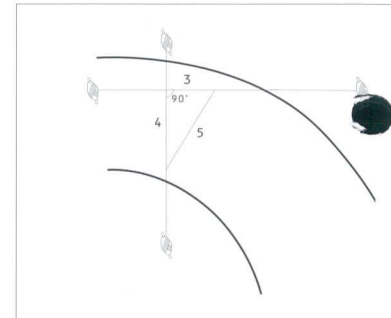


4d: Appareil à bâtons rompus



4e: Appareil en épi

fig. 4 - Appareils de pose



5a: Jalonnement d'un angle droit (nécessaire en cas de surface irrégulière)

fig. 5 - Ordre de pose

3a: Phase d'exécution

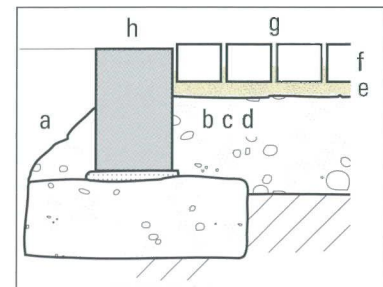
STRUCTURE :

- ① sous-sol compacté
- ② contrebutage
- ③ fondation
- ④ couche de pose
- ⑤ filet d'eau
- ⑥ pièces accessoires (p.ex. : mitres, chap)
- ⑦ pavés entiers, posés suivant appareil
- ⑧ pavés sciés sur mesure
- ⑨ nettoyage et vibration
- ⑩ remplissage des joints

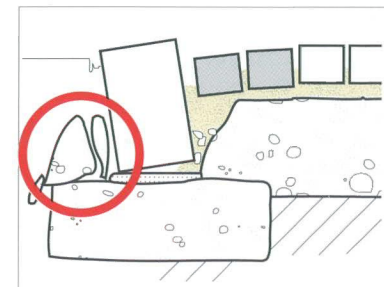
CONTRÔLES À EFFECTUER

- ① distance entre contrebutages
- ② pente et planéité de la fondation
- ③ épaisseur de la couche de pose
- ④ alignement des pavés, planéité du pavage
- ⑤ remplissage des joints

fig. 7 - Mise en œuvre correcte et ...



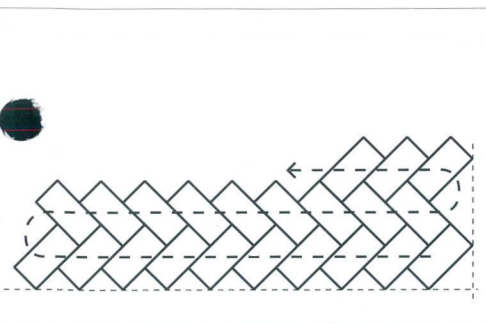
... ce qu'il faut éviter (7a - 7h)



