



ASSOCIATION CANADIENNE DES MÉTIERS DE LA TRUELLE

LOCAL 100

8290, boul. Métropolitain Est

Anjou (Québec) H1K 1A2

Téléphone : 514 326-3691/ 1 888 326-3691

acmt@local100.ca

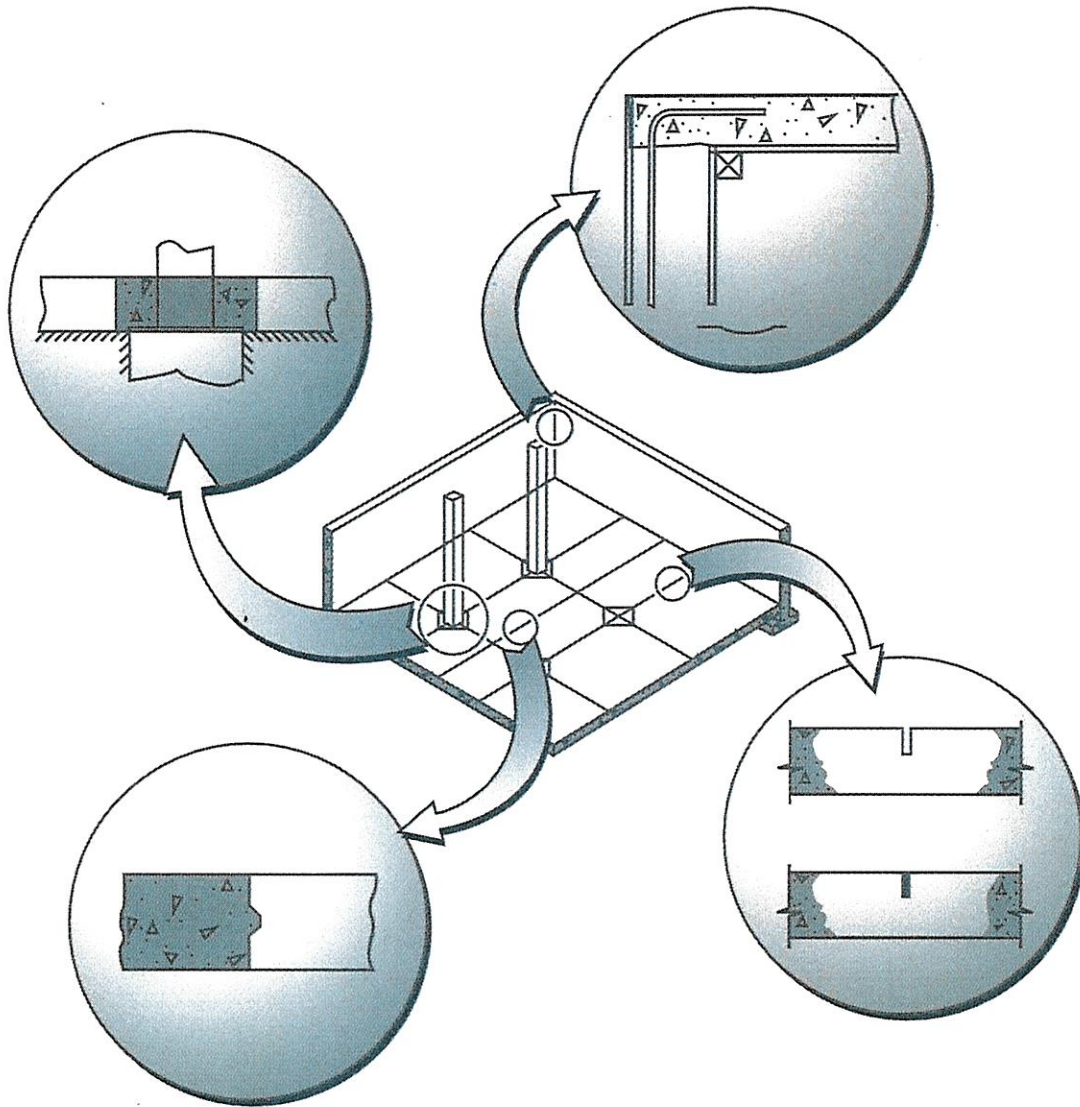
Examen CCQ Cimentier-Applicateur II



CIMENTIER-APPLICATEUR

RÉVISION DES NOTIONS THÉORIQUES

Fascicule 2 – Mise en œuvre des ouvrages de béton



Commission
de la construction
du Québec



FONDS DE FORMATION
DE L'INDUSTRIE
DE LA CONSTRUCTION

CEMEQ
CENTRE D'ÉLABORATION
DES MOYENS D'ENSEIGNEMENT
DU QUÉBEC

FASCICULE

2

CIMENTIER-APPLIQUEUR

Mise en œuvre
des ouvrages de béton

Responsable à la CCQ : Équipe de la formation
professionnelle

Expert consulté : Jean-Guy Lévesque

Responsable au CEMEQ : Stéphane Dupuis

Élaboration : Brigitte Fortin

Révision : Sylvie Dubé,
Marie-Hélène de la Chevrotière
Amélie Bibeau

Infographie : Éditech

Le CEMEQ remercie les entreprises et les organismes qui l'ont gracieusement autorisé à utiliser, à des fins pédagogiques, les illustrations et les textes tirés de leur documentation. Il tient aussi à remercier le sous-comité professionnel du métier de cimentier-applicateur.

Cimentier-applicateur

Fascicule 2 – Mise en œuvre des ouvrages de béton, 58 p.

Dans le présent document, la forme masculine désigne tout aussi bien les femmes que les hommes.

© Tous droits réservés, mars 2004

Les droits de reproduction, d'adaptation ou de traduction de ce guide sont la propriété exclusive de la CCQ, y compris la reproduction par procédé mécanique ou électronique. En conséquence, les contenus ne peuvent être utilisés sans l'autorisation écrite de la CCQ.

ISBN 2-89446-810-5

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2004

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Canada, 2004

DERNIÈRE ÉDITION : MAI 2007

Fascicule 2

AVANT-PROPOS

Cette activité de perfectionnement vise à permettre aux apprentis cimentiers-applicateurs d'assimiler de façon structurée les notions acquises sur le chantier. De plus, elle leur donne l'occasion de dresser le bilan de leurs connaissances et, s'il y a lieu, de planifier leur inscription à une activité de perfectionnement relative à une compétence donnée afin de compléter les apprentissages réalisés sur le chantier.

Le présent document est conçu pour être utilisé lors de séances de formation portant sur la révision des notions théoriques liées au métier de cimentier-applicateur. Sa conception permet d'assimiler la terminologie appropriée tout autant que les notions théoriques, ainsi que d'effectuer une synthèse des apprentissages réalisés dans l'exercice du métier.

Néanmoins, cet ouvrage ne traite pas de façon exhaustive des connaissances requises pour exercer le métier de cimentier-applicateur. Lors de son élaboration, des choix relatifs au contenu ont dû être faits en raison de la nature et de la durée de la formation. Des lectures supplémentaires sont donc nécessaires pour compléter les notions théoriques abordées dans ce document.

SOMMAIRE

BÉTONNAGE DE BÂTIMENT	1
Fondations, poutres et dalles	1
Escaliers	17
Exercice 1	20
BÉTONNAGE DES VOIES DE CIRCULATION	22
Chaussées et ponts	22
Bordures et trottoirs	27
Exercice 2	32
RÉPARATION DES OUVRAGES DE BÉTON	35
Types de dommages et causes	35
Procédures de réparation	37
Chapes de béton	40
AUTRES TECHNIQUES DE BÉTONNAGE	41
Crépi et stuc	41
Crépissage	41
Béton projeté	44
Exercice 3	45
ANNEXE A – SOLUTIONNAIRE	A-1

MISE EN ŒUVRE DES OUVRAGES DE BÉTON

Polyvalent et économique, le béton est l'un des matériaux de construction les plus utilisés dans le monde entier. Que ce soit pour le bétonnage de bâtiments ou d'infrastructures, le béton est un élément architectural de premier choix surtout en ce qui a trait à sa résistance et à sa durabilité.

BÉTONNAGE DE BÂTIMENT

Le béton est toujours une base solide! C'est pourquoi on l'utilise pour tous les types de bâtiments : commerciaux, industriels, institutionnels ou résidentiels.

FONDATIONS, POUTRES ET DALLES

Avant de procéder au bétonnage d'une dalle, d'une poutre ou d'une fondation, il faut vérifier l'état du sol, également appelé la fondation de l'ouvrage (à ne pas confondre avec la fondation d'un bâtiment) (figure 1), ainsi que l'état des coffrages (figure 2).

Figure 1 Vérifications selon le type de fondation de l'ouvrage

Type de fondation	Vérifications
Bétonnage sur fondation granulaire	– Sol humecté sur une profondeur d'environ 150 mm – Surface compactée (pour éviter que le sol soit modifié par la compaction du béton)
Bétonnage sur socle de roc	– Sol nettoyé à fond à l'aide d'eau ou d'air sous pression – Excès d'eau en surface retiré – Surface rugueuse (pour une meilleure adhérence du béton)
Bétonnage sur couche de béton	– Béton jeune : • Surface nettoyée à l'aide d'eau sous pression – Béton âgé : • Surface nettoyée au jet de sable ou à l'acide • Application d'une couche de liaison (coulis de ciment ou de mortier)



À chacun son poste : La pose des coffrages fait partie des tâches du charpentier-menuisier, et la pose de l'armature fait partie des tâches du ferrailleur.

Figure 2 Vérifications des éléments des coffrages

Éléments	Vérifications
Parois des coffrages	– Solides, propres et étanches – Enduites d'huile pour faciliter le décoffrage
Armature	– Propre (sans huile, rouille, boue, etc.) – Fixée de façon à ne pas bouger lors de la coulée – Acier attaché à l'aide de fils métalliques (pas de soudure) – Recouvrement adéquat des barres (distance entre la surface du béton et la face supérieure des barres)



Avant le bétonnage, il faut s'assurer que les conduits d'électricité, de plomberie et de plomberie ainsi que les boulons d'ancrage ont été mis en place. C'est aussi à ce moment que les joints de construction doivent être préparés.

Mise en place du béton

Lors de la mise en place du béton, plusieurs précautions doivent être prises pour éviter des problèmes, tels que la ségrégation, les défauts de surface, le manque d'adhérence entre les couches de béton, le déplacement ou l'endommagement des coffrages et de l'armature, etc.

De plus, lors du choix de l'équipement et des méthodes de mise en place, il faut toujours tenir compte des caractéristiques du chantier. Par exemple, pour le bétonnage des murs d'un bâtiment de grande hauteur, on peut employer une benne soulevée par une grue, alors que pour le bétonnage d'une dalle de plancher de grande dimension, on utilise plutôt un convoyeur.



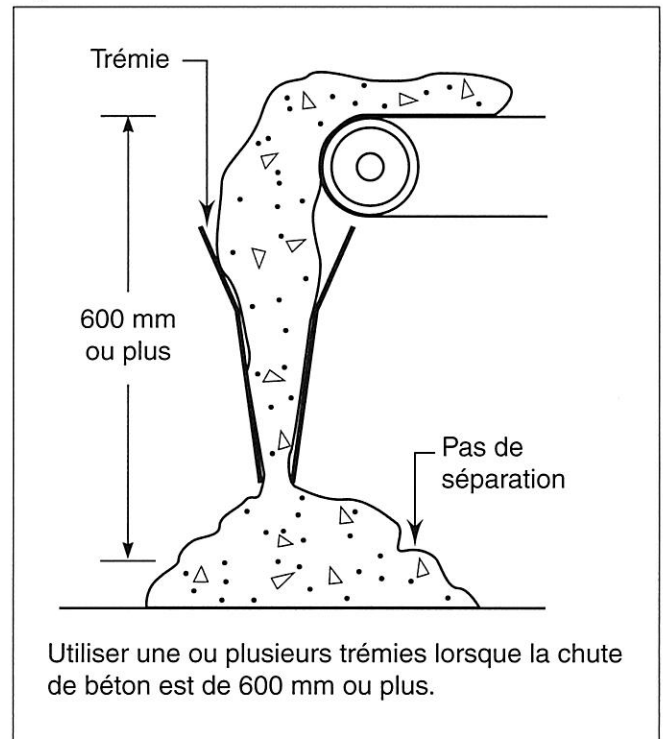
Tout comme la méthode de mise en place du béton influe grandement sur la qualité d'un ouvrage, l'utilisation d'un type de béton au dosage approprié contribue aussi au rendement de la structure. Le dosage doit être déterminé en fonction des caractéristiques et des exigences de l'ouvrage (résistance requise, degré d'exposition de la structure, budget alloué, matériaux disponibles, etc.).

Voici des conseils généraux concernant la mise en place du béton :

- Le mélange de béton doit être coulé le plus près possible de son emplacement final.

- Il ne faut pas laisser tomber le béton en chute libre sur plus de 600 mm (figure 3).
- Le béton doit être mis en place par couches horizontales; il faut qu'une couche soit consolidée avant d'y déposer la deuxième.
- L'épaisseur des couches varie selon la nature de l'ouvrage :
 - éléments de béton armé = de 150 à 500 mm;
 - éléments de béton non armé = de 380 à 500 mm.
- Lors du dépôt des couches subséquentes, le béton déjà mis en place doit encore être plastique (pour ne pas créer de joint froid).

Figure 3 Chute du béton



- Selon les conditions climatiques, il faut prendre certaines précautions (figure 4).

Figure 4 Effet de la température sur le bétonnage

	Effets	Précautions
Bétonnage par temps chaud (environ 30 °C)	- Évaporation de l'eau de gâchage - Diminution de la résistance (à long terme) - Durcissement prématuré du béton - Retrait	- Utiliser un adjuvant réducteur. - Réduire les délais de transport, de manutention, de mise en place et de finition. - Ajouter un adjuvant retardateur de prise. - Privilégier une méthode de cure limitant l'évaporation de l'eau de gâchage. - Découvrir aussitôt que possible. - Employer une eau très froide.
Bétonnage par temps froid (moins de 3 °C)	- Hydratation impossible (à moins de -4 °C) - Gel du béton frais entraînant une augmentation de son volume (à cause de la congélation de l'eau) et affaiblissant sa résistance - Temps de prise prolongé	- Chauffer les ingrédients du béton (maximum 75 °C). - Limiter la température minimale du béton à 5 °C. - Isoler ou chauffer l'ouvrage (lorsqu'on cesse de chauffer, limiter le refroidissement à 20 °C par période de 24 heures). - Ajouter des adjuvants accélérateurs de prise. - Corriger le dosage en employant des mélanges plus riches aux rapports E/C assez bas.

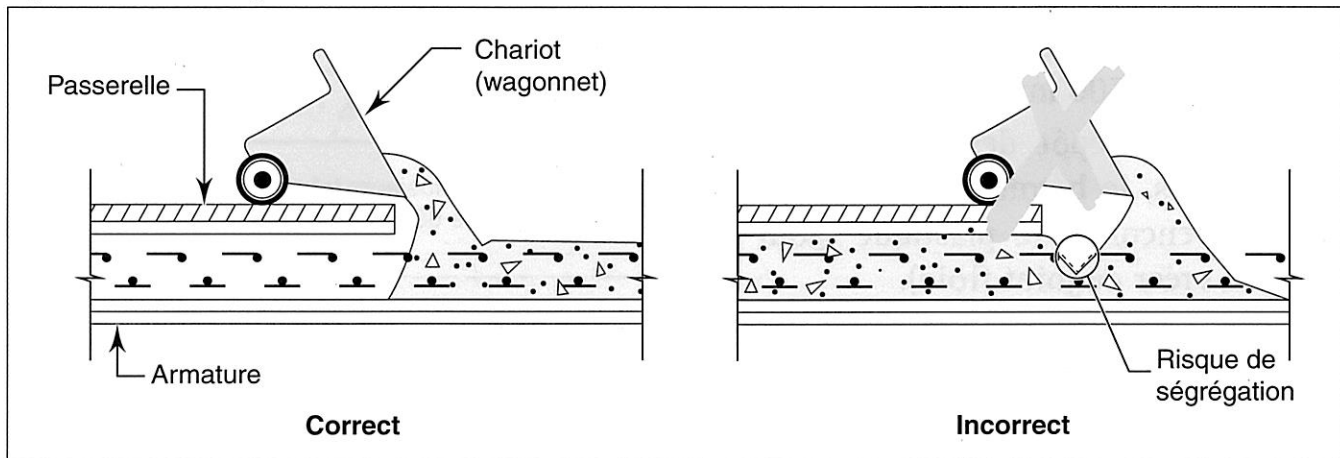


Il faut éviter tout contact prolongé entre la peau et du ciment non durci (humide) ou du béton frais. Il est donc prudent de porter des gants, des bottes de caoutchouc et autres vêtements protecteurs appropriés. Il faut nettoyer à grande eau toutes les parties de la peau qui ont été en contact direct avec du ciment non durci, du béton frais ou avec des vêtements qui en étaient imbibés.

Particularités du bétonnage des dalles

Lors du bétonnage de dalles, il faut déposer le béton contre le béton préalablement placé pour éviter la ségrégation (figure 5).

Figure 5 Bétonnage d'une dalle



Lorsque les travailleurs doivent couler des dalles de béton armé, il faut installer des passerelles afin de prévenir les chutes et de faciliter la manutention du béton.

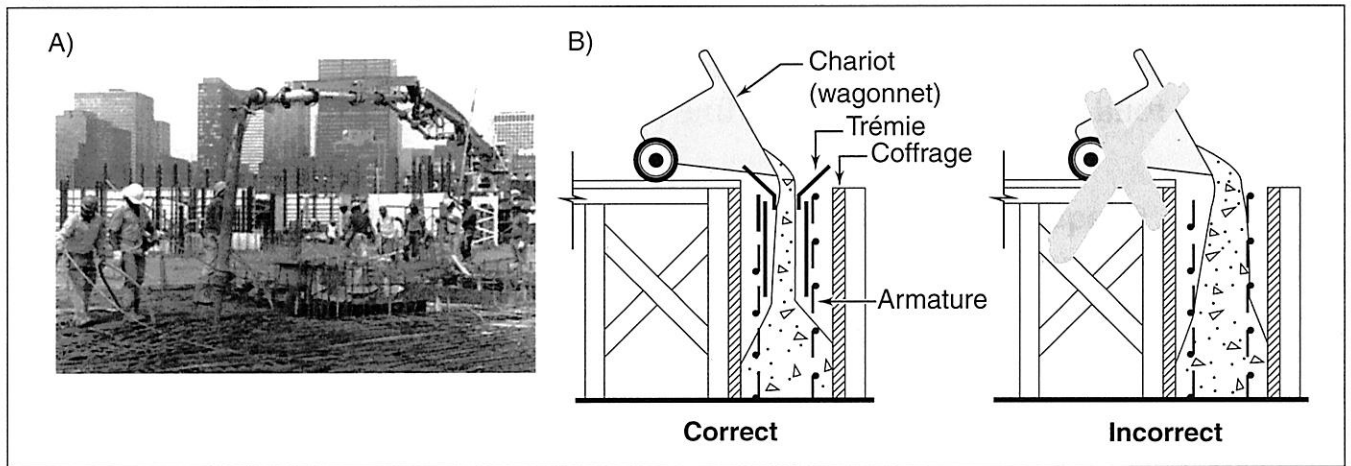
Particularités des fondations et des murs

Lors du bétonnage des fondations ou des murs, on doit respecter les recommandations suivantes :

- Lorsque le coffrage est haut et étroit et qu'il n'y a pas de fenêtre de coulée, utiliser un tuyau vertical ou une pompe (partie A de la figure 6) pour déposer le béton tout au fond du coffrage. Pour des murs moins élevés, déverser le béton dans une trémie pour éviter que le mélange frappe librement les barres d'armature (partie B).
- Réduire le ressuage en utilisant du béton plus raide et en diminuant la vitesse de mise en place (particulière dans la partie inférieure du coffrage).
- Lorsque c'est possible, arrêter la mise en place du béton à environ 350 mm du rebord supérieur du coffrage et attendre que le béton commence à prendre durant une heure. Reprendre le bétonnage (avant que la surface durcisse) et dépasser les coffrages d'environ 20 mm.

