cem suisse

Cahier technique concernant les constructions en béton de parement

Quatrième édition, entièrement révisée, 2026
Cahier technique CT 02



Publié par :
BETONSUISSE



Extension du Musée national à Zurich
Architecture : Christ & Gantenbein | Photo : Giuseppe Micciché

Sommaire

Avant-propos 4

Membres du groupe de travail 5

1 Champ d'application 6
1.1 Délimitation 6
1.2 Références 7
1.3 Intégration contractuelle du cahier 7

2 Notions et définitions 8

3 Aspects du béton de parement 12
3.1 Généralités 12
3.2 Effets obtenus par la peau de coffrage et le coffrage lui-même 14
3.3 Types de coffrage 20

4 Équipe du béton de parement 21

5 Classes de surface de béton apparent 22
5.1 Définition des différentes classes de surface de béton apparent (CBA) 22
5.2 Exigences en matière de surfaces de béton 23

6 Le projet 31
6.1 Généralités 31
6.2 Convention d'utilisation 32
6.3 Faisabilité 32
6.4 Prévention des défauts du béton au stade de la conception 32
6.5 Management de l'assurance qualité relative au projet (PAQ) 40
6.6 Veiller à la maîtrise des coûts 40
6.7 Durée de la construction et reports de délais 40

7 Mise en soumission 41
7.1 Principes généraux 41
7.2 Éléments de référence 42

8 Exécution 43

9 Évaluation 44
9.1 Généralités 44
9.2 Impression générale 44
9.3 Critères particuliers 44
9.4 Réception 44

10 Réparation, cosmétique du béton 45

Avant-propos

Le béton de parement reflète la manière dont nous construisons. Il met en relief la conception, l'exécution et l'authenticité des matériaux. L'ouvrage fabriqué ne peut être ni travesti ni dissimulé. Chaque décision reste lisiblement inscrite sur ses murs.

Le béton de parement est bien plus qu'une surface, il est le résultat d'un processus commun. Son niveau de qualité se prépare bien avant le bétonnage. Il commence à l'étude du projet, lors du choix du coffrage, de l'entente entre les parties et de l'organisation minutieuse du chantier. Réaliser un béton de parement, ce n'est pas se cantonner à une structure porteuse, c'est aussi modeler l'apparence future de l'ouvrage.

Le processus de construction habituel est ici inversé. On construit un négatif dont l'empreinte restera visible. La surface finie conserve les traces de sa genèse et confère à chaque ouvrage son caractère inimitable.

Le béton de parement pose des exigences élevées à tous les intervenants : architectes, ingénieurs, maîtrises d'ouvrage et exécutants doivent définir leurs objectifs très tôt et en bonne entente afin de les mener à terme avec rigueur. Seule une étroite collaboration permet de répondre en toute fiabilité aux exigences de technique, d'exécution et de conception.

Dans le même temps, le béton de parement est synonyme de durabilité. Il présente le matériau sans fard ni artifice et exploite directement ses qualités. Sa solidité, sa longévité et le faible entretien qu'il demande peuvent grandement contribuer à des ouvrages durables et économes en ressources.

Ce cahier vous aide à établir une planification responsable, un descriptif clair et une exécution minutieuse du béton de parement. La mise à jour concerne notamment certaines précisions apportées à la norme SIA 118/262 rééditée en 2026 ainsi que des consignes concernant les variations de teinte. Les annexes ont été allégées et remaniées afin d'orienter davantage les informations importantes sur les applications pratiques. Les recommandations formulées reposent sur les expériences des concepteurs et des exécutants, et doivent encourager à clarifier très tôt les attentes ainsi qu'à garantir avec une précision d'orfèvre la qualité des surfaces en béton de parement.

Tous nos remerciements vont à Dr. Frank Jacobs, l'auteur de ce cahier, et aux membres du groupe de soutien Ivo Haefeli, Cathleen Hoffmann, Emanuel Meyer et Olivia Zbinden pour leur engagement fort dans le remaniement de cette quatrième édition.

Nous vous souhaitons une agréable lecture et de nombreux projets aboutis avec du béton de parement. Nous attendons avec impatience vos retours d'expérience et vos témoignages concrets.