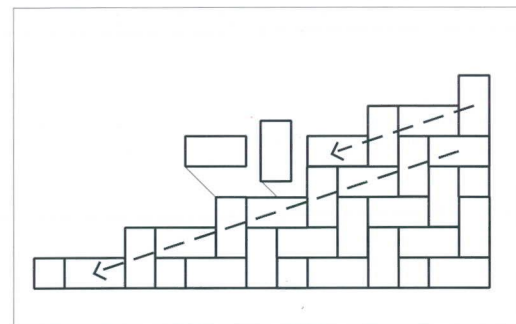
7a: Contrabutage instable



7b: Contrabutage instable

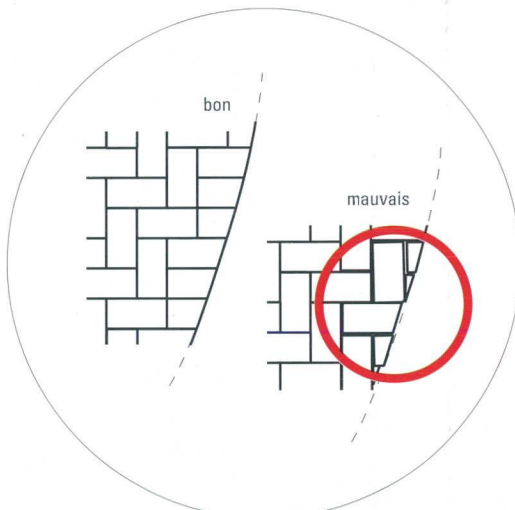
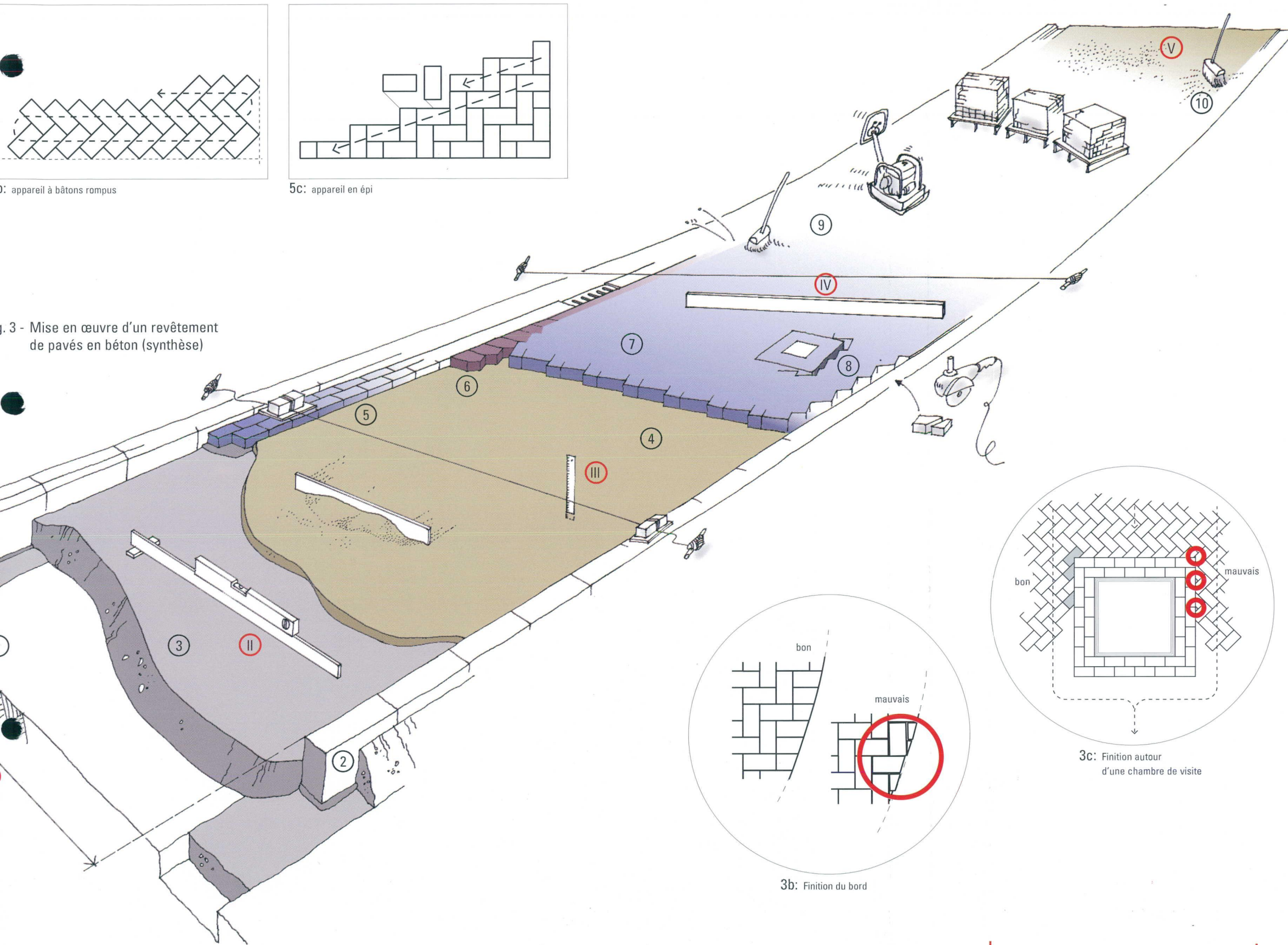