- Pour éviter la fissuration, laisser reposer le béton des colonnes ou des murs au moins deux heures (de préférence une nuit entière) avant d'effectuer le bétonnage des dalles et des poutres qui leur sont structuralement solidaires.

Figure 6 Bétonnage d'un mur (CPCA)



L'emploi d'une pompe peut nécessiter le réajustement du dosage du béton :

- L'affaissement doit se situer entre 50 et 100 mm.
- Le dosage en ciment doit être relativement élevé.
- La dimension maximale des gros granulats doit être inférieure au tiers du diamètre du tuyau de la pompe.
- Des superplastifiants et des entraîneurs d'air doivent être utilisés.

Particularités du bétonnage des poutres

Il faut mettre le béton en place en commençant par les extrémités des poutres tout en progressant vers le centre.



Le bétonnage d'une colonne se fait de la même façon que le bétonnage d'un mur élevé.

Consolidation du béton

La consolidation du béton consiste à compacter le béton frais dans les coffrages autour des éléments noyés, de façon à éliminer les bulles d'air (nids de cailloux et d'abeille). Une bonne consolidation a plusieurs avantages :

- meilleure résistance;
- porosité réduite;
- apparence uniforme;

- meilleure adhérence du béton à l'armature;
- etc.

Consolidation manuelle

La consolidation manuelle s'applique surtout aux mélanges plastiques qui coulent facilement. Le procédé consiste à pilonner le béton avec une tige assez longue pour atteindre le fond des coffrages et assez fine pour passer entre les barres d'armature.



Chaque fois qu'un type de mélange permet la consolidation manuelle, il est inutile de le faire mécaniquement, car on risquerait de provoquer la ségrégation du béton.

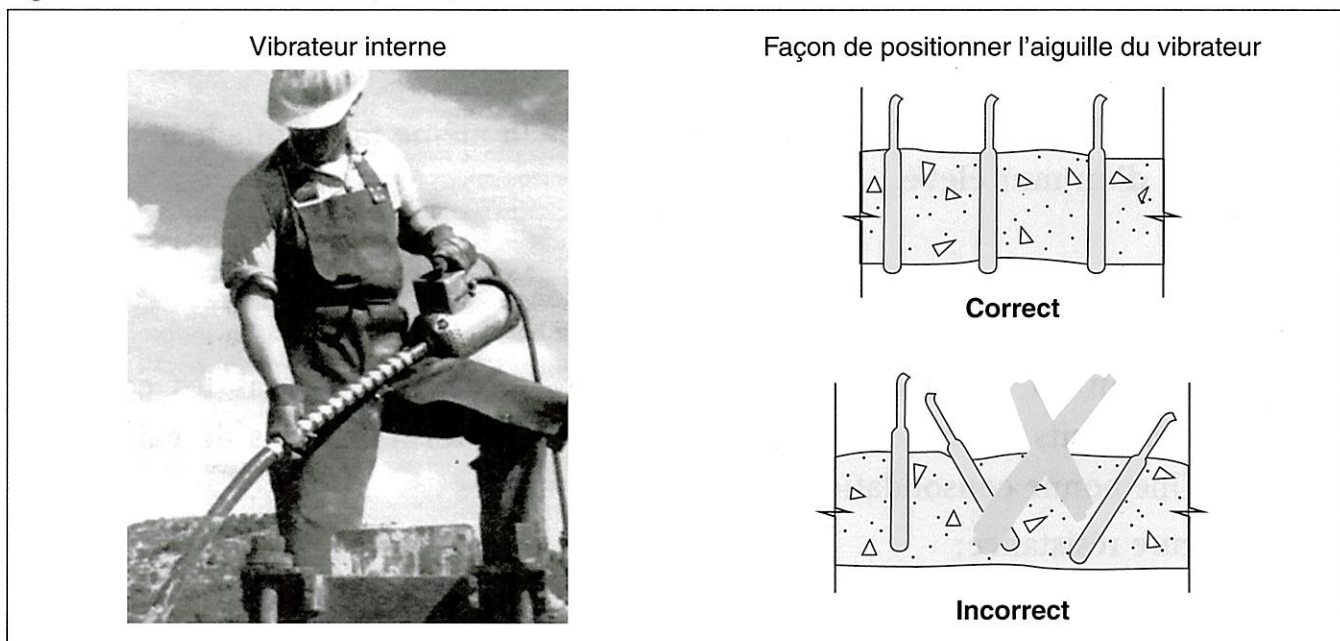
Consolidation mécanique

La consolidation mécanique permet de bien mettre en place des mélanges durs qui ont un faible rapport eau/ciment et une forte teneur en gros granulats. La principale méthode est la vibration interne. On utilise surtout les vibrateurs internes ou à aiguilles vibrantes pour consolider le béton des murs en hauteur et des poutres, des dalles et des colonnes de grandes dimensions (figure 7).



Lorsqu'on utilise un vibreur, il est important pour l'opérateur de réduire les effets nocifs des vibrations en portant des gants de protection, en évitant de tenir trop fermement l'appareil et en s'assurant du bon fonctionnement du dispositif antivibratoire.

Figure 7 Vibration interne (CPCA)





Il faut éviter de toucher l'armature avec le vibreur.

D'autres méthodes de consolidation mécanique peuvent être employées pour des ouvrages particuliers :

- les vibreurs de coffrage, utilisés pour consolider le béton de structures très minces ou fortement armées, pour les mélanges très peu malléables ou pour compléter la vibration interne;
- la table vibrante (ou table à secousses ou table de chute), utilisée pour le serrage de bétons architecturaux préfabriqués;
- la centrifugation, utilisée pour la fabrication de tuyaux et de poteaux.

Finition

La finition d'une surface de béton consiste à effectuer une série d'opérations en vue d'obtenir le fini désiré. Ces opérations sont les suivantes :

1. Régalage (arasement) : Effectué à l'aide d'une règle de nivellement, le régala-ge permet d'amener la surface au niveau requis (figure 8).



Certaines règles sont vibrantes; elles permettent donc de réaliser la consolidation et le régala-ge du même coup (figure 9).

Figure 8 Régalage – règle à niveler (CPCA)

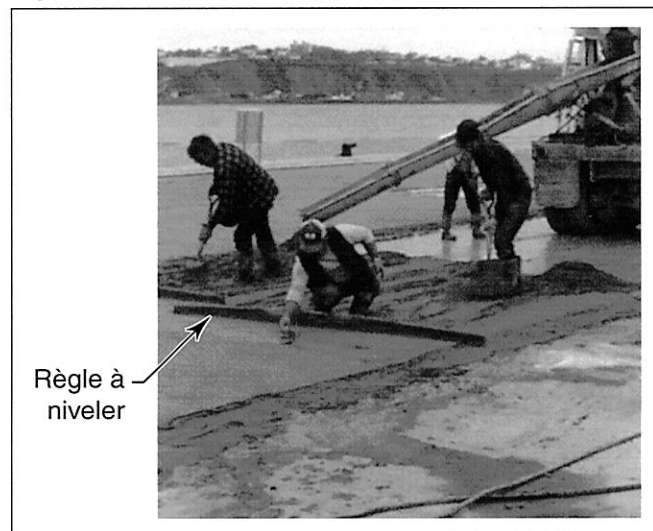
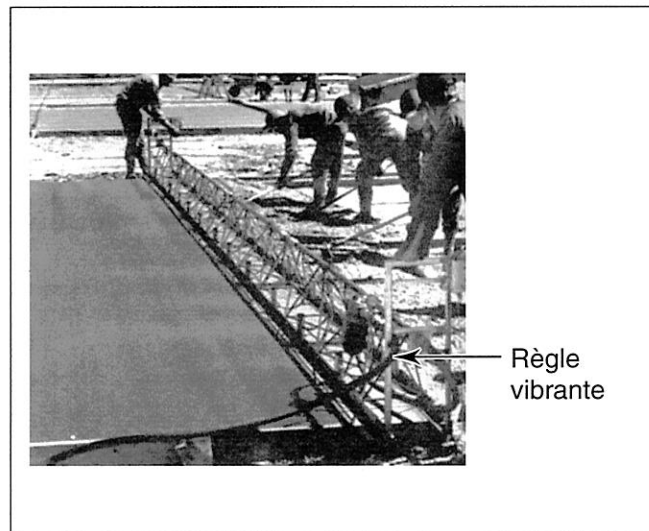


Figure 9 Régalage – règle vibrante (CPCA)



2. **Aplanissement** : Cette opération consiste à égaliser la surface en corrigeant les défauts à l'aide d'un aplanissoir (figure 10).



Pour la finition du béton sans air entraîné, on peut utiliser des outils en bois. Quand il s'agit de béton avec air entraîné, il faut utiliser des outils en aluminium ou en magnésium.

3. **Façonnage des bords** : Cette opération s'impose le long de tous les coffrages latéraux, des joints de désolidarisation et de construction des planchers et des dalles extérieures, comme les allées, les trottoirs et les patios (figure 11).

Figure 10 Aplanissement (CPCA)

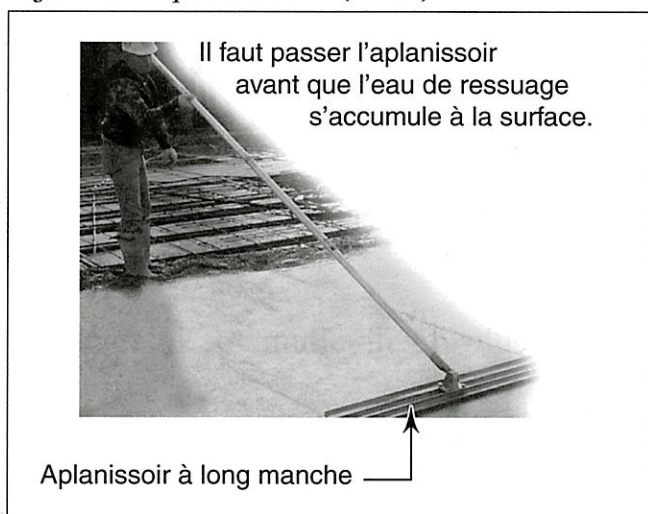
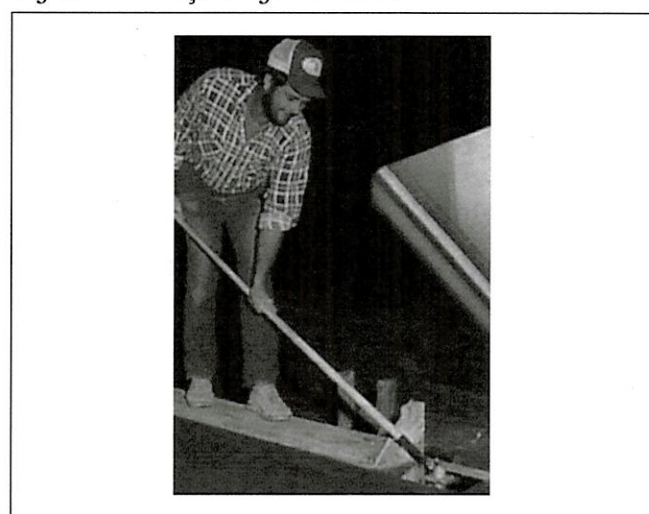


Figure 11 Façonnage des bords

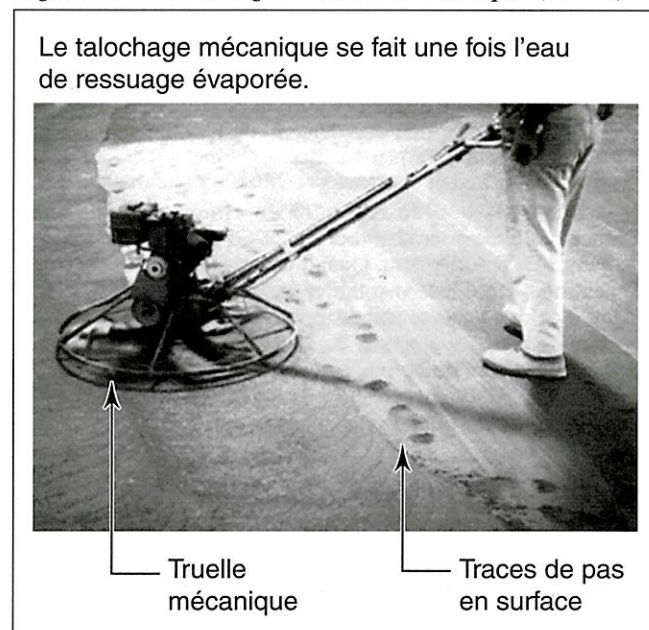


4. **Attente** : Une fois le réglage et l'aplanissement effectués, il faut laisser reposer le béton jusqu'à ce que le ressuage soit disparu et qu'il commence à durcir. (Le béton doit pouvoir supporter le poids d'un ouvrier sans être marqué de façon importante.)

5. **Finition des joints** : Voir la section suivante.

6. **Talochage, glaçage ou truillage** : Les passages successifs de truelles d'acier manuelles ou mécaniques (3 à 6 passes) permettent de lisser la surface, la rendant ainsi plus ferme et plus durable (figure 12).

Figure 12 Talochage – truelle mécanique (CPCA)



Vérification de la planéité

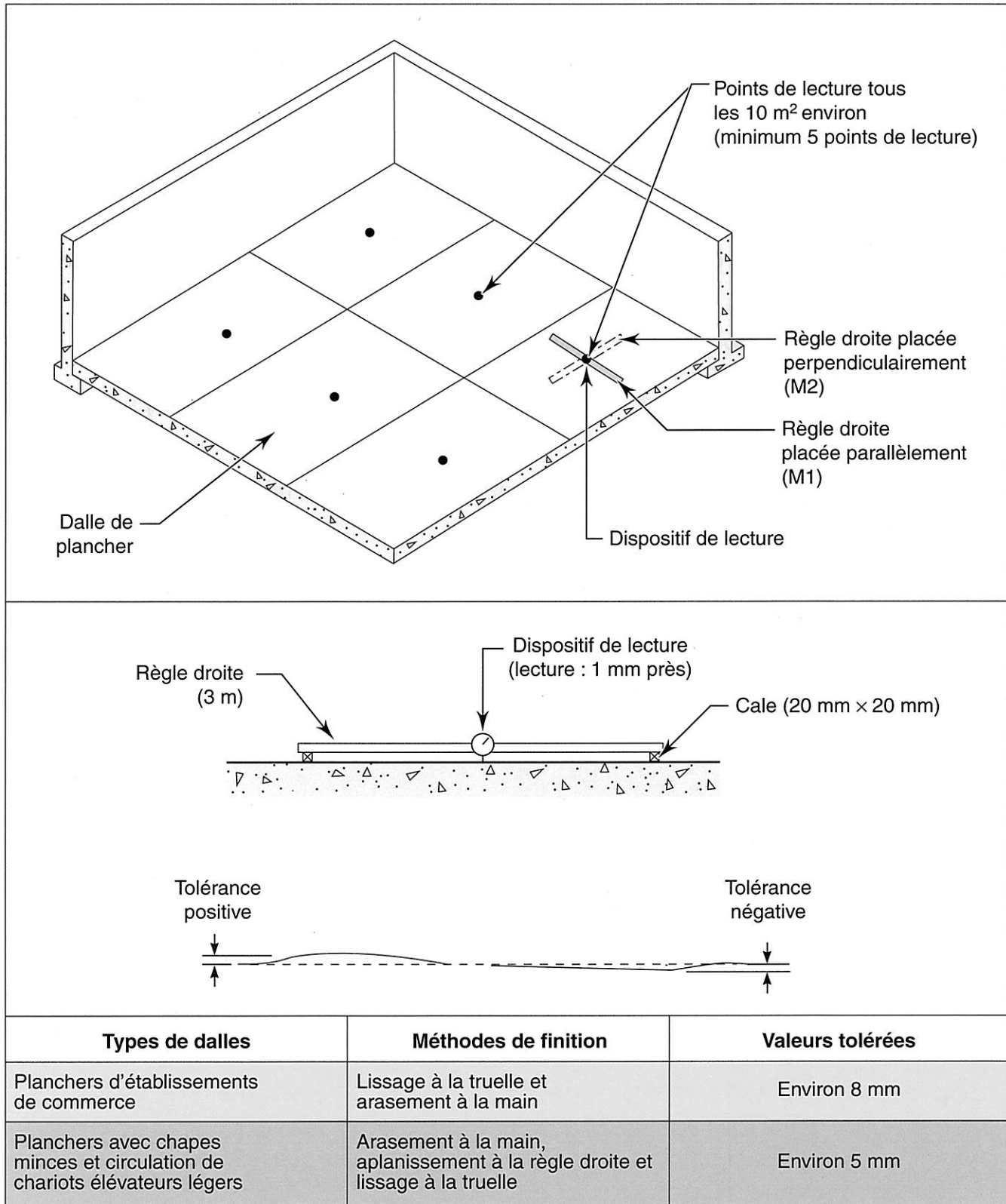
Une fois la finition d'une dalle ou d'un plancher complétée, il faut en vérifier la planéité à l'aide de la méthode de la règle droite (figure 13) :

1. À des intervalles approximatifs de 10 m^2 , apposer le centre de la règle droite sur un point donné, parallèlement à la longueur de la dalle.
2. Prendre la mesure M1 (à 1 mm près).
3. En gardant le même point, pivoter la règle pour qu'elle soit perpendiculaire à la longueur de la dalle.
4. Prendre la mesure M2 (à 1 mm près).
5. Refaire les mêmes opérations tous les 10 m^2 environ (minimum de cinq points pour une surface donnée).
6. Vérifier la conformité des mesures obtenues à l'aide d'un tableau de tolérances ou des indications du maître de l'ouvrage.



Un profilé, un tuyau métallique ou une cornière (« fer-angle ») de 3 m de longueur peuvent servir de règle droite. Le dispositif de lecture peut être un comparateur à cadran, une tige trusquinée ou tout autre dispositif de lecture directe précise à 1 mm près.