Berne, août 2026

Patrick Suppiger
Directeur de BETONSUISSE

Membres du groupe de travail

Auteur
Frank Jacobs, Dr. sc. techn. ETH/EPF, Watt
Jacobs Bauberatung

Groupe de soutien
Ivo Haefeli, Péry
Vigier Ciments SA

Cathleen Hoffmann, ingénieure civile diplômée TU, Würenlingen
Holcim (Suisse) SA

Emanuel Meyer, Wildegg
Jura-Cement-Fabriken AG

Olivia Zbinden, responsable Relations Publiques, Berne
BETONSUISSE Marketing AG

Remerciements
L'éditeur remercie de leur contribution active l'auteur Dr Frank Jacobs ainsi que les représentants des organisations et des institutions impliquées.

1 Champ d’application

1.1 Délimitation

Le présent cahier s’adresse aux concepteurs (architectes et ingénieurs) et aux maîtres d’ouvrage, à leurs représentants, aux investisseurs et aux entrepreneurs, qui travaillent le béton de parement.

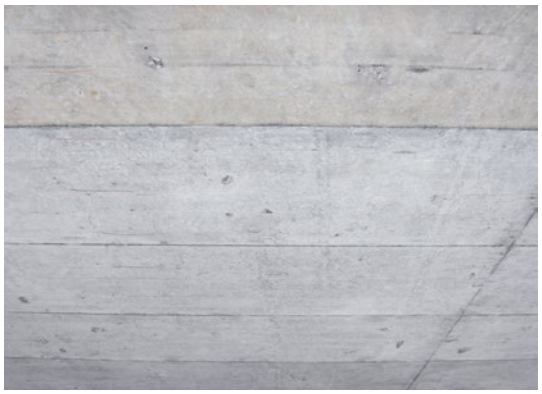
Il contient des indications à suivre pour obtenir avec plus de précision la qualité souhaitée. Il complète les normes SN EN 206, SIA 262, SIA 118/262, SN EN 13670 ainsi que SN EN 13369.

Le cahier concerne les surfaces de béton coffrées (classes de surface de béton apparent CBA 2, CBA 3, CBA S) mises en soumission en tant que béton de parement. Les surfaces de béton apparent visibles ne présentant pas ou peu d’exigences esthétiques (CBA 0, CBA 1) ne sont pas du béton de parement selon la norme SIA 118/262, mais sont répertoriées par souci d’exhaustivité et pour une meilleure compréhension.

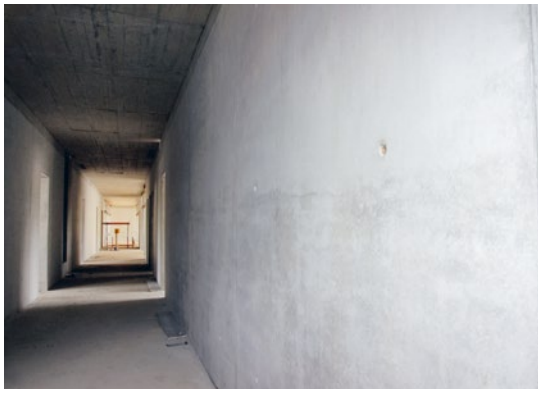
Les surfaces de béton traitées, p. ex. sablées, bouchardées, acidifiées, ainsi que la protection des surfaces et leur remise en état ne sont prises en compte que de façon marginale. Les règles contenues dans ce cahier sont élaborées pour le béton selon la norme SN EN 206. Pour le béton projeté par exemple, il est nécessaire de les vérifier et, le cas échéant, de les adapter aux spécificités de cette technique.

Ce cahier s’applique avant tout aux éléments en béton coulé en place, mais peut également être utile à la production d’éléments préfabriqués.
Il mentionne certains aspects de l’exécution que le concepteur doit d’emblée prendre en compte dans l’élaboration de son projet. La réalisation des travaux, les détails d’exécution, la composition des bétons, les bétons teintés dans la masse, l’utilisation d’agents de démoulage, la mise en place et le compactage du béton de parement, etc., ne sont pas traités en détail.

Fig. 1 : exemples de surfaces brutes de décoffrage sans exigences esthétiques







1.2 Références

Dans le système de normalisation suisse, la norme SIA 118/262 régit entre autres matériaux le béton de parement. Une nouvelle version a été publiée en 2026.

Le contenu de ce cahier fait référence aux normes mentionnées ci-dessous, sans mentionner spécifiquement l'année de parution. Seule la dernière version (la plus récente) de chaque norme fait foi.