5C: appareil à bâtons rompus

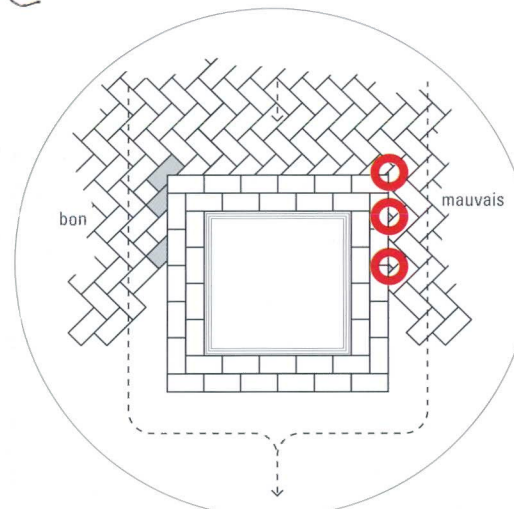


5C: appareil en épi

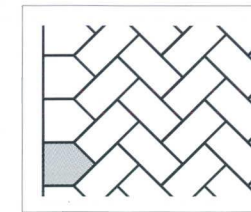
fig. 3 - Mise en œuvre d'un revêtement de pavés en béton (synthèse)



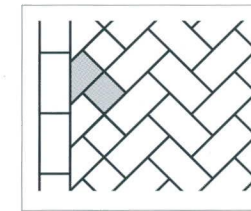
3b: Finition du bord



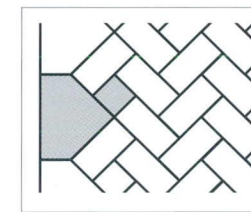
3c: Finition autour d'une chambre de visite



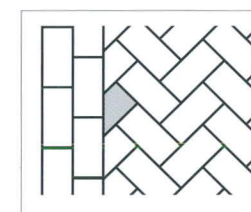
6a: Chapelles



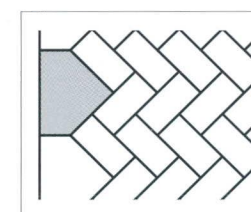
6b: Demi-pavés



6c: Demi-pavés et mitres



6d: Pavés sciés



6e: Mitres

fig. 6 - Rives

PAVÉS COLORÉS EN BÉTON

Les pavés colorés ne sont pas uniquement choisis pour des raisons esthétiques. Des considérations fonctionnelles peuvent servir de lignes directrices dans le choix des coloris, par exemple :

- Les pavés gris ordinaires, ou de préférence gris foncés, ou les pavés de couleurs plutôt neutres (éventuellement nuancées), rouge-brun, bruyère et rouge-noir sont les plus indiqués pour les voies carrossables.

- Les carrefours surélevés (plateaux) requièrent des couleurs plus vives, par exemple rouge foncé, combinées à des pavés noirs et des pavés blancs pour le marquage.

- En vue d'éviter les malentendus, des pavés de couleur rouge (clair) devraient principalement être utilisés pour les pistes cyclables.

- Les pavés plus foncés, en béton noir, éventuellement fabriqués au moyen de granulats noirs, conviennent parfaitement pour les ralentisseurs de trafic, parkings et arrêts d'autobus. A ces endroits, particulièrement susceptibles d'être souillés par des taches d'huile, les pavés clairs sont déconseillés. Il en va de même pour les filets d'eau, où des salissures peuvent se déposer.

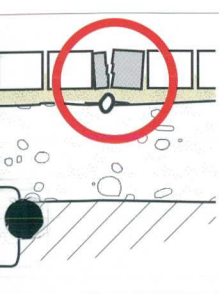
- Les couleurs claires (gris clair, blanc cassé, sable, jaune, ocre, rouge clair, ...) conviennent surtout pour les revêtements de zones piétonnes : trottoirs, rues et places.

Lorsque les cahiers des charges contiennent des prescriptions complémentaires relatives aux coloris, il est toujours utile de suivre les directives des fabricants ou des fournisseurs. Certains coloris sont désignés par des cartes ou codes de coloris. Il est conseillé de ne pas entamer le chantier avant que des échantillons n'aient été approuvés. Lors de la pose de revêtements de pavés colorés, les mêmes règles de base que celles des pavés ordinaires sont bien entendu d'application.