Figure 13 Vérification de la planéité d'une dalle de plancher

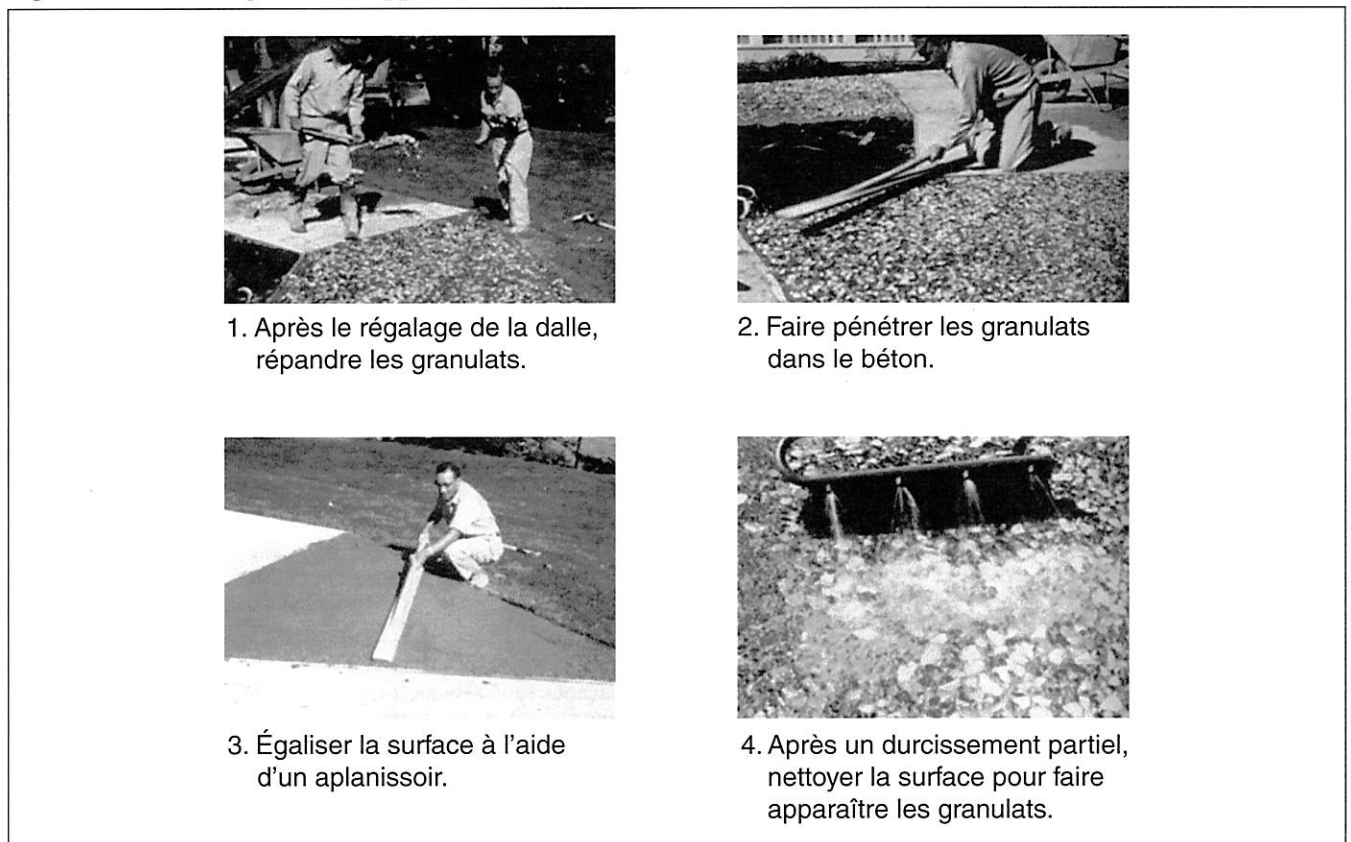


Finis spéciaux

Le béton est un matériau architectural polyvalent auquel on peut donner une foule de finis différents. En effet, on dit même qu'il y a autant de types de finis que de cimentiers-applicateurs! Voici les principaux types de finis spéciaux :

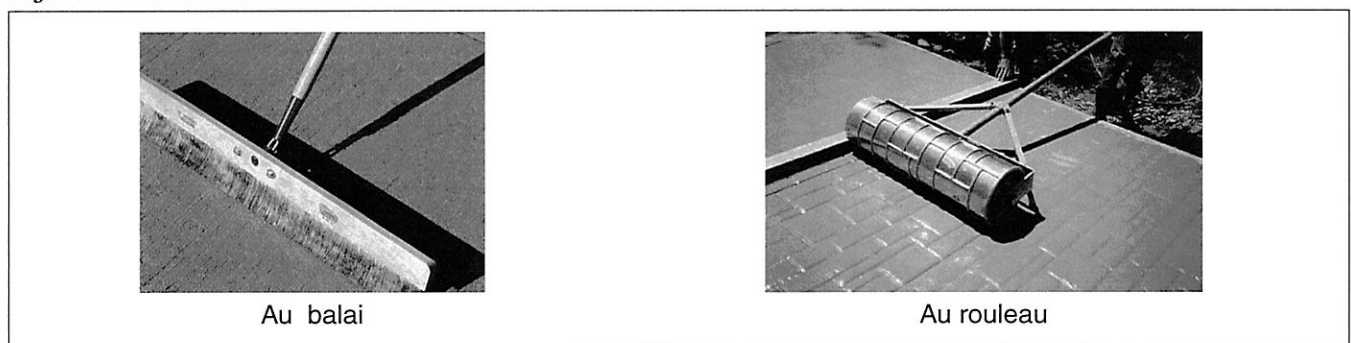
- **Granulats apparents (exposés)** : Ce type de fini est obtenu à l'aide de gros granulats de forme arrondie (grain de 10 mm, de 14 mm ou de 20 mm) (figure 14).

Figure 14 Fini de granulats apparents (CPCA)



- **Finis réalisés à l'aide d'outils** : Ces finis sont obtenus en utilisant des outils, tels que des balais, des brosses, des rouleaux, des grattoirs, etc. (figure 15).

Figure 15 Finis réalisés à l'aide d'outils

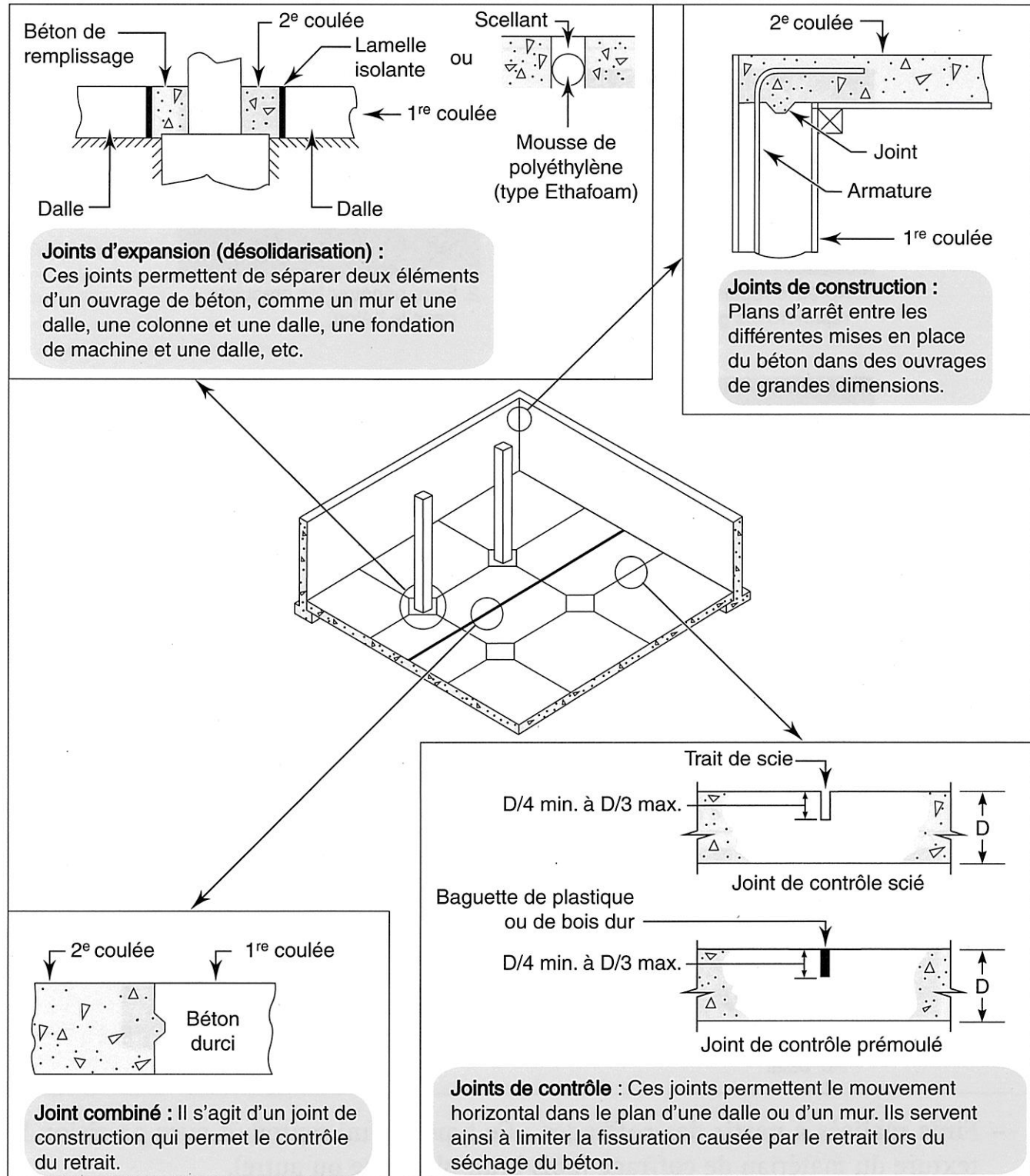


- **Finis réalisés à partir des coffrages** : Ce type de fini reproduit avec précision la texture du matériau de coffrage (bois brut, plastique ou autre).

Façonnage des joints

On dit parfois des joints d'une structure de béton qu'ils sont des fissures contrôlées. En effet, le rôle des joints est de prévenir d'éventuelles fissures causées par le séchage, des variations de température ou des contraintes mécaniques excessives. Il existe plusieurs types de joints qui jouent des rôles différents (figure 16).

Figure 16 Joints d'une dalle



Cure

La cure (ou mûrissement) est le laps de temps où l'on doit maintenir une teneur en humidité et une température satisfaisantes pour permettre au béton de développer les propriétés souhaitées. Selon le type d'ouvrage, les conditions de bétonnage et la disponibilité des produits, il faut choisir la méthode de cure appropriée (figure 17).

Figure 17 Méthodes de cure

Méthode	Modes d'emploi	Applications
Nappe d'eau	– Disposer des petits remblais de terre autour de l'ouvrage. – Inonder la surface délimitée.	– Dalles
Arrosage continu ou brouillard d'eau	– Maintenir le béton continuellement humide en l'arrosant régulièrement à l'aide d'un système de gicleurs ou d'un tuyau.	– Tous les types d'ouvrages, en particulier les éléments verticaux tels que les murs et les colonnes
Toile absorbante mouillée	– Recouvrir le béton de toiles de jute ou de coton propres. – Maintenir les toiles continuellement mouillées. – S'assurer que les toiles ne partiront pas au vent.	– Surfaces horizontales ou inclinées
Revêtements imperméables	– Recouvrir l'ouvrage de béton de grande feuilles de plastique (polyéthylène) ou de papier traité contre la moisissure pour empêcher l'évaporation de l'eau de gâchage.	– Tous les types d'ouvrages
Agent ou produit de cure	– Vaporiser manuellement ou mécaniquement de façon uniforme immédiatement après la dernière étape de finition. – Si nécessaire, appliquer une seconde couche à angle droit de la première.	– Empêche l'adhésion entre du béton durci et du béton frais.
Maintien des coffrages	– Garder les coffrages en place en protégeant la partie supérieure (béton exposé). – Dans le cas de coffrages de bois, maintenir le bois continuellement humide.	– Murs et autres éléments verticaux
Cure à la vapeur (méthode moins courante)	Basse pression : – Placer l'élément de béton dans une chambre alimentée en vapeur d'eau. Haute pression : – Enfermer le béton dans des chambres pressurisées.	– Accélère la cure des éléments de béton de petites dimensions (blocs ou poutres).

Durée de la cure

La durée de la cure dépend de plusieurs facteurs :

- le type de ciment utilisé;
- le dosage en ciment;
- le rapport E/C;
- la méthode de cure utilisée;
- les conditions climatiques;
- la forme et les dimensions de l'ouvrage;
- les types d'adjuvants utilisés;
- la résistance mécanique requise.

La période de cure peut donc être de trois semaines pour les mélanges de béton maigres, comme elle peut être de trois jours pour les mélanges riches. Cependant, puisque la cure améliore les propriétés du béton, elle doit être prolongée le plus longtemps possible. Selon la norme CSA A23.1, la période de cure de base pour toutes les surfaces de béton est de trois jours à une température minimale de 10 °C, ou le temps nécessaire pour atteindre 40 % de la résistance à la compression spécifiée à 28 jours.



Les mélanges de béton maigres sont faibles en gros granulats, alors que les mélanges riches en contiennent beaucoup.

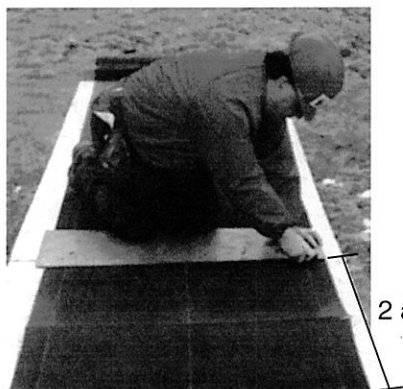
Membranes imperméabilisantes

Une fois que le coffrage est enlevé et que la cure est terminée, on doit poser les membranes imperméabilisantes. La mise en place de membranes imperméabilisantes assure l'étanchéité du béton. Il existe trois types de membranes : les membranes thermofusibles (au chalumeau), les membranes autocollantes et les membranes liquides (au bitume caoutchouté).

La procédure de pose des membranes est la suivante :

1. S'assurer que la période de cure a été complétée.
2. S'assurer que la surface est parfaitement propre et sèche.
3. Appliquer un apprêt au rouleau sur toute la surface (taux exigé de 0,20 l/m²).
Laisser sécher durant 1 à 24 heures (selon les recommandations du fabricant).
4. Poser les membranes (figures 18 à 20).

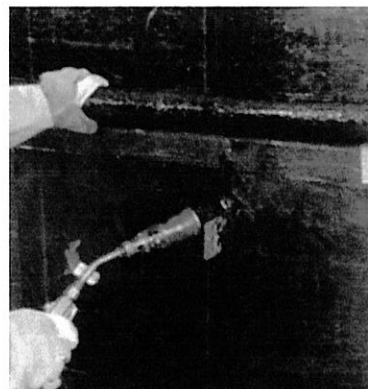
Figure 18 Pose de membranes thermofusibles (Soprema)



1. Couper les membranes en lisières.

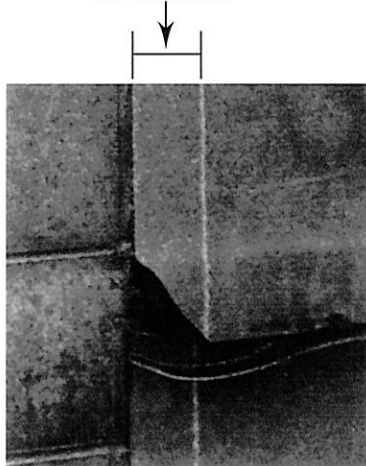


2. Poser les membranes (à la verticale).



3. Souder les membranes au chalumeau.

50 mm min.

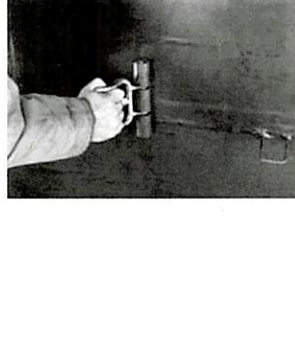


4. Prévoir un chevauchement latéral et aux extrémités.



5. À l'aide d'une truelle, niveler et sceller les joints et les bordures de la membrane.

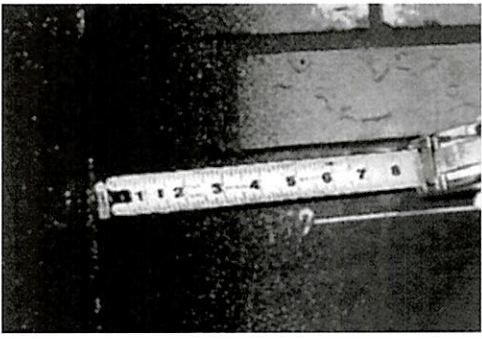
Figure 19 Pose de membranes autocollantes (Soprema)

	1. Couper les membranes en lisières de 2 à 3 m, puis les poser à la verticale (prévoir un chevauchement de 50 mm).		2. Au haut des lisières, enlever le haut du papier et coller la membrane à la surface.
	3. Tout en retirant le papier, coller la membrane à la surface en passant la main (du centre vers les extrémités).		4. Passer un rouleau maroufleur sur la surface de la membrane.



Lors de la pose de membranes thermofusibles ou autocollantes, la lisière servant de coin doit être chevauchée par les lisières adjacentes sur au moins 50 mm.

Figure 20 Pose de membranes liquides (Soprema)

	
1. Appliquer la membrane liquide au pistolet ou au rouleau pour former une couche d'au moins 3 mm d'épaisseur.	2. Faire chevaucher la membrane liquide et la membrane de raccordement sur au moins 50 mm.

Note : Des membranes de raccordement autocollantes ou thermofusibles doivent être installées préalablement sur le pourtour des ouvertures ou entre les murs et la toiture.



Lors de la pose de membranes liquides, il est important de recouvrir tous les éléments situés à proximité de la zone aspergée pour ne pas les éclabousser du produit d'étanchéité.

ESCALIERS

Les escaliers de béton peuvent être ouverts ou fermés. L'escalier ouvert est toujours vide. Il repose seulement sur deux points d'appui, le haut et le bas. L'escalier fermé peut être plein (en surface) ou vide (entre deux murs). L'escalier fermé plein doit reposer sur une dalle (figure 21). Le coffrage des escaliers ouverts, comme celui des escaliers fermés vides, comprend un tablier (figure 22).