SIA 118	Conditions générales pour l'exécution des travaux de construction.
SIA 118/262	Conditions générales relatives aux constructions en béton
SIA 260	Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
SIA 262	Constructions en béton
SIA 414/1	Tolérances dimensionnelles dans la construction — Termes, principes et règles d'application
SIA 414/2	Tolérances dimensionnelles dans le bâtiment
SN EN 206	Béton : spécification, performances, production et conformité
SN EN 13369	Règles communes pour les produits préfabriqués en béton
SN EN 13670	Exécution des structures en béton

1.3 Intégration contractuelle du cahier

Il est recommandé d'intégrer au contrat d'entreprise les dispositions de ce cahier avec celles de la norme SIA 118/262. Le cahier commente et interprète la norme SIA 118/262.

Il contient des propositions relatives aux tâches des parties concernées. Si ces propositions sont contraires aux prescriptions des normes SIA, p. ex. SIA 118 ou SIA 118/262, elles ne seront intégrées au contrat que si elles ont été explicitement acceptées. Il convient également de vérifier si les tâches des parties impliquées sont souhaitées ou appropriées en fonction de l'ouvrage.

2 Notions et définitions

Dans ce cahier, nous employons les notions et les termes techniques qui suivent.

Distanceurs d'armature
(aussi bien distanceurs que cales dans la norme SIA 118/262)

Éléments aux formes diverses en mortier à base de ciment (éventuellement renforcé de fibres) ou de résine réactive, ou bien en plastique ; fixées à l'armature, les cales servent à maintenir avant et durant le bétonnage l'enrobage requis entre le coffrage et l'armature extérieure, et n'altèrent ni la fonctionnalité ni la longévité d'un élément de construction après le bétonnage.

Délai de décoffrage

Il s'agit du délai à respecter entre la mise en place du béton et le décoffrage. Il appartient à l'ingénieur de fixer le délai de décoffrage d'un élément en béton de parement, lequel dépendra de la résistance du béton, des conditions météorologiques, de la fonction portante de l'élément et des sollicitations dont celui-ci sera l'objet. Pour les surfaces en béton de parement contiguës, il convient de respecter autant que possible des délais de décoffrage harmonisés.

Béton à propriétés spécifiées

Béton selon la norme SN EN 206 pour lequel les propriétés requises et les éventuelles caractéristiques supplémentaires sont spécifiées au producteur. Le producteur a la responsabilité de fournir un béton qui satisfait à ces propriétés requises et à ces caractéristiques supplémentaires.

Béton à composition prescrite

Béton fabriqué selon la norme SN EN 206 dont la composition et les constituants à utiliser sont spécifiés au producteur. Le producteur a la responsabilité de fabriquer un béton respectant cette composition prescrite.

Produit préfabriqué en béton
(produit en béton préfabriqué)

Selon SN EN 13369 : produit en béton qui, conformément à SN EN 13369 ou à une norme produits spécifique, est fabriqué sur un autre site que le site d'utilisation définitif, est protégé des intempéries durant la fabrication et résulte d'un processus industriel soumis à un système de contrôle de la production en usine. Il peut être trié avant la livraison.

Étape de bétonnage

Bétonnage réalisé sans interruption. En matière de béton de parement, les étapes de bétonnage doivent être fixées avant l'exécution.

Enrobage des armatures

Distance entre la surface des armatures et celle du béton. L'enrobage choisi c_{nom} selon la norme SIA 262 doit être indiqué dans les plans et tient compte des écarts tolérés.

Points d'attache (trous d'ancrage)

Trous pour clavettes ; prestation incluse selon SIA 118/262 : fermeture des trous de clavettes par des embouts en plastique.

Ressuage

Exsudation d'eau à la surface du béton frais tout juste coffré. Le ressuage apparaît pendant ou après la mise en place et peut durer jusqu'au début de la prise.

Traces de laitance

Des coulures de laitance de ciment ou de ses éléments fins peuvent notamment apparaître au droit de joints de coffrage non étanches.

Classe de surface de béton apparent

Dans le cas de surfaces de béton restant visibles, les exigences relatives à l'aspect et celles relatives à la surface coffrée sont définies par des classes de surface de béton apparent (CBA 0, CBA 1, CBA 2, CBA 3 et CBA S).