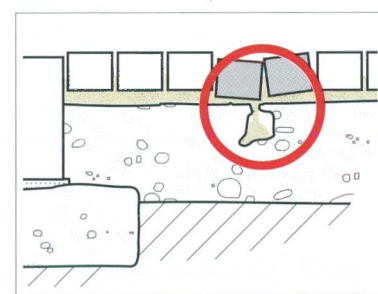
Mise en œuvre des pavés colorés en béton

Les petites variations admissibles dans les matières premières et les interruptions ou modifications de la production peuvent donner de légères différences de couleur quasiment inévitables. Ces différences seront plus marquées avec l'usage de pavés colorés plutôt qu'avec des pavés ordinaires. Il y a lieu d'en tenir compte si de grandes surfaces doivent être réalisées en un seul coloris. L'utilisation de coloris nuancés ou la combinaison avec des pavés plus foncés constitue une solution possible.

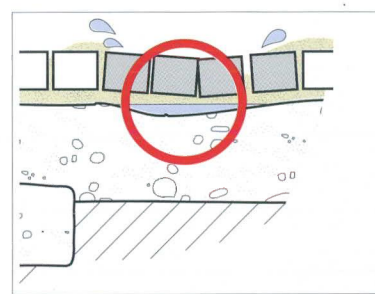
Inversement, soulignons que les petites variations de couleurs s'estompent au fil du temps. Lorsqu'un effet décoratif durable basé sur les couleurs est souhaité, les contrastes doivent être suffisamment prononcés. Des variations de formes et d'appareils de pose peuvent être utilisées pour accentuer les motifs de couleurs. Enfin, les discontinuités dans les couleurs et dans les formes de pavés permettent parfois de corriger de légers défauts de sinuosité.



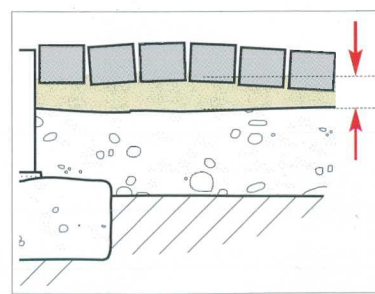
à la fondation



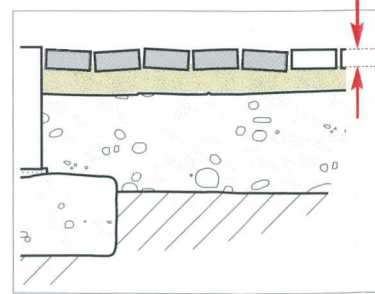
7c: Compactage insuffisant ou porosité de la fondation



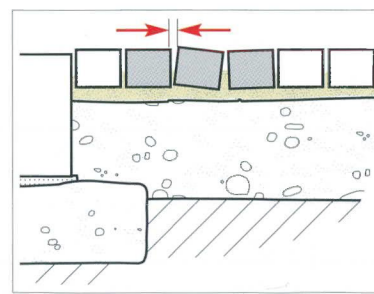
7d: Eau stagnante sur fondation imperméable