Pour que le pas d'un escalier soit acceptable, il faut que deux des trois formules suivantes fonctionnent :

- a) $G + 1 \text{ CM} = 430 \text{ à } 460 \text{ mm}$
- b) $G + 2 \text{ CM} = 610 \text{ à } 635 \text{ mm}$
- c) $G \times 1 \text{ CM} = 45\,000 \text{ à } 48\,500 \text{ mm}^2$

Figure 21 Escalier fermé plein et son coffrage

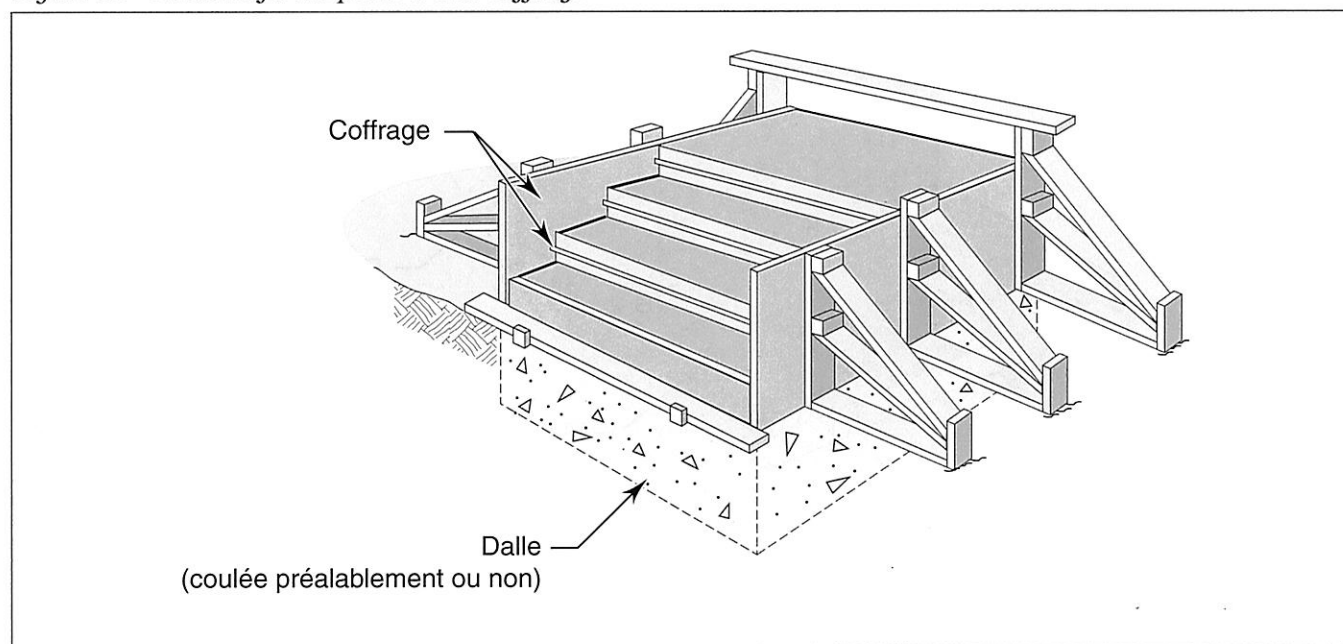
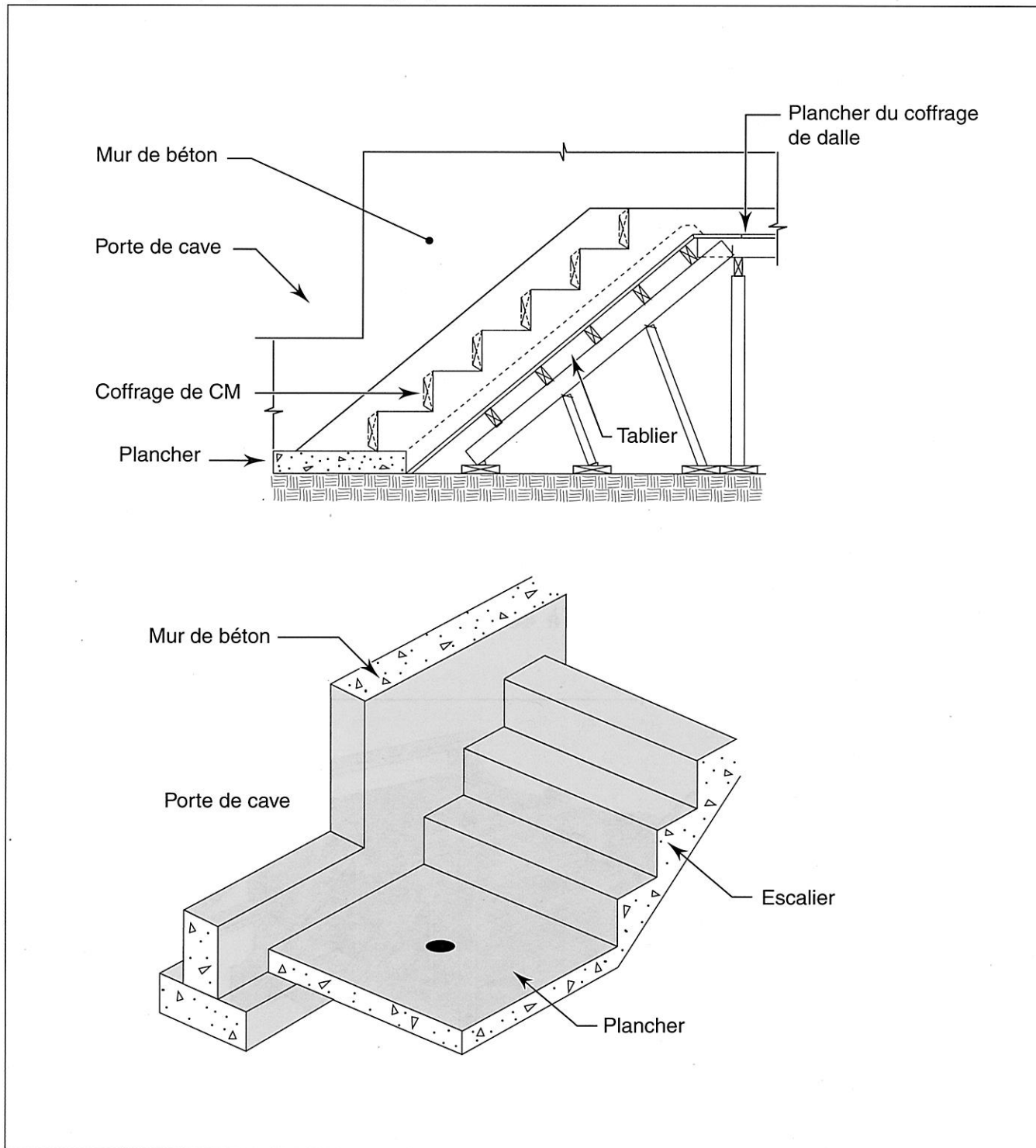


Figure 22 Escalier fermé vide et son coffrage



Finition

On procède à la finition des marches d'escaliers à l'aide d'un fer de bordure (figure 23) ou d'une flotte de magnésium (truelle de magnésium) (figure 24).

Figure 23 Finition d'escaliers intérieurs

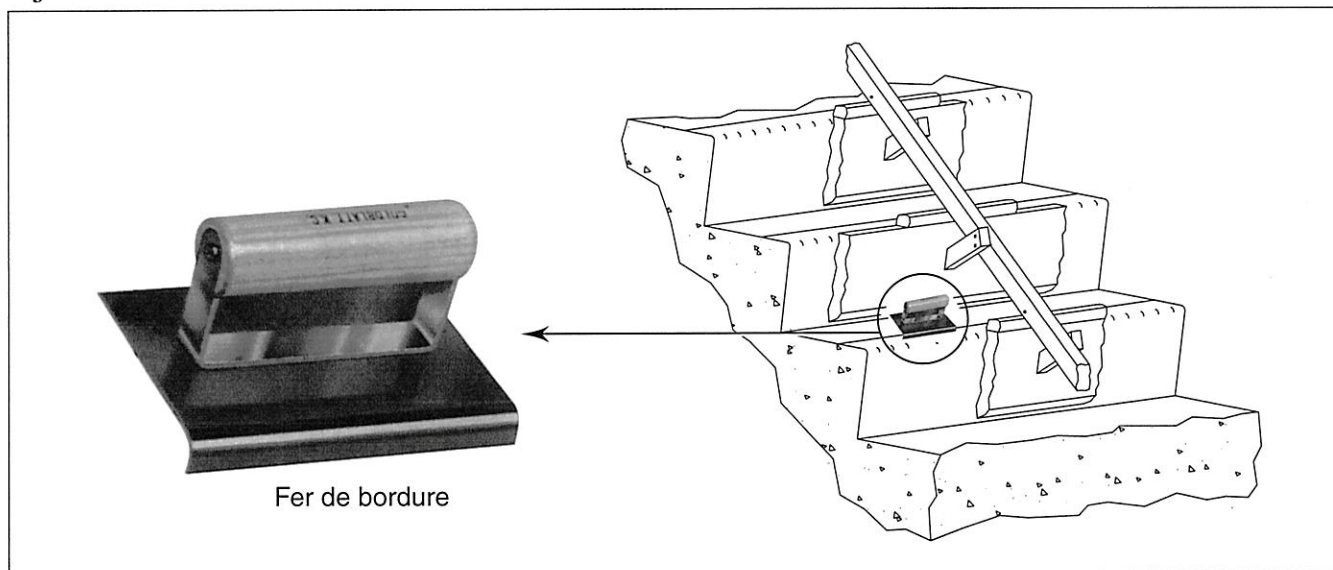
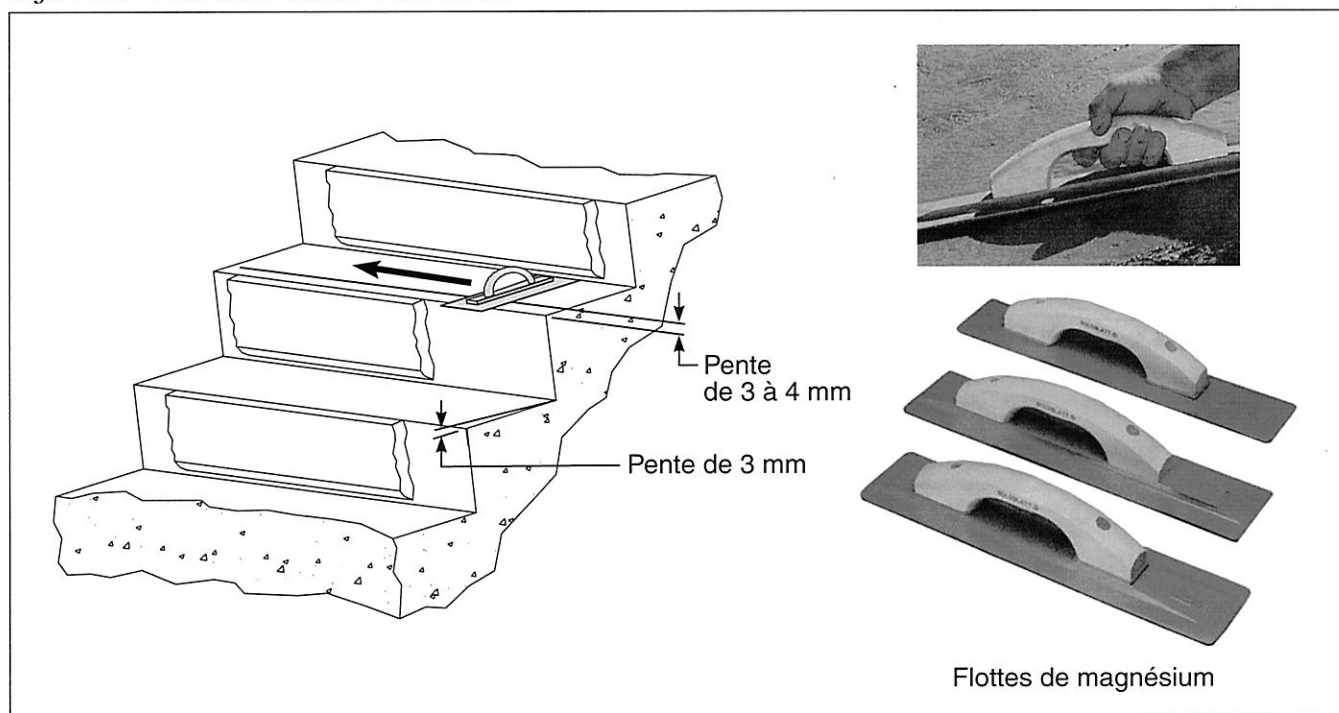


Figure 24 Finition d'escaliers extérieurs



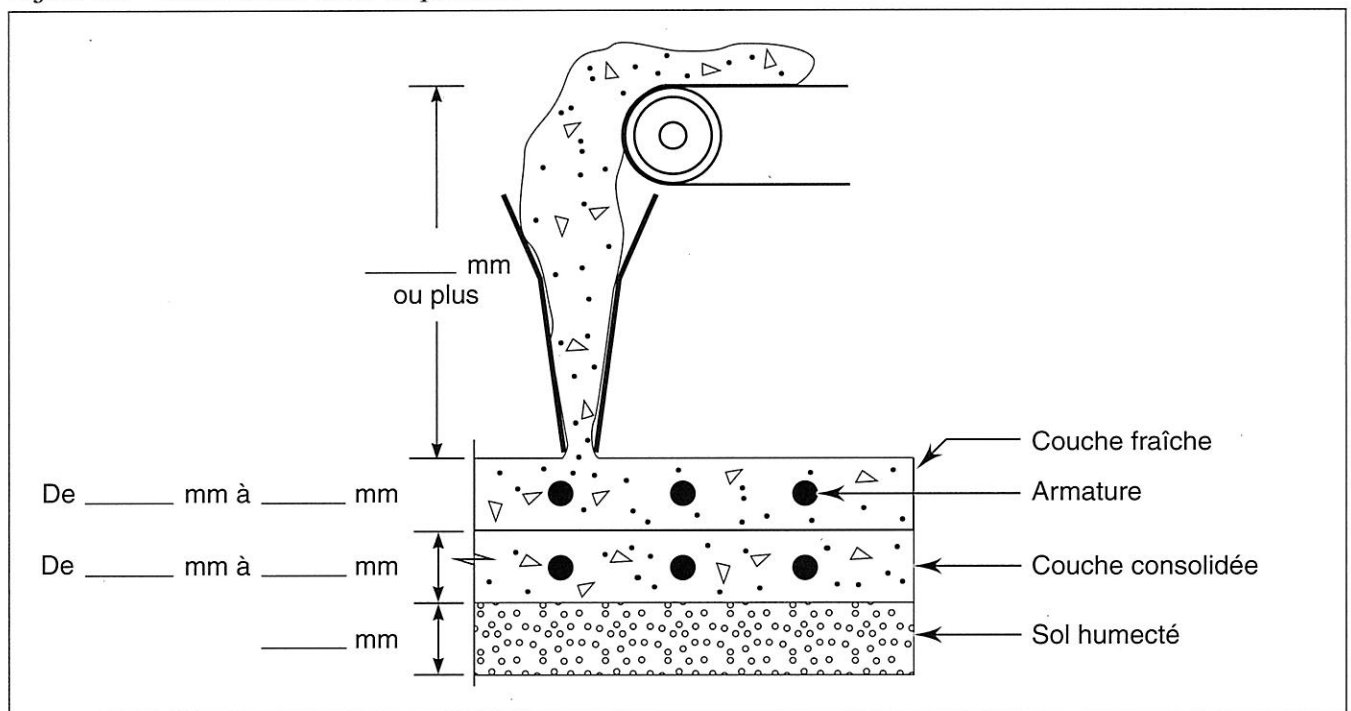
Lorsqu'il s'agit d'un escalier extérieur, il faut prévoir une légère pente sur le dessus des marches pour permettre à l'eau de s'égoutter.

Exercice 1

1. Vrai ou faux?	Vrai	Faux
a) Lorsqu'on bétonne sur une couche de béton fraîchement durcie, il faut appliquer un coulis de ciment ou de mortier pour assurer la liaison.	☐	☐
b) Il ne faut pas laisser tomber le béton en chute libre sur plus de 150 mm.	☐	☐
c) Un bétonnage par temps chaud peut occasionner l'évaporation de l'eau, occasionnant entre autres un durcissement prématuré du béton.	☐	☐
d) Un escalier plein fermé repose sur deux appuis seulement.	☐	☐
e) La vibration interne consiste à consolider le béton à l'aide d'une aiguille vibrante.	☐	☐
f) Il est déconseillé de verser librement le béton contre l'armature ou contre les coffrages.	☐	☐
g) La cure, période où le béton doit mûrir, doit durer 28 jours.	☐	☐
h) Pour réaliser une dalle d'agréats exposés, il faut utiliser des gros granulats arrondis d'au moins 10 mm de diamètre.	☐	☐
i) La fondation granulaire d'une dalle de béton doit être humectée sur une profondeur d'au moins 600 mm.	☐	☐
j) Lors du bétonnage par temps froid, il est recommandé de chauffer les ingrédients du mélange de béton à une température maximale de 20 °C.	☐	☐

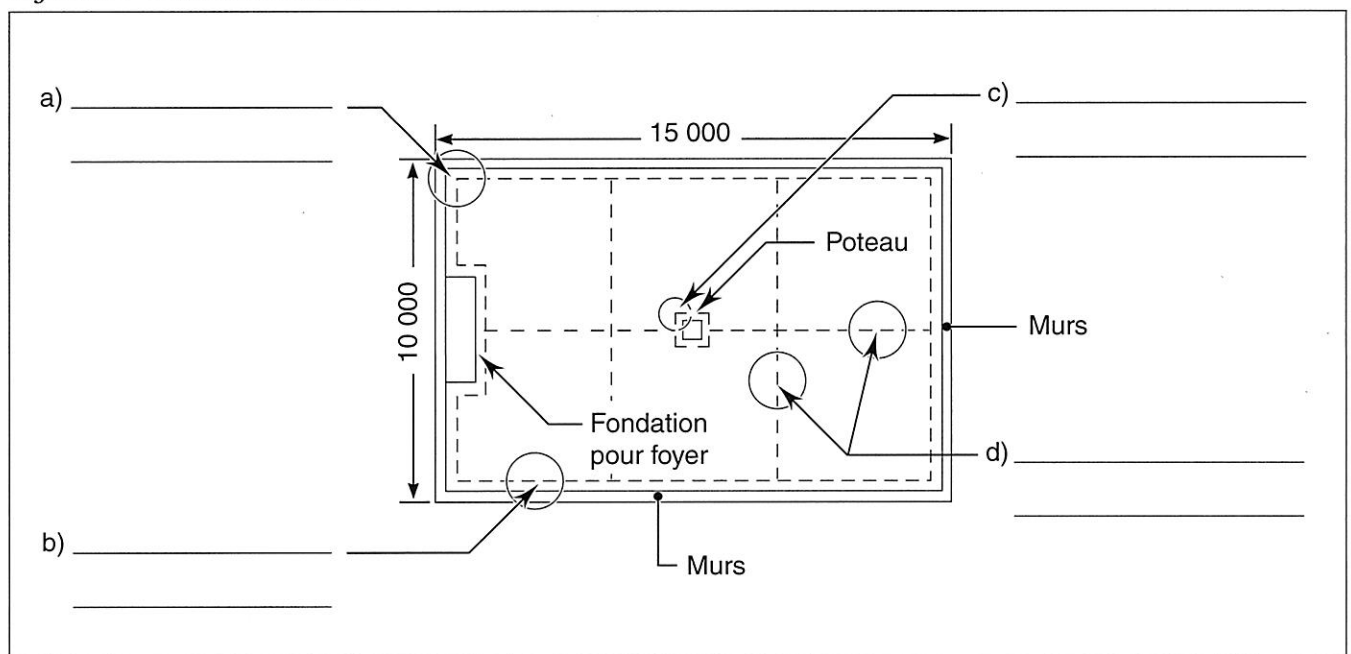
2. Indiquez les mesures manquantes sur la figure 25.

Figure 25 Coulée d'une dalle de plancher



3. La figure 26 représente le plan d'un sous-sol. Identifiez les types de joints qui y sont illustrés.

Figure 26 Plan d'un sous-sol



4. Remplacez en ordre chronologique les étapes de bétonnage d'une dalle sur fondation granulaire.
- a) Vérifier l'état des coffrages.
 - b) Mettre en place le béton par couches successives.
 - c) Glacer la surface de la dalle à la truelle mécanique.
 - d) Compacter la fondation granulaire.
 - e) Égaliser la surface de la dalle à l'aide d'un aplanisseur ou d'une taloche.
 - f) Recouvrir la dalle d'une nappe d'eau et la laisser mûrir durant au moins trois jours.
 - g) Humecter la fondation granulaire.
 - h) Poser la membrane imperméabilisante.
 - i) Exécuter les joints.
 - j) Transporter le béton jusqu'au lieu de coulée.
 - k) Régaler la surface de la dalle à l'aide d'une règle à niveler.
 - l) Décoffrer la dalle.
 - m) Compacter le béton à l'aide d'un vibreur à aiguille.

Ordre :

BÉTONNAGE DES VOIES DE CIRCULATION

Les voies de circulation sont des installations fixes, nécessaires au fonctionnement d'un service de transport. En raison de ses nombreuses propriétés, notamment sa résistance et sa durabilité, le béton est souvent utilisé pour la construction des voies de circulation.