Cales d'empilement (abrégées en cales) **pour éléments en béton**	Éléments d'une géométrie définie servant à empiler des éléments en béton les uns sur les autres. Ils assurent une distance minimale entre les éléments et permettent ainsi un séchage uniforme. Ces cales d'empilement ne doivent pas être confondues avec les distanceurs d'armature destinés à garantir un enrobage suffisant de l'armature.
Teinte du béton	Avec la luminosité et l'intensité, la teinte est l'une des trois composantes de la couleur perçue par l'œil humain. Elle joue donc un rôle majeur dans les exigences imposées pour la surface d'un béton de parement (cf. aussi Colorations indésirables).
Joint	Tracé horizontal ou vertical apparaissant sur la surface du béton pour cause de reprise du bétonnage, de dilatation du béton ou de joint de peau de coffrage.
Trame des joints	Disposition et aspect des joints sur une surface en béton de parement déterminée.
Décrochement (balèvre)	Sur une surface de béton coffré, rebord angulaire et en saillie, d'un élément par rapport à l'élément voisin, dû à une mauvaise mise en place du coffrage.
Efflorescences de chaux	Décolorations claires, parfois aussi sombres, à la surface du béton, principalement causées par la chaux (carbonate de calcium). Elles peuvent apparaître lors d'une dessiccation précoce du béton frais ou en raison des intempéries (pluie, neige, humidité élevée, etc.).
Nid de gravier	Zone mise à nu et très poreuse dans le béton due à un démélange local du béton frais et caractérisée par une concentration de granulats grossiers et un manque de mortier pour les enrober.
Bullage	Ensemble de petites cavités de forme généralement irrégulière, pouvant naître en surface lors du durcissement du béton dans son coffrage. Elles apparaissent principalement sur les zones supérieures des éléments verticaux et peuvent avoir une influence sur l'impression visuelle générale de la surface du béton.
Défaut	Divergence par rapport à une qualité convenue contractuellement, cf. SIA 118, art. 166.
Marbrures	Différences de teinte en forme de nuages ou stries sur la surface d'un béton de parement.
Fines	Particules fines du béton, provenant du ciment, de granulats jusqu'à 0,125 mm et d'éventuelles additions.
Échantillon (réalisation à la main)	Petits échantillons, p. ex. au format de dalles de jardin, qui peuvent être utilisés pour une première évaluation de certains aspects tels que la coloration (p. ex. teneur en pigment, teinte du ciment) et le traitement de surface (p. ex. profondeur d'enlèvement, rugosité). Il convient de noter que l'aspect des échantillons diffère généralement des éléments réels puisque la composition du béton, le compactage, le coffrage, etc., varient.
Cure	La cure du béton à ses deux phases de durcissement (frais, puis jeune) a pour objet de protéger après décoffrage la surface du matériau des agressions du milieu environnant, en faisant en sorte que ladite surface soit fermée, étanche et résistante. Le processus de cure doit être défini de telle sorte que cette opération n'ait pas d'effets indésirables sur l'aspect du béton de parement. La norme SIA 262 précise les exigences en matière de cure.

Classe de cure

La durée de la cure doit être fixée par le concepteur dans le descriptif des prestations en fonction du développement de la résistance du béton dans la zone de surface (béton de peau) ou bien conformément à la norme SIA 262. La norme SIA 262 distingue les classes de cure NBK 1 à NBK 4. La classe de cure doit être déterminée au cas par cas, tant pour les éléments intérieurs que pour les éléments extérieurs de l'ouvrage exposés aux intempéries.

Pores (air occlus, pores de compactage, bullage)

Petites cavités se formant naturellement dans le béton frais lors du malaxage et de la mise en place dans le coffrage, et contenant de l'eau ou de l'air.

Élément de référence

Élément dont l'aspect sert de standard contractuel entre l'entrepreneur et le maître d'ouvrage pour la réception et l'évaluation d'un ouvrage réalisé entièrement ou en partie en béton de parement. La norme SIA 118/262 régit le moment où la production d'éléments de référence est recommandée ou obligatoire ainsi que les exigences à respecter lors de leur production.

Réparations sur le coffrage

Admises en fonction de la classe de surface de béton apparent selon SIA 118/262 ; si autorisées, à ne confier qu'à du personnel qualifié capable de les réaliser dans les règles de l'art.

Ripplings

Boursouflures (ondulations) de la peau de coffrage dans la zone de clouage ou vissage ou dans les zones de découpe des panneaux.