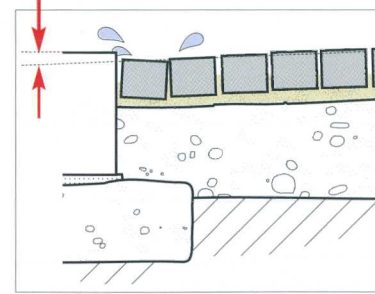
7e: Couche de pose trop épaisse



7f: Epaisseur des pavés trop petite par rapport aux charges

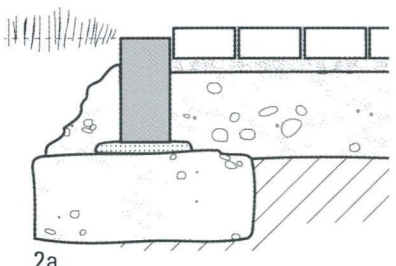


7g: Joints trop larges

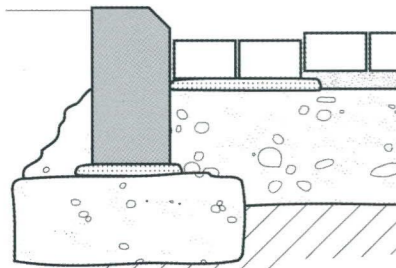


7h: Eau stagnante sur le point bas du pavage

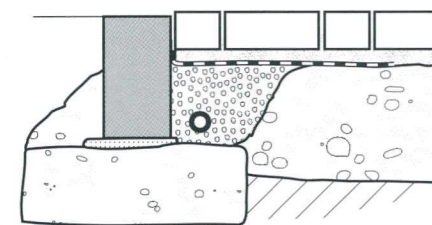
Contrebutage



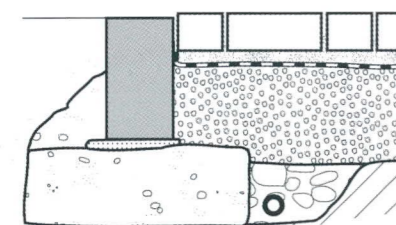
2a



2b: avec filet d'eau

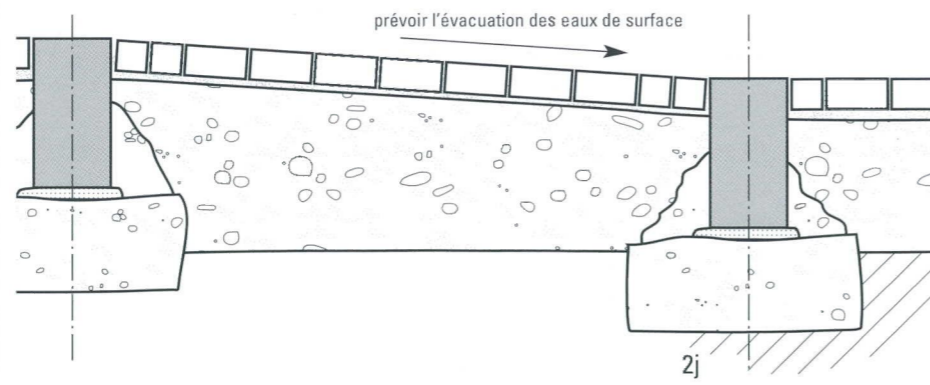


2c: peut être combiné avec 2a ou 2b

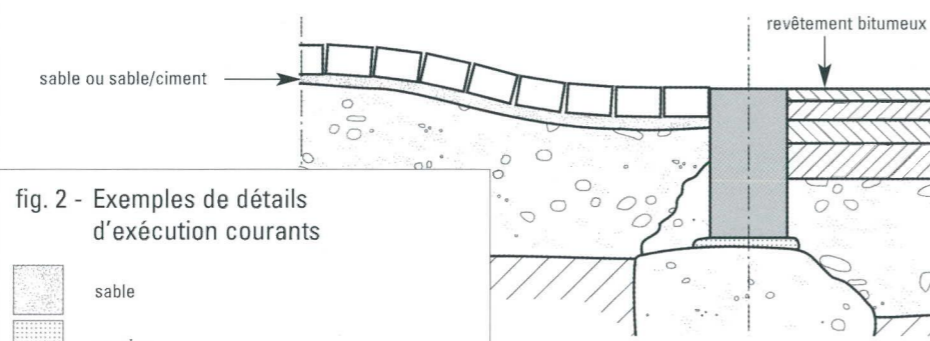


2d: uniquement pour pentes < 2%

Plateaux et ralentisseurs



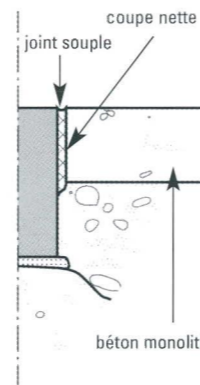
2j



2k

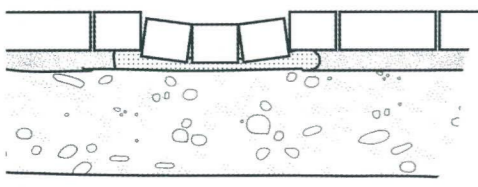
fig. 2 - Exemples de détails d'exécution courants