CHAUSSÉES ET PONTS

Les chaussées sont composées d'un corps et d'une couche de surface (figure 27). Quant aux ponts (et aux viaducs), ils sont formés d'une structure portante (colonnes, poutres et dalles portantes) et d'une couche de roulement (figure 28).

Figure 27 Composition d'une chaussée

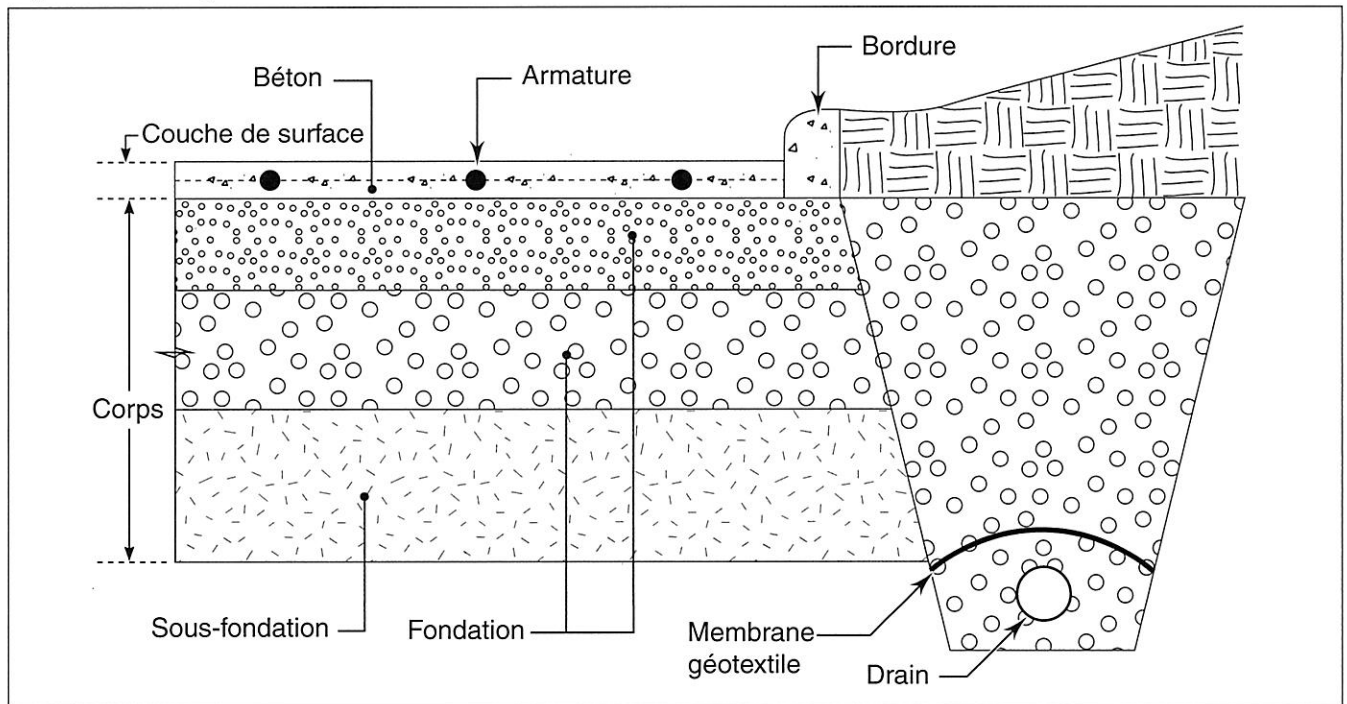
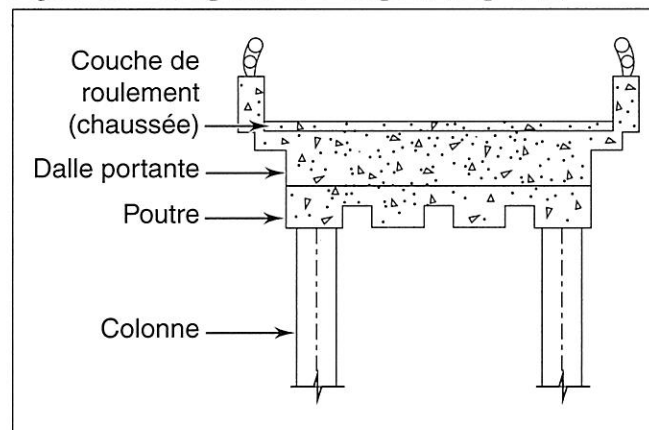


Figure 28 Composition d'un pont (Soprema)



Préparation de la surface

Les chaussées sont soumises à de nombreuses contraintes, telles que les cycles de gel et de dégel, les intempéries, les abrasifs, le poids des véhicules, etc. Pour éviter divers problèmes (fissuration, dénivèlement, rupture), la fondation d'une chaussée doit être adéquatement compactée.

Bien entendu, les ponts et les viaducs n'ont pas de fondation de sol puisqu'ils reposent sur une structure portante qui allie le béton et l'acier. Avant de procéder au bétonnage des dalles de béton, il faut s'assurer de la solidité des poutres et des colonnes déjà mises en place, ainsi que de l'état des coffrages et de l'armature des dalles à mettre en place. Le bétonnage des dalles se fait généralement en deux parties : on coule d'abord les dalles portantes, puis on met en place la couche de roulement.



Le bétonnage des colonnes, des poutres et des dalles portantes des ponts se fait de la même façon que pour réaliser celles des bâtiments.

Mise en place de la couche de roulement

La mise en place, la consolidation et la finition du béton d'une chaussée ou d'un pont doivent être réalisées à l'aide d'une machine à coffrages glissants. Celle-ci permet d'effectuer mécaniquement le bétonnage de la couche de roulement. Même si le bétonnage est grandement facilité par cette machine, il faut néanmoins respecter les recommandations suivantes :

- Il faut épandre le béton à un rythme régulier pour éviter sa ségrégation.
- Le béton qui excède le bord de la chaussée doit être retiré au fur et à mesure.
- Aux endroits où il y a des joints garnis de tirants et de goujons, on doit déposer le béton sans déplacer l'acier.
- L'intervalle entre deux couches successives ne doit pas dépasser 30 minutes.
- Lorsqu'on doit interrompre la mise en place pour plus de 45 minutes, il faut réaliser un joint de construction.
- La température des matériaux doit être comprise entre 0 et 35 °C.
- Les vibrateurs ne doivent pas toucher aux coffrages ni aux tirants et aux goujons des joints.
- Aux endroits difficiles d'accès (près des coffrages, des joints, des regards, des bordures, des trottoirs, etc.), on doit consolider le béton à l'aide d'un vibreur manuel.
- La surface doit être régulière. (Toute irrégularité de plus de 5 mm/10 m² doit être corrigée.)
- La texture antidérapante du béton doit être réalisée à l'aide d'un tapis de type « astroturf » traîné sur toute la surface de la chaussée.

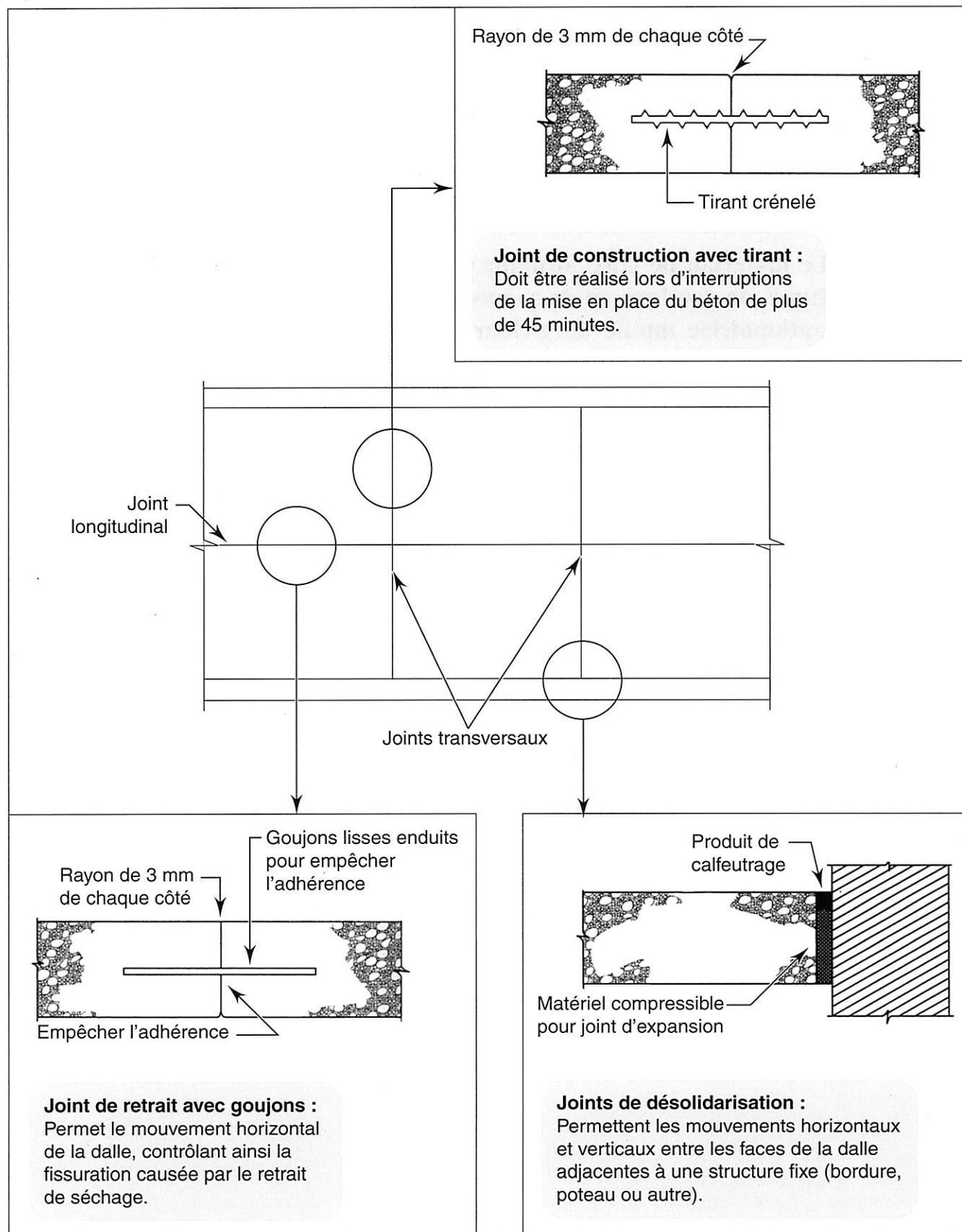
Façonnage des joints

Le revêtement de béton doit être divisé en dalles par des joints transversaux et longitudinaux (figure 29).



L'emplacement des joints doit être indiqué dans les plans et les devis.

Figure 29 Joints d'une chaussée ou de pont (CPCA)



Cure

La cure du béton doit débuter dès que la texture antidérapante a été façonnée. L'une des méthodes de cure suivantes doit alors être utilisée :

- nappe d'eau, arrosage continu ou brouillard;
- toile absorbante mouillée;
- revêtement imperméable;
- matériau de cure formant une membrane.



Le matériau de cure formant une membrane est une émulsion de bitume, de goudron ou de caoutchouc appliquée à l'aide d'une passerelle automotrice munie de gicleurs (généralement spécialement conçue à cet effet). Ce matériau doit être appliqué en deux couches uniformes de $0,2 \text{ l/m}^2$.

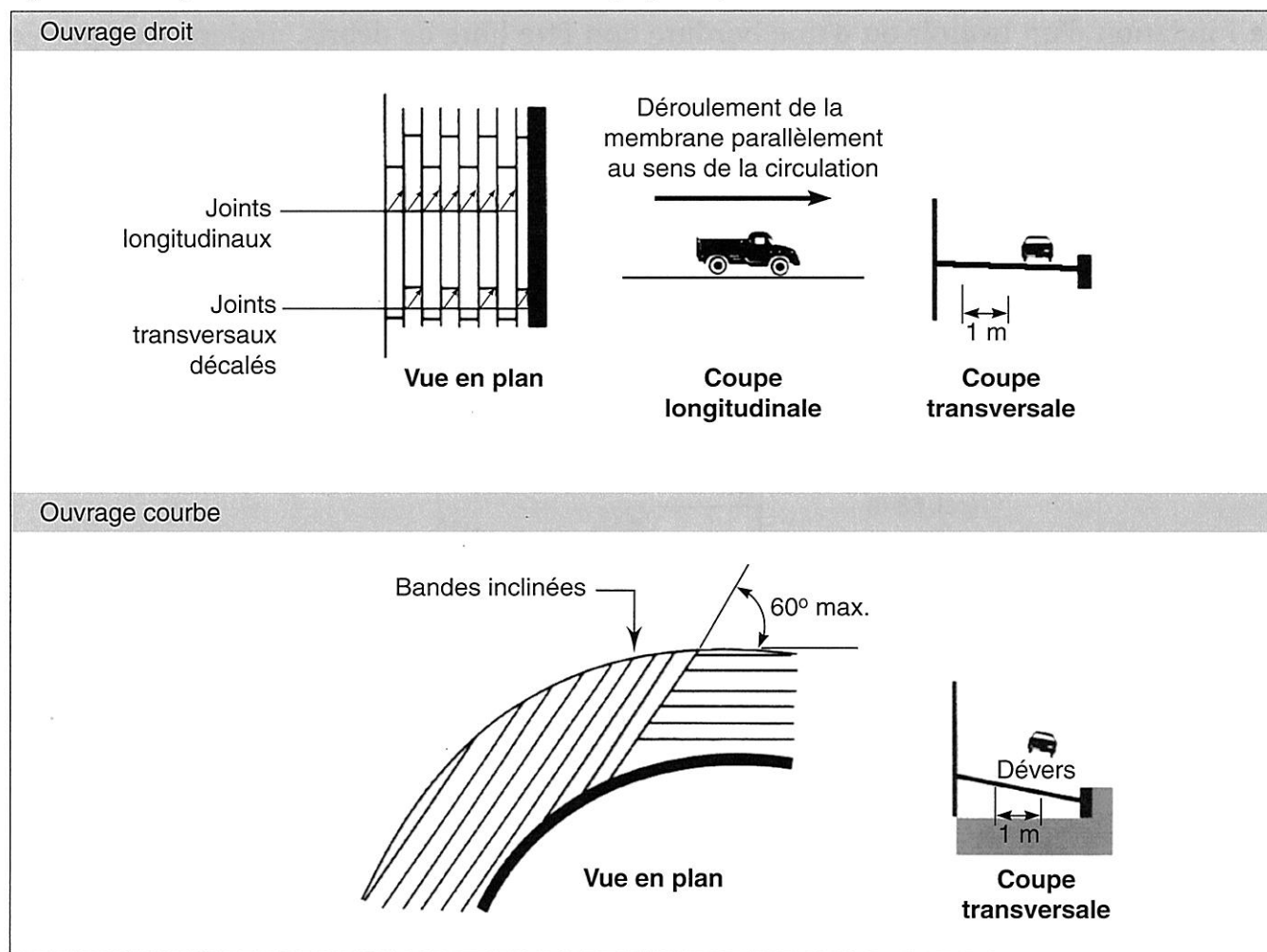
La période de cure des chaussées de béton doit durer sept jours à une température minimale de 10°C (ou le temps requis pour atteindre 70 % de la résistance à la compression exigée à 28 jours).

Mise en place des membranes imperméabilisantes

Les ponts sont généralement munis de membranes imperméabilisantes à base de bitume. Celles-ci doivent être posées entre la dalle de la structure portante et la couche de roulement. La procédure de pose est la suivante :

1. Imprégner la surface de la dalle d'un apprêt à raison de $0,25 \text{ l/m}^2$ (ou tel que recommandé par le fabricant).
2. Poser les lisières de la membrane en suivant la géométrie de la surface (figure 30).
3. Mettre en place la couche de roulement dans les plus brefs délais.

Figure 30 Disposition des lisières de la membrane (Soprema)



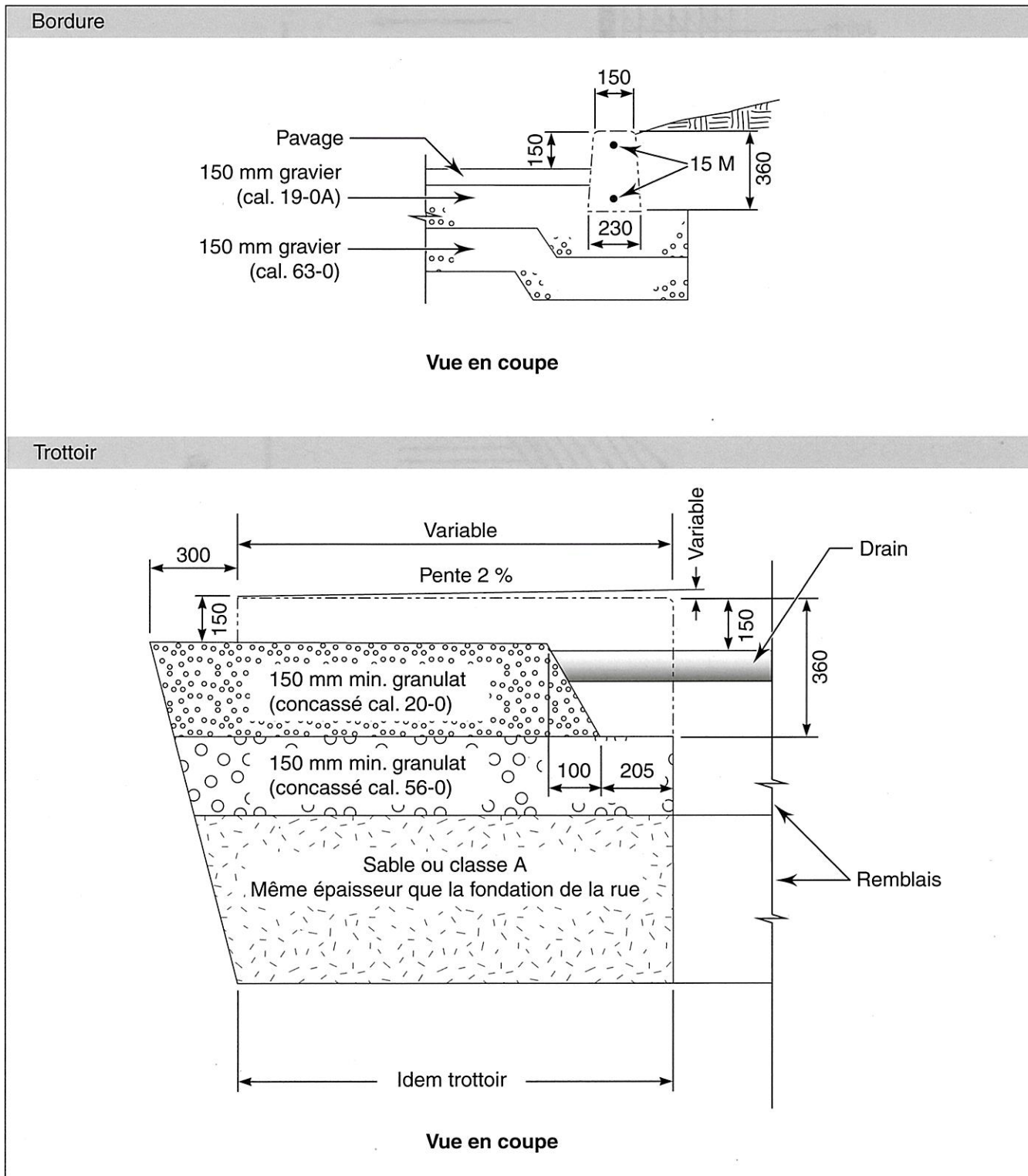
BORDURES ET TROTTOIRS

Les bordures et les trottoirs sont des infrastructures soumises à des conditions aussi sévères que les chaussées. Pour prévenir leur vieillissement prématuré, il est recommandé d'utiliser un béton à air entraîné de type C-2 ayant une forte résistance à la compression (min. 32 MPa à 28 jours).