Rouille

Voir Salissures.

Peau de coffrage

Surface du coffrage touchant le béton. Le pouvoir absorbant de la peau de coffrage (effet buvard) a notamment un effet sur la clarté de la teinte, les variations de tons gris, le farinage, la tendance des fines à s'accumuler en surface, le nombre de pores et leur taille, ainsi que le rapport e/c, dans la zone de surface du béton (béton de peau).

Coffrages

Formes creuses dans lesquelles on coule le béton frais et que l'on retire lorsque le béton est durci – à l'exception p. ex. des coffrages « perdus ». Un coffrage se compose d'un système de coffrage et d'une peau de coffrage. On choisira le type de coffrage selon la fonction et le type de l'ouvrage à construire. Sa forme représente donc le négatif de l'élément en béton à réaliser. En choisissant telle peau de coffrage ou tel système de coffrage impliquant un certain type de surface, on pourra donner au béton de parement l'aspect que l'on souhaite.

Clavette (ancrage du coffrage)

Élément assurant une liaison résistant à la traction (ancrage) entre deux coffrages afin de reprendre la pression du béton frais.

Plan de calepinage (de coffrage)

Plan pour la mise en soumission (descriptif des prestations, contrat d'entreprise) d'un ouvrage en béton de parement, comportant notamment des indications sur le système de coffrage, la dimension des éléments de coffrage, les points d'ancrage, les étapes de bétonnage, les joints, etc.

Types de coffrage

Selon la norme SIA 118/262, il existe 4 types de coffrage :
Type 1 : béton d'aspect ordinaire
Type 2 : béton d'aspect soigné
Type 3 : béton de parement conservant l'empreinte des lames de coffrage
Type 4 : béton de parement conservant l'empreinte des panneaux de coffrage

Système de coffrage

Coffrages pour piliers, parois ou dalles, comme des coffrages panneaux et poutrelles (poutrelles de bois ou de métal avec cerclages d'acier) ou des coffrages cadres (cadres métalliques avec raidisseurs, peau de coffrage standard incorporée [en gén. panneaux multiplis] et points d'ancrage prescrits).

Couche de mise en place

Hauteur d'une couche du béton coulé et compacté.

Béton de parement

Béton répondant à des exigences définies quant à l'aspect de ses surfaces. La surface visible est la partie de béton visible après achèvement, qui permet d'identifier la configuration et la fabrication.

Équipe du béton de parement

Groupe de personnes (maître d'ouvrage, ingénieur civil, architecte, direction des travaux, producteur de BPE, entrepreneur, contremaître, ouvriers de chantier, etc.) responsables de la coordination des travaux sur le chantier, de la gestion du flux d'informations, etc., en vue de la construction d'un ouvrage en béton de parement.

Structure

La structure est l'aspect de la surface du béton (rugueuse, lisse, structure bois, etc.). Elle est également influencée par l'homogénéité de la surface en béton, les décalages, les bosses et les creux à la surface, etc. La structure est parfois aussi appelée texture.

Texture

Au sens propre, disposition spatiale des composants (lames, panneaux, joints, points d'attache, etc.) de la surface de béton ; est souvent utilisé comme synonyme du terme « structure ».

Agent de démoulage

Les agents de démoulage (huiles de démoulage) assurent un décoffrage optimal des surfaces de béton sans créer de dommages aux endroits délicats, tels que les arêtes et les angles.

Défaut de planéité

Écart dans la planéité des surfaces de béton de parement, p. ex. des renflements en forme de bosses ou des décalages, en particulier au niveau des joints de coffrage ou des joints de reprise.

Colorations indésirables

Des colorations claires ou foncées sur la surface du béton peuvent provenir des constituants du matériau, d'interactions de celui-ci avec la peau du coffrage, du compactage, des conditions climatiques ou autres aléas.

Salissures

Contamination p. ex. par la saleté, la poussière, la rouille, des marquages gênants, des écoulements d'eau perturbateurs. Prestation incluse selon SIA 118/262, tableau 3 :
– mesures de protection contre les dommages mécaniques des éléments finis et en cours d'exécution dans le cadre des travaux de l'entrepreneur jusqu'à la réception de l'élément, y compris la protection des arêtes si nécessaire ;
– mesures et protection contre la salissure et les taches de rouille, pour autant qu'il existe une exigence correspondante pour la classe de surface de béton considérée, selon l'annexe C, tableau 7.