- sable
- mortier
- béton
- béton maigre / empierrement
- béton poreux
- gravillons
- micro-béton
- élément en béton préfabriqué
- drain
- géotextile

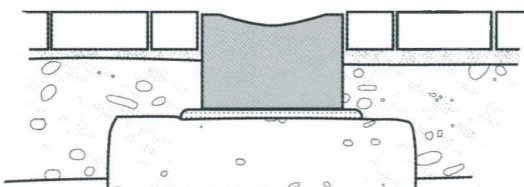


2l

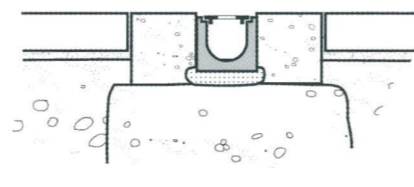
Canniveaux



2e

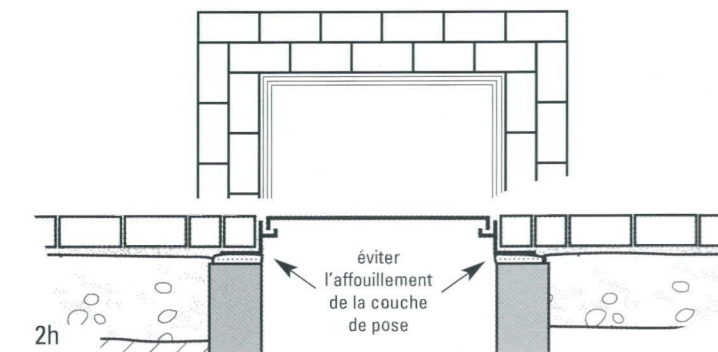


2f

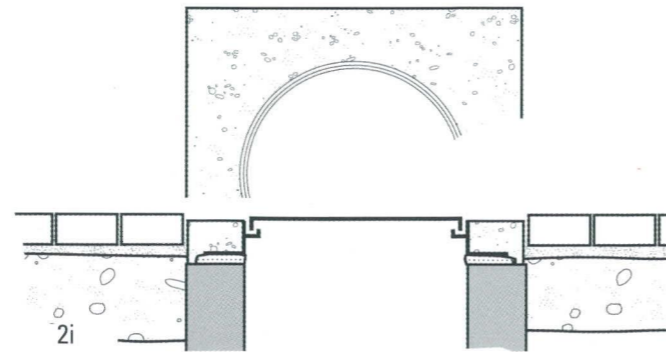


2g: choisir modèle et type en fonction des charges

Chambres d'inspection



2h



2i



ce bulletin est publié par :
 FEBELCEM - Fédération de
 l'Industrie Cimentière Belge
 rue César Franck 46
 1050 Bruxelles
 tél. (02) 645 52 11
 fax (02) 640 06 70
 e-mail : febelcem@febelcem.be

composition :
 Ir. arch. N. Naert
 en collaboration avec :
 Ir. L. Hendrikk
 Ir. A. Jasienski

éditeur responsable :
 J.P.Jacobs

dépôt légal :
 D/1999/0280/03
 (réimpression, avril 1999)

BIBLIOGRAPHIE

HENDRIKX L.
Recommandations pour la pose des pavés en béton
 Beton - Revue de la Fédération de l'Industrie du Béton,
 n° 122, 1993, p. 69-77

(Cet article a servi de base pour la rédaction du présent bulletin)

SHACKEL B.
Design and construction of interlocking concrete block pavements
 London and New York : Elsevier Applied Science, 1990, 229 pp.

- *Concrete block paving - Essential considerations*
 - *Concrete block paving - Installation*
 - *Concrete block paving - Detailing*
 Leicester : Interpave - The Concrete Block Paving Association,
Interpave Information Sheets, January 1991

Straatwerk vergeleken
 Ede : C.R.O.W. - publikatie nr. 78, 1993, 93 pp.

Beton-Bauteile für den Verkehrswegebau
 Bonn : Informationsstelle Beton-Bauteile [1994?], 120 pp.

photo: Cuy Laurent, Kijmenam