Préparation de la surface

La fondation d'un trottoir ou d'une bordure doit être libre de débris, drainée, compactée et de niveau (ou avoir une pente uniforme) (figure 31).

Figure 31 Fondations d'une bordure et d'un trottoir (Teknika)



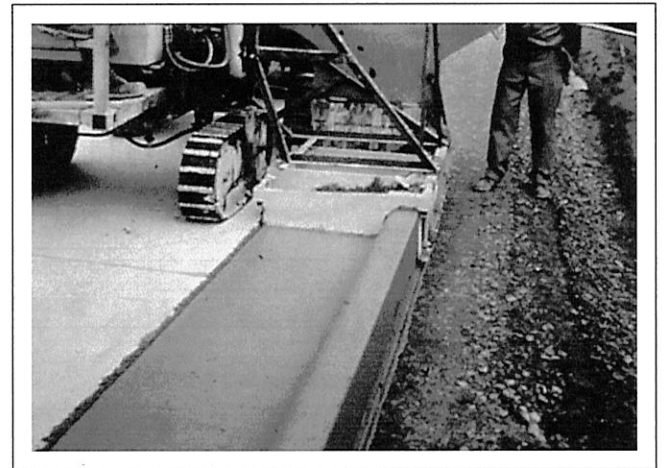


Avant de commencer le bétonnage, il faut s'assurer que les coffrages des trottoirs sont droits et propres pour que les faces de la structure de béton soient rectilignes.

Mise en place du béton

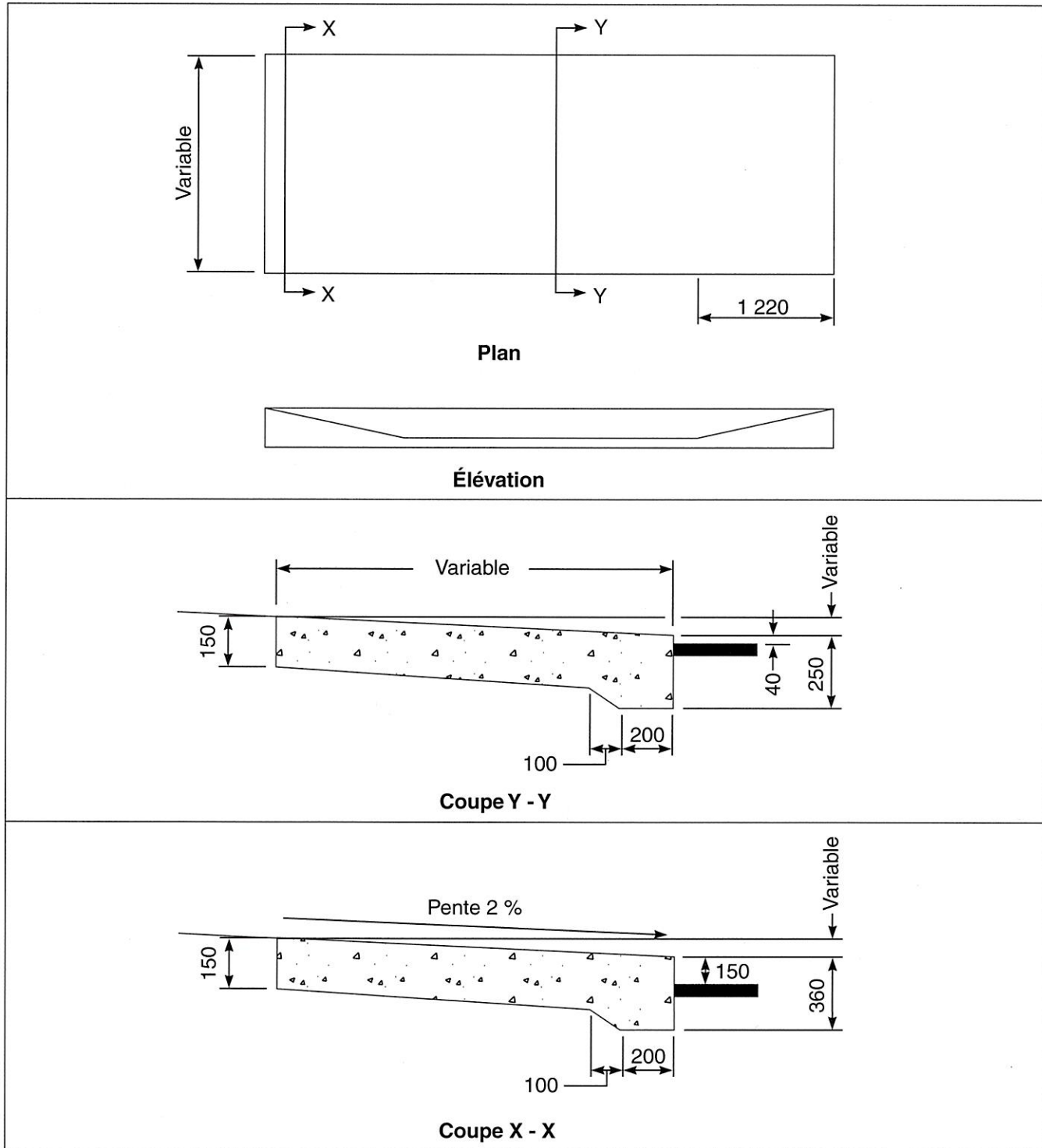
La mise en place du béton des trottoirs peut être effectuée à l'intérieur de coffrages préalablement installés. Dans d'autres cas, on a recours à une machine à coffrages glissants qui met en place mécaniquement les bordures et les trottoirs (figure 32).

Figure 32 Machine à coffrages glissants pour bordures et trottoirs (CPCA)



Devant les entrées pour voitures, la bordure doit être interrompue et le trottoir doit servir de rampe (figure 33).

Figure 33 Trottoir en forme de rampe (Teknika)



Finition des trottoirs

Lorsque les trottoirs ont été réalisés à l'aide de coffrages de bois ou de métal, il faut effectuer plusieurs étapes de finition, soit :

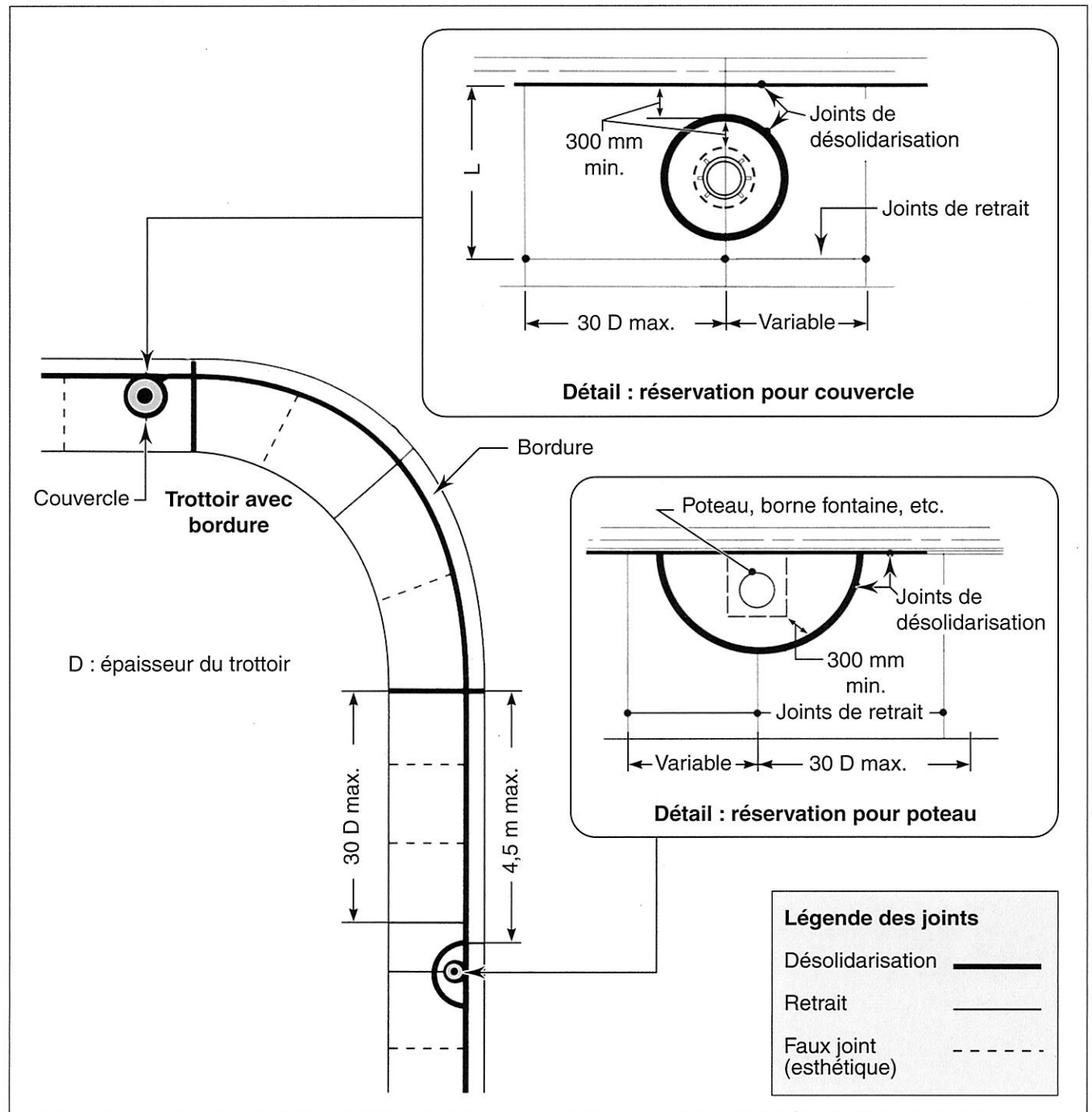
- l'arasement, ou régalinge;
- l'aplanissement;

- le façonnage des bords au fer à bordure;
- le talochage;
- la finition antidérapante au balai.

Types et emplacement des joints

Les joints que l'on trouve dans les autres types de structures de béton sont également pratiqués dans les trottoirs et les bordures. Ce qui diffère, c'est leur emplacement (figure 34).

Figure 34 Disposition des joints (CPCA)



Cure

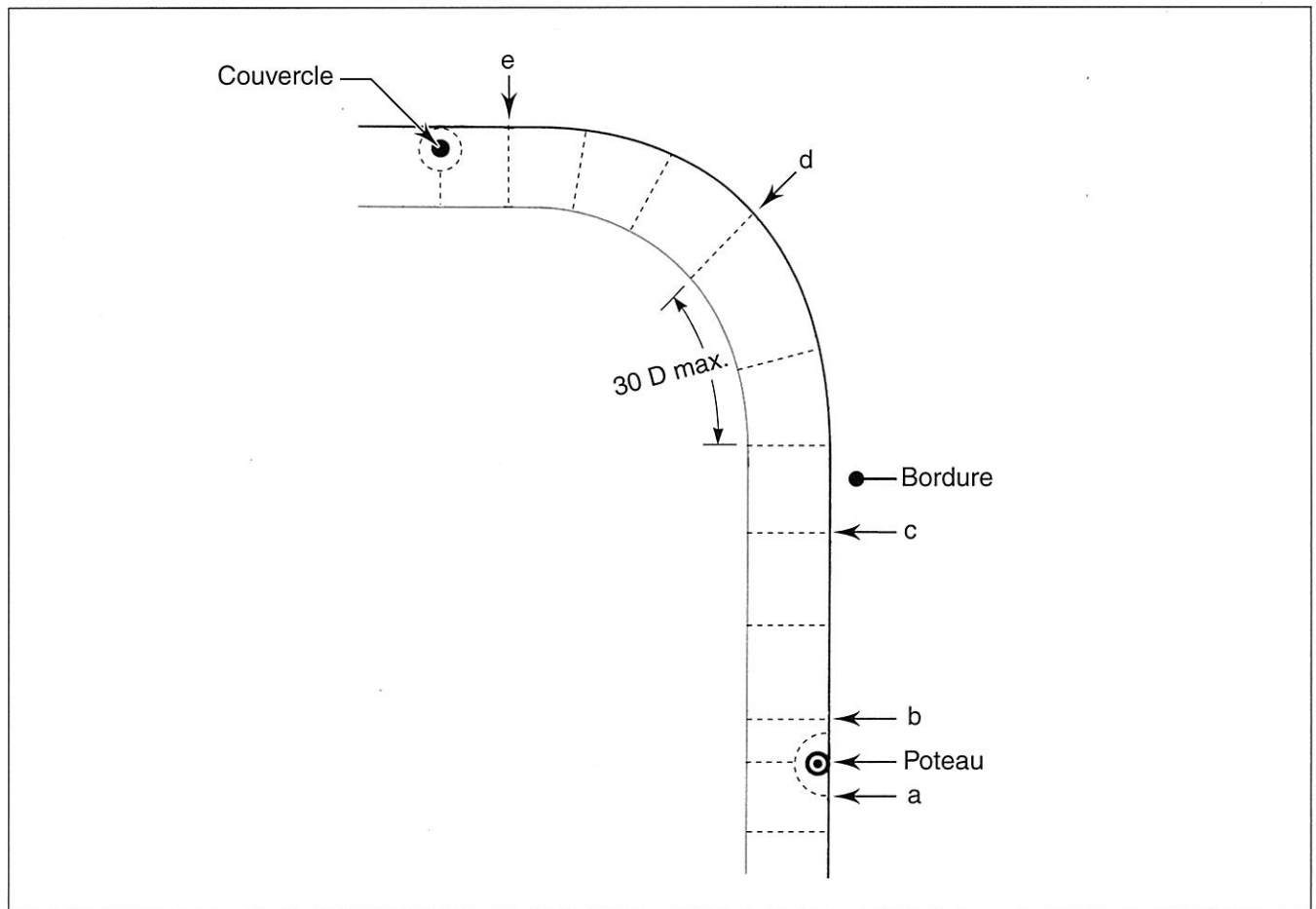
La cure du béton des trottoirs et des bordures doit débuter immédiatement après les opérations de finition. Peu importe la méthode utilisée, la cure doit être maintenue durant au moins sept jours à des températures variant entre 10 et 30 °C.

Exercice 2

1. Même si la mise en place du béton de chaussée est exécutée mécaniquement, certaines précautions doivent être prises. Quelles sont-elles?
 - a) La température extérieure lors du bétonnage doit être comprise entre 0 et 35 °C. ☐
 - b) Aux endroits où il y a des joints garnis de tirants et de goujons, il faut déposer le béton sans déplacer l'acier. ☐
 - c) Aux endroits difficiles d'accès (près des coffrages, des joints, des regards, des bordures, des trottoirs, etc.), il faut consolider le béton à l'aide d'un vibreur manuel. ☐
 - d) Toute irrégularité de la surface excédant 15 mm doit être corrigée. ☐
 - e) La texture antidérapante du béton doit être réalisée à l'aide d'un balai à poils drus. ☐
 - f) Les vibreurs ne doivent pas toucher aux coffrages ni aux tirants et aux goujons des joints. ☐
 - g) Lorsque la mise en place est interrompue pour plus de 45 minutes, on doit réaliser un joint de construction. ☐
 - h) L'intervalle entre deux couches successives doit être supérieure à 30 minutes. ☐
 - i) Il faut retirer, au fur et à mesure, le béton qui excède le bord de la chaussée. ☐
 - j) Le béton doit être étendu régulièrement pour en éviter la ségrégation. ☐

2. La figure 35 représente un trottoir monolithique. Indiquez à quel type de joint correspond chacune des lettres (joint de retrait, joint esthétique ou joint de désolidarisation).

Figure 35 Trottoir monolithique (CPCA)



- a) _____
- b) _____
- c) _____
- d) _____
- e) _____

3. Qui suis-je?

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------------|
| a) Appareil servant à réaliser la finition antidérapante d'une chaussée. | ☐ | 1. Joint transversal |
| b) Entaille effectuée dans le sens de la longueur. | ☐ | 2. Joint longitudinal |
| c) Revêtement de béton. | ☐ | 3. Structure portante |
| d) Ensemble des éléments de béton et d'acier qui supporte une chaussée. | ☐ | 4. Fondation |
| e) Entaille effectuée dans le sens de la largeur. | ☐ | 5. Couche de roulement |
| f) Élément appliqué sur une structure de béton pour en assurer l'étanchéité. | ☐ | 6. Membrane bitumineuse |
| g) Couches successives composées de gravier et de sable servant à supporter une structure de béton. | ☐ | 7. Tapis de type « astroturf » |
| h) Élément servant à unir une structure de béton à une structure fixe. | ☐ | 8. Joint de désolidarisation |

4. Associez chaque type de structure de béton à sa particularité (figure 36).

Figure 36 Particularités des structures de béton

Structures	Particularité
a) Ponts ☐	1. Bétonner à l'aide de coffrages préalablement installés ou d'une machine à coffrages glissants.
b) Escaliers ☐	2. Bétonner mécaniquement sur une fondation compactée.
c) Poutres ☐	3. Bétonner en commençant par les extrémités et en progressant vers le centre.
d) Bordures et trottoirs ☐	4. Bétonner dans des coffrages à tabliers.
e) Murs ☐	5. Bétonner mécaniquement sur des dalles portantes.
f) Chaussées ☐	6. Bétonner à l'aide de trémies ou de pompes pour atteindre la base de la structure.

RÉPARATION DES OUVRAGES DE BÉTON

Même si le béton est un matériau résistant et durable, de trop grandes contraintes ou une mauvaise mise en œuvre peuvent causer une détérioration précoce.

TYPES DE DOMMAGES ET CAUSES

Les types de dommages les plus fréquemment observés sur les surfaces de béton sont présentés à la figure 37.

Figure 37 Causes des différents types de dommages (CPCA)

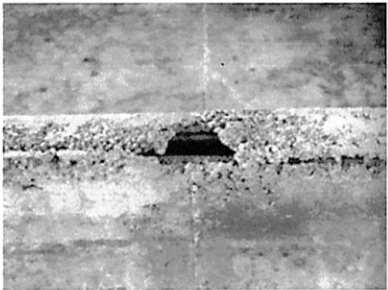
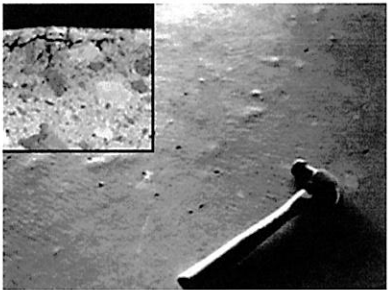
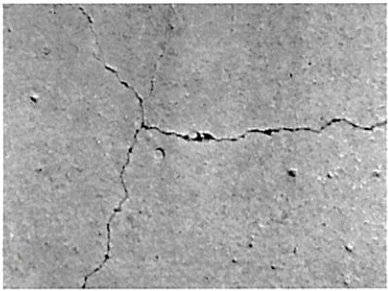
Types de dommages	Causes
Ségrégation (nids d'abeille) 	– Affaissement inadéquat; – consolidation excessive; – coffrages non étanches; – mauvais dosage (dimension excessive des gros granulats); – durée du malaxage insuffisante; – surcharge du malaxeur.
Soufflage (<i>pitting</i>) 	– Excès d'air emprisonné en raison d'une mauvaise consolidation; – finition prématurée du béton (le béton était encore trop plastique au moment de la finition).
Fissuration et craquelage 	– Consolidation insuffisante; – retrait de séchage trop rapide; – absence ou mauvaise disposition des joints; – fondation insuffisamment compactée; – période de cure trop courte; – résistance mécanique insuffisante.