Prestations non incluses selon SIA 118/262, tableau 4 : mesures et protection contre la salissure et les taches de rouille, étant donné qu'il n'existe aucune exigence correspondante pour la classe de surface de béton définie à l'annexe C, tableau 7.

Rapport e/c

Rapport entre la teneur en eau efficace et la teneur en ciment dans le béton frais ; voir SN EN 206.

Voiles

Large décoloration sous forme de taches et parfois de stries sur la surface du béton de parement.

3 Aspects du béton de parement

3.1 Généralités

L'un des éléments essentiels de la technique du béton de parement est son aspect, sa partie visible et durable. Il doit être fixé d'un commun accord entre le concepteur et le maître d'ouvrage. Après le décoffrage, la surface du béton présente l'aspect que lui confère la couche de mortier (la pâte de ciment durcie et les fines), qui porte l'empreinte du coffrage utilisé. Cette surface peut recevoir différentes finitions en recourant par exemple aux techniques de fabrication suivantes :

- dimension et disposition des éléments de coffrage (structuration de la surface) ;
- propriétés, structure et type de la peau de coffrage (p. ex. lames de bois brut, panneaux lisses, coffrage à matrices, nattes drainantes, panneaux OSB, etc.) ;
- introduction d'éléments entre le coffrage et le béton (doublages, baguettes, matrices, ornements, motifs sculptés ou découpés, etc.) ;
- après décoffrage : traitement mécanique (sciage, clivage, ponçage, polissage, etc.), traitement à l'outil (bosselage, piquetage, bouchardage, nervurage), lavage (lavage avec retardateur de prise spécial, lavage fin, décapage à l'acide) ou traitement spécial (sablage, décapage au chalumeau, hydrodécapage, technique photographique, etc.) ;
- disposition de clavettes, trous de liaison, joints de coffrage et joints de bétonnage, configuration des arêtes, etc. ;
- choix de la teinte (type de ciment et/ou de granulats, incorporation de fillers, de pigments, de lasures, d'enduits, etc.).

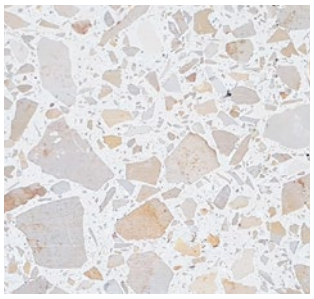
Il est nécessaire de consulter un spécialiste si vous ne possédez pas d'expérience dans le traitement du béton de parement.

Fig. 2 : exemples de traitement mécanique

Polissage



Ponçage (béton de D_{max} 16)



Béton clivé

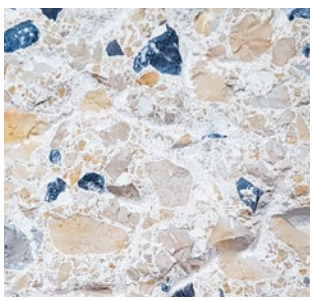


Fig. 3 : exemples de traitement à l'outil

Bossage



Piquetage (béton de D_{max} 16)



Bouchardage



Fig. 4 : exemples de traitement par lavage ou à l'acide

Lavage (avec retardateur)



Lavage fin (avec retardateur)



Décapage à l'acide



Fig. 5 : exemples de traitements spéciaux

Sablage



Hydrodécapage (béton de D_{max} 16)



Technique photographique



Fig. 6 : exemple d'insertions

Ornement en relief



Ornement taillé dans le bois

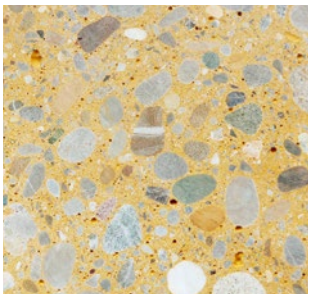


Insertion d'une matrice en plastique

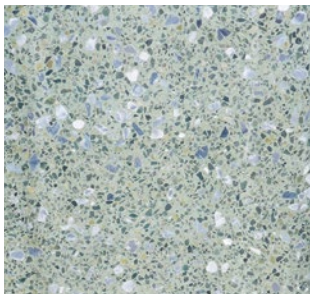


Fig. 7 : exemples de coloration dans la masse, béton poncé de D_{max} 16 et D_{max} 32 (à l'extrême droite)