Figure 37 Causes des différents types de dommages (suite) (CPCA)

Types de dommages	Causes
Écaillage et délaminage 	– Finition effectuée avant le ressuage; – corrosion de l'acier d'armature; – exposition à des chocs; – décoffrage inadéquat.
Formation de cratères (<i>popouts</i>) 	– Utilisation de granulats de piètre qualité; – corrosion de l'acier d'armature.
Décoloration 	– Présence d'impuretés dans l'eau de gâchage; – emploi de chlorure de calcium; – finition inadéquate (truillage exagéré); – utilisation excessive d'huile à coffrages; – cure inadéquate; – corrosion de l'acier d'armature.
Surface poussiéreuse (farinage) 	– Finition inadéquate (trop hâtive ou excessive); – utilisation de béton de faible résistance; – affaissement trop grand; – cure inadéquate; – excès de granulats fins.

PROCÉDURES DE RÉPARATION

Il existe plusieurs méthodes permettant de réparer et d'entretenir le béton. Il faut choisir la technique appropriée en tenant compte du type de problème, de ses causes, de l'efficacité de la réparation, de son coût, etc.

Surfaces largement endommagées

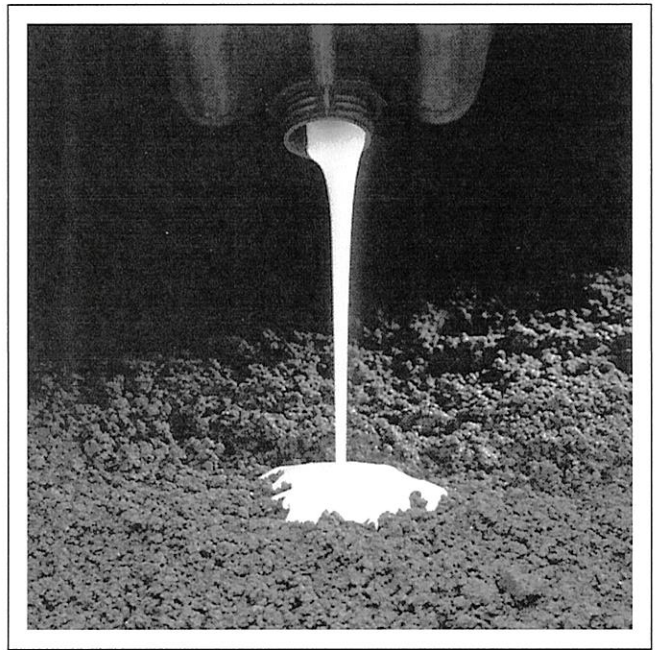
Pour réparer de grandes surfaces, il faut généralement procéder de la façon suivante :

1. Nettoyer la surface à l'aide de l'une des méthodes suivantes :
 - jet d'eau sous pression;
 - jet abrasif;
 - solution d'acide chlorhydrique (acide muriatique ou HCl);
 - bouchardage (nettoyage au marteau piqueur).
2. Appliquer une couche assurant l'adhérence :
 - coulis de ciment (mélange presque liquide de pâte et de granulats fins) (figure 38);
 - mortier (mélange plus ferme que le coulis, ayant les mêmes composants);
 - substance à base de latex (figure 39).

Figure 38 Coulis de ciment (Mapei) (Novo/Plan 2)



Figure 39 Agent à base de latex acrylique (Mapei) (Planicrete AC)



3. Appliquer la couche de resurfaçage :

- nouvelle couche de béton (d'une épaisseur minimale donnée);
- gunite (béton projeté spécial donnant un fini peu uniforme) (figure 40);
- crépi (mince couche de mortier) (figure 41);
- résine d'époxy (technique très efficace qui ne nécessite pas de couche d'adhérence, mais qui coûte très cher) (figure 42).

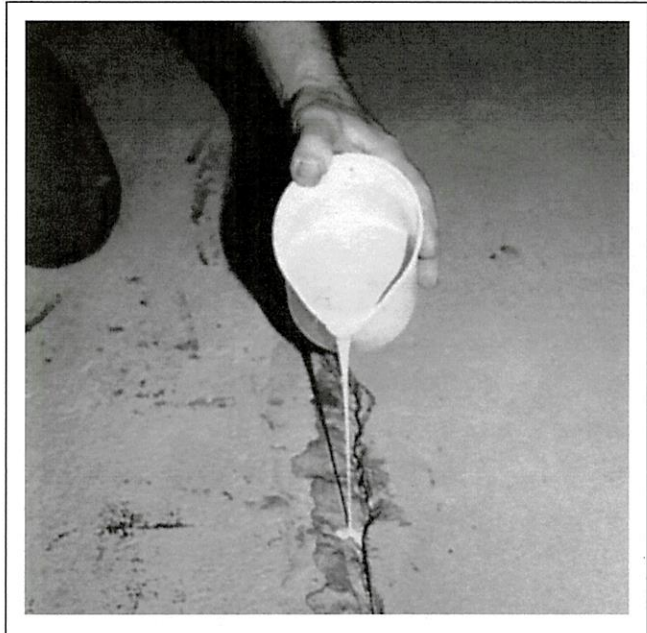
Figure 40 Béton projeté (Mapei) (Planitop 12)



Figure 41 Crépi (Mapei)

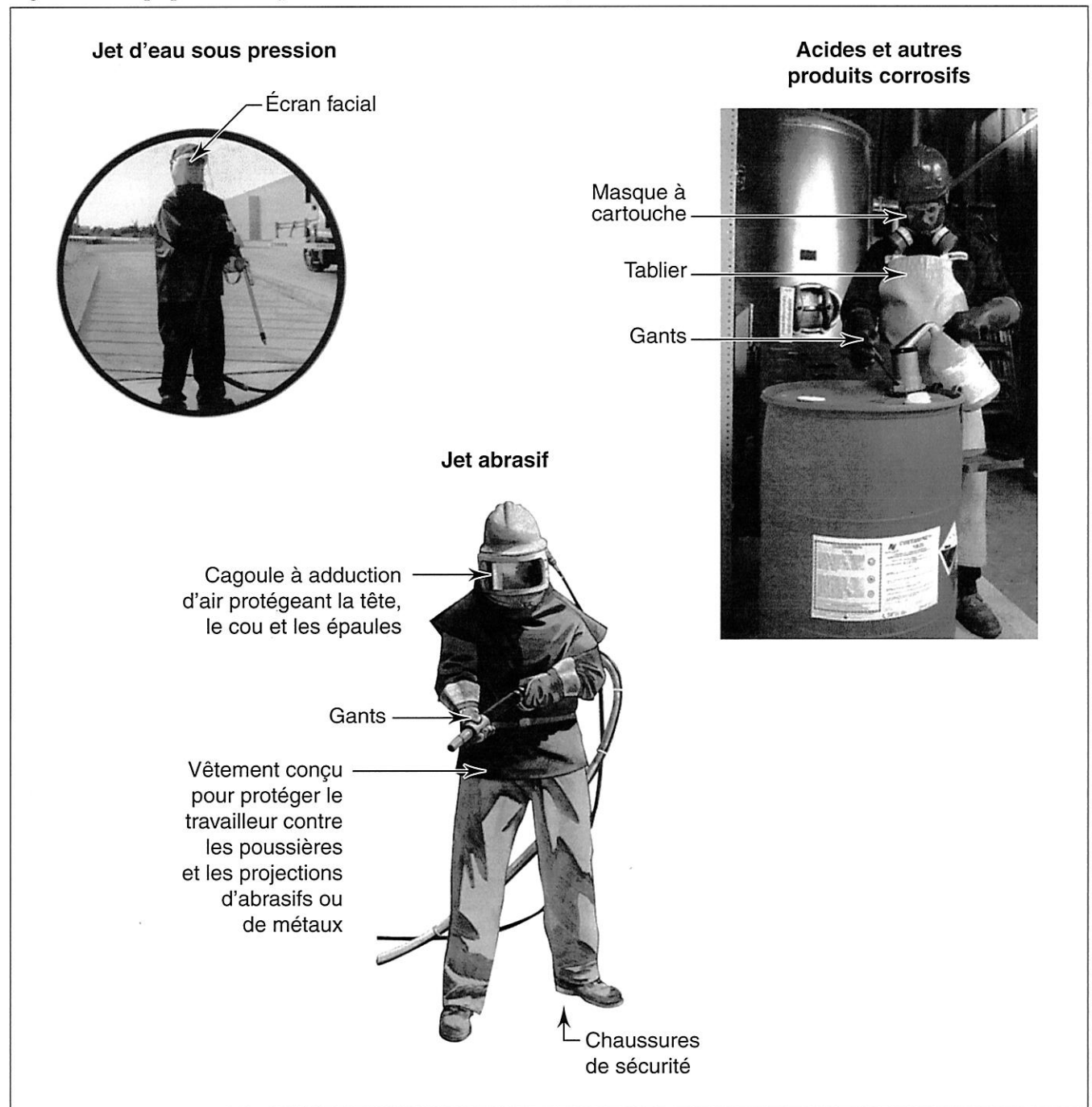


Figure 42 Résine d'époxy (Mapei) (EPO/BOND 30)



Lorsqu'on nettoie une surface de béton à l'aide d'un jet abrasif, d'acide chlorhydrique ou d'un marteau piqueur, il faut porter l'équipement de protection individuelle adéquat (figure 43).

Figure 43 Équipement de protection individuelle (CSST)



Domages localisés

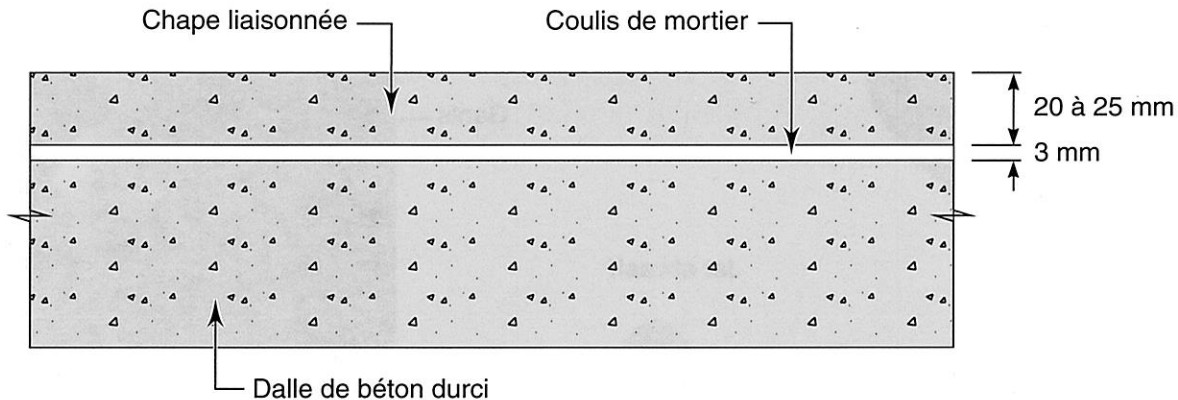
Lorsqu'il s'agit de petites surfaces, il faut simplement réparer la zone endommagée à l'aide d'un produit approprié :

- mortier appliqué à la truelle;
- mortier appliqué sous pression;
- produit à base d'époxy.

CHAPES DE BÉTON

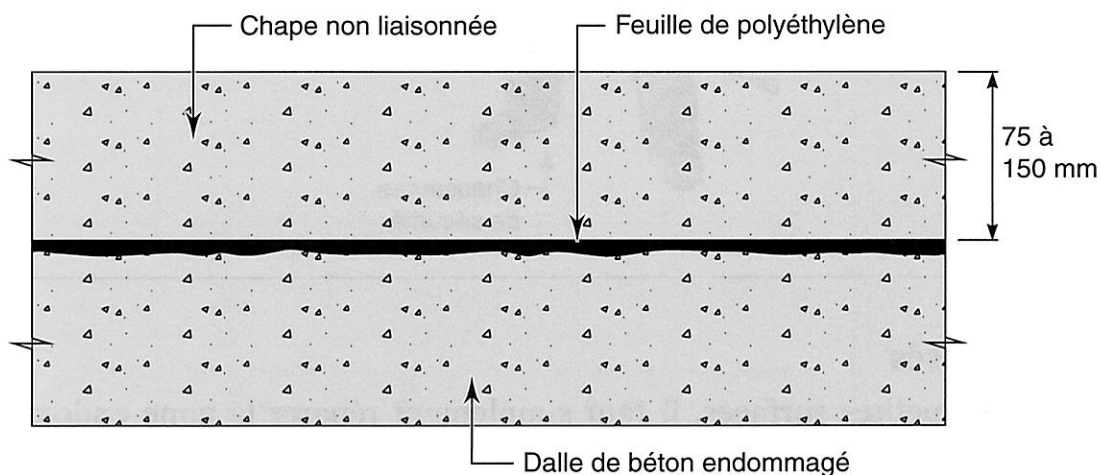
Une chape est une couche de béton ou de mortier, de faible épaisseur, destinée à améliorer l'état de surface d'une dalle. Les **chapes de béton liaisonnées** (figure 44) doivent être mises en place sur des dalles de béton durci. Et lorsque la dalle est endommagée, on applique une **chape non liaisonnée** (figure 45).

Figure 44 Mise en œuvre d'une chape liaisonnée



1. Nettoyer la surface de la dalle à l'aide de l'une des techniques de nettoyage appropriées.
2. Humidifier la surface de la dalle (sans pour autant qu'il y ait une couche d'eau à la surface).
3. Appliquer sur la dalle un coulis (1 part de sable, 1 part de ciment et 1/2 part d'eau).
4. Mettre en place la chape avant que le coulis ne s'assèche.

Figure 45 Mise en œuvre d'une chape non liaisonnée



1. Recouvrir la dalle d'une feuille de polyéthylène ou de papier imperméable.
2. Mettre la chape en place (75 à 150 mm d'épaisseur).
3. Reproduire les joints de la dalle sur la chape non liaisonnée.

AUTRES TECHNIQUES DE BÉTONNAGE

Certaines techniques de bétonnage permettent d'obtenir d'autres types de finis. Il s'agit alors de créer des effets architecturaux ou de contourner certains problèmes, comme le bétonnage de plafonds ou de murs inclinés.

CRÉPI ET STUC

Le crépi et le stuc jouent un double rôle. Ils imperméabilisent les murs extérieurs d'un bâtiment et servent également de finition texturée.

Dosage et temps de prise

La plupart des matériaux nécessaires pour faire du stuc et du crépi existent en différents formats. Les composants étant prémélangés, il suffit d'ajouter de l'eau au mélange de granulats pour obtenir la consistance recherchée.

Les proportions du mélange et de l'eau sont habituellement spécifiées sur l'emballage. On doit suivre les instructions du fabricant afin d'assurer la qualité du mélange et de conserver les propriétés du crépi ou du stuc.

CRÉPISSAGE

Conditions d'application

La teneur en humidité de la maçonnerie doit être mesurée avant l'application de la première couche de crépi. Elle ne doit pas être supérieure à 4 % de la masse. Un test d'humidité doit être pratiqué. La mesure de l'humidité se fait au moins en trois points, de préférence du côté du vent et dans les zones susceptibles de rester le plus longtemps humides.

La température extérieure influe sur la qualité du crépi. Par temps chaud et sec, le crépi doit être maintenu humide; par temps froid, chaque couche d'enduit doit être maintenue à environ 10 °C pendant le temps de séchage.

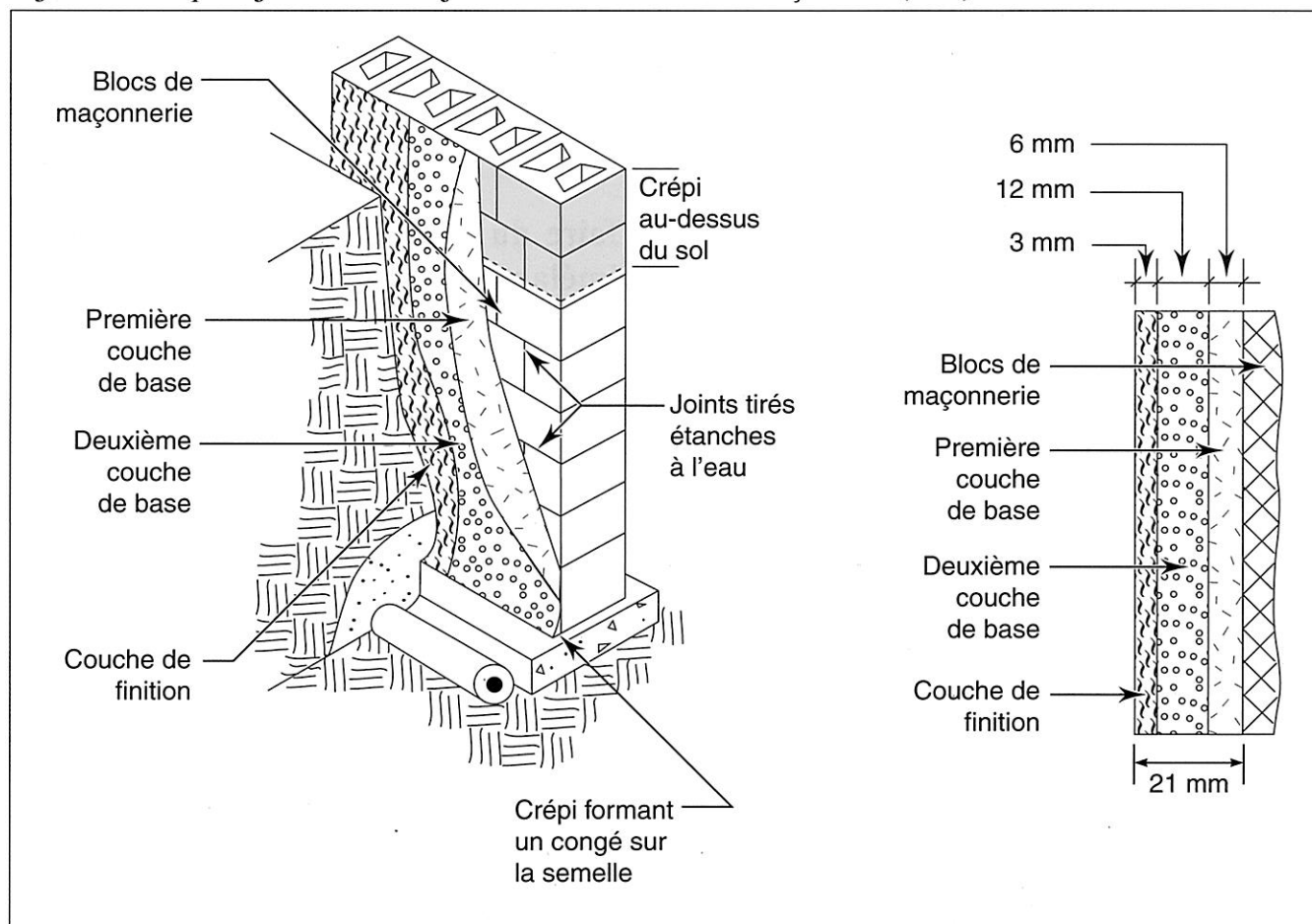
Application des enduits de base

Une bonne préparation de la surface garantit une adhérence du fini texturé. Le crépi est composé d'au moins deux couches de base et d'une couche de finition. Sur certaines constructions neuves, la mise en œuvre du crépi peut se faire en une seule couche.

Pour le crépissage, la première couche de base doit avoir une épaisseur d'au moins 6 mm à partir de la face de la maçonnerie. On doit la strier pour faciliter l'accrochage de la seconde couche.

La deuxième couche de crépi, d'une épaisseur d'au moins 12 mm, adhère à la face striée de la couche précédente (figure 46). Sa propre finition doit être légèrement striée si la couche de finition n'est pas en gravillons. Les couches de base forment un congé sur la semelle de la fondation pour éviter les infiltrations d'eau à la jonction des murs de fondation et de la semelle.

Figure 46 Crépissage d'un mur de fondation en éléments de maçonnerie (CNB)



Sur les murs de béton monolithique neufs, la mise en œuvre de crépi peut se faire en une seule couche d'une épaisseur de 15 mm. Toutefois, il est habituellement posé en trois couches. L'épaisseur des différentes couches de base est sensiblement la même pour le crépi appliqué sur les murs de fondation composés d'éléments de maçonnerie et de béton coulé sur place.

Application de l'enduit de finition

La couche de finition doit avoir une épaisseur d'au moins 3 mm d'épaisseur. Avant son application, la deuxième couche de base doit être mouillée sans toutefois être imprégnée d'eau. Si la couche de finition est composée de gravillons, ceux-ci doivent être partiellement enrobés dans la deuxième couche de base avant la prise ou le durcissement de cette dernière.

On doit séparer, de façon fictive, la surface à couvrir en bandes de 1,50 m de large. On commence l'application par le bas du mur, puis on remonte tranquillement en laissant environ 3 mm de pâte sur toute la surface. Une fois la surface couverte, il faut vérifier sa planéité et la redresser au besoin avec la taloche.

Lorsque deux surfaces forment un angle extérieur, on doit lisser la surface à partir de l'arête pour que cette dernière soit nette et rectiligne (figure 47).

On peut texturer l'enduit de finition en utilisant différents outils. La figure 48 montre quelques outils utilisés pour texturer la couche de finition de stuc ou de crépi.

Figure 47 Finition d'un angle extérieur

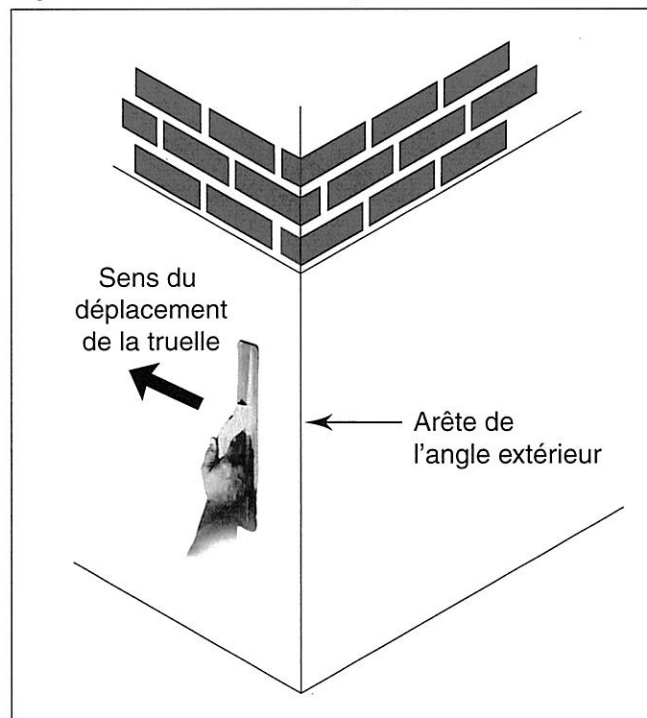
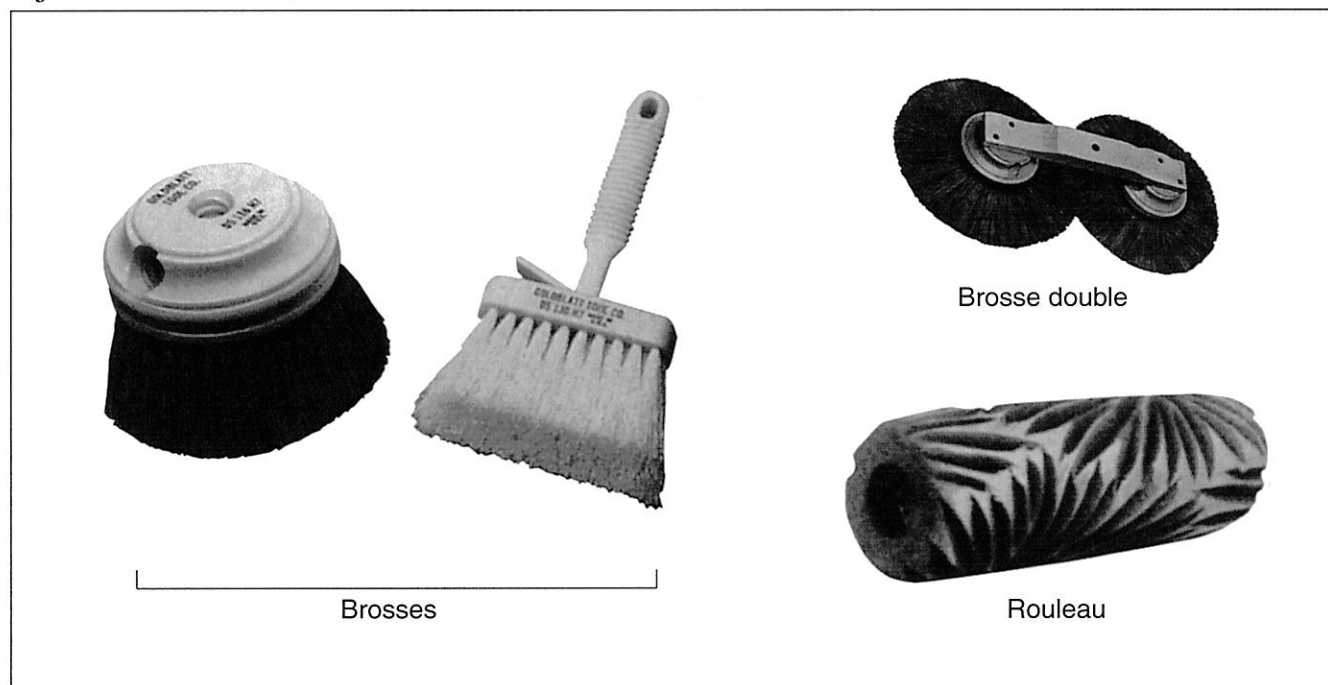


Figure 48 Outils à texturer



BÉTON PROJETÉ

Le béton projeté (ou gunité) est fabriqué avec des granulats d'un calibre pouvant aller jusqu'à 20 mm. Il est projeté pneumatiquement à haute vitesse sur une surface horizontale ou verticale (figure 49). Il peut être appliqué directement sur le sol ou employé pour réparer une surface de béton.

Figure 49 Béton projeté (CPCA)



- Béton projeté sur le sol : Le sol doit être compacté et préalablement humidifié.
- Béton projeté pour réparation : La surface de béton existante ainsi que l'armature ajoutée doivent être nettoyées à l'aide d'abrasifs secs. De plus, les surfaces de béton doivent être humidifiées jusqu'à saturation, tout en restant sèches en surface pour permettre l'adhésion de la couche de béton appliquée.

Mise en place du béton projeté

Lors de l'application du béton projeté, il faut respecter certaines recommandations :

- La température du béton projeté doit être supérieure à 7 °C au moment de l'application, puis maintenue à plus de 5 °C au cours des sept jours suivant l'application.
- L'application doit être effectuée de façon continue à partir des coins inférieurs de l'ouvrage.
- L'épaisseur minimale de la couche appliquée doit être de 20 mm.
- Avant d'appliquer une seconde couche, il faut brosser doucement la surface pour enlever les résidus.
- On ne doit pas réutiliser le béton projeté qui n'a pas adhéré à la surface.

Finition et cure

La finition d'une surface de béton projeté comprend deux étapes :

1. Régalage et aplanissement du béton.
2. Cure du béton : Le béton doit être recouvert d'une toile de jute mouillée que l'on recouvre d'une pellicule de polyéthylène pour éviter l'évaporation de l'eau.



Les opérateurs de lance de projection doivent passer une épreuve de qualification au moins deux semaines avant le début des travaux de béton projeté. Cette épreuve, valide pour l'année en cours, consiste à projeter du béton dans trois moules : un moule placé dans un plan horizontal de façon à projeter le béton par le dessous de la surface horizontale (comme s'il s'agissait d'un plafond) et deux moules placés dans un plan vertical.

Exercice 3

1. Indiquez une cause possible pour chacun des dommages suivants :
 - a) Soufflures : _____
 - b) Craques : _____
 - c) Cratères : _____
 - d) Poussière : _____
 - e) Nids d'abeille : _____
 - f) Décoloration : _____
 - g) Écailles : _____
2. Une question de chiffres! Complétez les recommandations liées à la mise en place du béton projeté.
 - a) La température du béton projeté doit être supérieure à _____°C au moment de l'application.
 - b) La température du béton projeté doit être maintenue à plus de _____°C au cours des _____ jours suivant l'application.
 - c) L'épaisseur minimale de la couche appliquée est de _____ mm.
 - d) Avant d'appliquer la couche n° _____, il faut broser doucement la surface pour enlever les résidus.

3. Vous devez refaire le crépi de la fondation d'une maison centenaire. Choisissez le mot parmi les choix offerts qui complète les énoncés suivants.

- a) La première couche doit avoir une épaisseur d'au moins _____ (3 mm, 6 mm, 12 mm).
- b) Par temps froid, la température _____ (extérieure, de la fondation, de chaque couche d'enduit) doit être maintenue à environ _____ (5 °C, 7 °C, 10 °C) pendant le temps de séchage.
- c) Par temps chaud, le crépi doit être maintenu _____ (humide, sec, froid) pendant le temps de séchage.
- d) On doit _____ (lisser, strier, gommer) la couche de base pour faciliter l'accrochage de la seconde couche.
- e) La deuxième couche de crépi doit avoir une épaisseur d'au moins _____ (3 mm, 6 mm, 12 mm).

4. Vous devez réparer des nids d'abeilles à la surface d'une poutre de béton. Quelles sont vos options?

5. Vous devez poser une chape sur une dalle de béton largement fissurée.

a) Quel type de chape poserez-vous?

b) Quelles seront les trois principales étapes de pose?

1. _____

2. _____

3. _____

6. Vrai ou faux? Rectifiez l'énoncé, le cas échéant.	Vrai	Faux
a) La cure du béton doit toujours débiter le plus rapidement possible après les opérations de finition.	☐	☐
b) Le béton projeté est fabriqué avec des granulats d'un calibre allant jusqu'à 40 mm.	☐	☐
c) La consolidation mécanique consiste à pilonner le béton avec une tige longue et fine.	☐	☐
d) Les joints préviennent les dommages causés par le séchage, les variations de température ou les contraintes mécaniques excessives.	☐	☐
e) Une chape de béton liaisonnée doit être mise en place sur une dalle de béton durci.	☐	☐
f) La règle droite permet de vérifier la dureté d'une dalle de plancher.	☐	☐
g) On installe généralement les membranes thermo-fusibles à l'aide d'un chalumeau.	☐	☐
h) Le gunité est un béton projeté spécialement conçu pour la réparation du béton endommagé.	☐	☐
i) Le bouchardage est une technique de réparation du béton.	☐	☐
j) La fondation d'un ouvrage de béton est la structure de béton sur laquelle il repose.	☐	☐

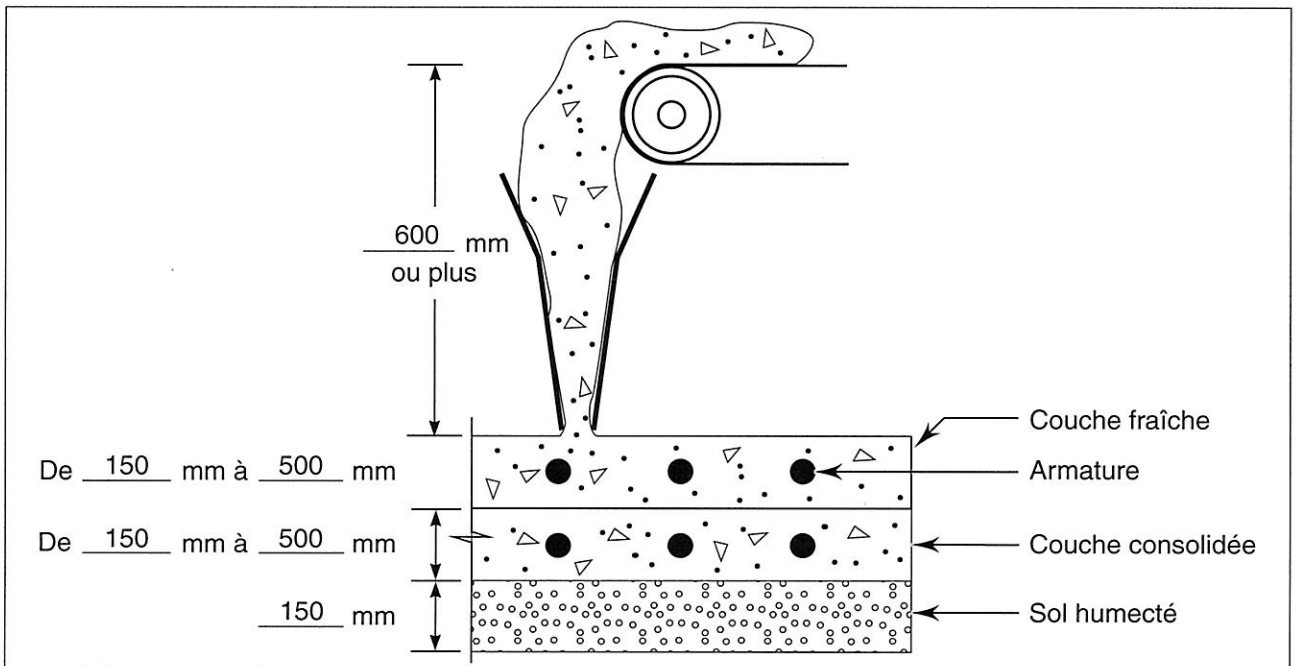
This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Annexe A – Solutionnaire

Exercice 1

1. a) Faux. Il suffit de nettoyer la surface à l'eau.
- b) Faux. Il ne faut pas laisser le béton tomber en chute libre sur plus de 600 mm.
- c) Vrai
- d) Faux. L'escalier ouvert repose sur deux appuis.
- e) Vrai
- f) Vrai
- g) Faux. La période de cure varie selon plusieurs facteurs.
- h) Vrai
- i) Faux. La fondation granulaire doit être humectée sur une profondeur d'environ 150 mm.
- j) Faux. La température maximale de chauffage est de 75 °C.

2. Figure A-1



3. a) Joint de construction
 - b) Joint d'expansion ou de désolidarisation
 - c) Joint d'expansion ou de désolidarisation
 - d) Joint de contrôle
4. g, d, a, j, b, m, k, e, i, c, f, l, h

Exercice 2

1. b, c, f, g, i et j
2. a) Joint de désolidarisation
 - b) Joint de retrait
 - c) Joint esthétique
 - d) Joint de retrait
 - e) Joint de désolidarisation
3. a) 7 b) 2 c) 5 d) 3 e) 1 f) 6 g) 4 h) 8
4. a) 5 b) 4 c) 3 d) 1 e) 6 f) 2

Exercice 3

1. a) Une réponse parmi les suivantes :
mauvaise consolidation (excès d'air emprisonné) / finition prématurée du béton.
- b) Une réponse parmi les suivantes :
consolidation insuffisante / retrait de séchage trop rapide / absence ou mauvaise disposition des joints / fondation insuffisamment compactée / période de cure trop courte / résistance mécanique insuffisante.
- c) Une réponse parmi les suivantes :
granulats de piètre qualité / corrosion de l'acier d'armature.
- d) Une réponse parmi les suivantes :
finition inadéquate / béton de faible résistance / affaissement trop grand / cure inadéquate / excès de granulats fins.

- e) Une réponse parmi les suivantes :
affaissement inadéquat / consolidation excessive / coffrages non étanches / mauvais dosage (granulats trop gros) / durée du malaxage insuffisante / surcharge du malaxeur.
- f) Une réponse parmi les suivantes :
impuretés dans l'eau de gâchage / emploi de chlorure de calcium / finition inadéquate (truillage exagéré) / utilisation excessive d'huile à coffrages / cure inadéquate / corrosion de l'acier d'armature.
- g) Une réponse parmi les suivantes :
finition effectuée avant le ressuage / corrosion de l'acier d'armature / exposition à des chocs / décoffrage inadéquat.
2. a) La température du béton projeté doit être supérieure à 7 °C au moment de l'application.
- b) La température du béton projeté doit être maintenue à plus de 5 °C au cours des sept jours suivant l'application.
- c) L'épaisseur minimale de la couche appliquée est de 20 mm.
- d) Avant d'appliquer la couche n° 2, il faut broser doucement la surface pour enlever les résidus.
3. a) La première couche doit avoir une épaisseur d'au moins 6 mm (3 mm, 6 mm, 12 mm).
- b) Par temps froid, la température de chaque couche d'enduit (extérieure, de la fondation, de chaque couche d'enduit) doit être maintenue à environ 10 °C (5 °C, 7 °C, 10 °C) pendant le temps de séchage.
- c) Par temps chaud, le crépi doit être maintenu humide (humide, sec, froid) pendant le temps de séchage.
- d) On doit strier (lisser, strier, gommer) la couche de base pour faciliter l'accrochage de la seconde couche.
- e) La deuxième couche de crépi doit avoir une épaisseur d'au moins 12 mm (3 mm, 6 mm, 12 mm).
4. Remplir les trous à l'aide de mortier appliqué à la truelle, de mortier appliqué sous pression ou d'un produit à base d'époxy.

5. a) Chape non liaisonnée
 - b) 1. Recouvrir la dalle d'une feuille de polyéthylène ou de papier imperméable.
 2. Mettre la chape en place (75 à 150 mm d'épaisseur).
 3. Reproduire les joints de désolidarisation de la dalle sur la chape non liaisonnée.
6. a) Vrai
 - b) Faux. Le béton projeté est fabriqué avec des granulats d'un calibre allant jusqu'à 20 mm.
 - c) Faux. La consolidation **manuelle** consiste à pilonner le béton avec une tige longue et fine.
 - d) Vrai
 - e) Vrai
 - f) Faux. La règle droite permet de vérifier la **planéité** d'une dalle de plancher.
 - g) Vrai
 - h) Vrai
 - i) Faux. Le bouchardage est une technique de **nettoyage** (au marteau piqueur) du béton.
 - j) Faux. La fondation d'un ouvrage de béton est le sol sur lequel il repose.

– Merci de votre précieuse collaboration –

2955, boulevard de l'Université, 5^e étage
Sherbrooke (Québec) J1K 2Y3
Att. : Responsable de production
Tél. : 819 822-6886 Téléc. : 819 822-6892
Courriel : cepeq@cepeq.qc.ca

- Titre du document :

[illegible]

[illegible]