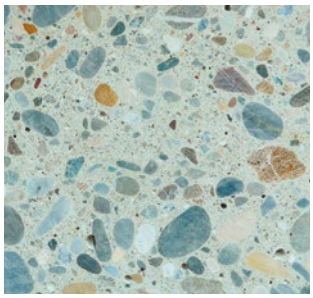
Avec des pigments de couleur jaune



Avec des granulats de couleur



Avec des fillers de couleur verte



Avec du ciment clair



3.2 Effets obtenus par la peau de coffrage et le coffrage lui-même

3.2.1 Remarque préliminaire

La nature du coffrage joue un rôle important dans la réussite d'un béton de parement. Le coffrage modèle le béton à la forme voulue, mais lui donne aussi, en surface, son aspect, sa structure et une certaine coloration.

Il se compose de sa peau, en contact avec le béton, et de la structure qui le porte (système de coffrage : généralement coffrages cadres ou coffrages panneaux et poutrelles) et reprend les charges (p. ex. pression du béton frais). Ces charges provoquent inévitablement des déformations qu'il faut limiter le plus possible grâce à une rigidité adaptée du coffrage.

Le choix du coffrage se fait généralement sur la base des critères suivants :
- la qualité de parement souhaitée ;
- le nombre des réutilisations possibles ;
- le coût de montage du coffrage et
- le mode de la mise en place et du compactage du béton.

3.2.2 Système de coffrage

Dans le descriptif des prestations, on tiendra compte dans la mesure du possible des types de coffrage disponibles sur le marché. En plus des coffrages conventionnels, on utilise aujourd'hui essentiellement des systèmes (coffrages cadres, coffrages panneaux et poutrelles), proposés par divers fabricants. Voilà pourquoi une bonne coordination s'impose entre les intervenants. Il est essentiel de s'assurer, dès l'étude du projet, que l'aspect que l'on veut donner au béton peut être réalisé avec la technologie existante, comme p. ex. le système de coffrage. Cependant, les divers systèmes existants permettent de fixer tout type de peau de coffrage pour obtenir l'effet esthétique voulu.

Il faut veiller quand même à ce que les pièces complémentaires de petit format présentent la même peau de coffrage pour créer une surface en béton homogène. Voir également à ce sujet la note 4 du tableau 7 figurant à la norme SIA 118/262 (tableau 5 dans ce cahier).

Fig. 8 : systèmes de coffrage

Coffrage conventionnel



Coffrage cadre



Coffrage de colonne



Coffrage circulaire



Coffrage panneaux et poutrelles



3.2.3 Peau de coffrage

La peau du coffrage détermine la texture de la surface du béton.

Les types de peau de coffrage les plus courants sont les suivants :

- lames de bois brutes non rabotées ; des lames brutes et non traitées peuvent causer le farinage et la désagrégation de la surface du béton ;
- lames rabotées (lisses) ;
- coffrages en bois imprégnés p. ex. de résine de mélamine ou de résine phénolique ; dans le cas de coffrages en résine phénolique, des colorations jaunes ou brunes peuvent apparaître sur la surface du béton ;
- banches métalliques, très rarement utilisées pour du béton de parement ;
- panneaux PVC pleins ;
- matrices en plastique ; lors de l'utilisation, faire attention au tracé et au sens de la structure ;
- natte drainante, très rarement utilisée pour du béton de parement ;
- etc.

Fig. 9 : lames brutes

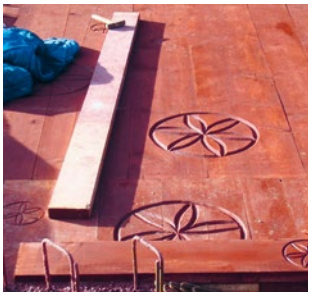




Fig. 10 : lames rabotées





Fig. 11 : panneaux contreplaqués

Peau : film phénolique

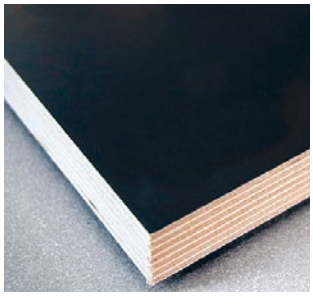




Fig. 12 : panneaux triplis

Peau : résine de mélamine





Fig. 13 : panneau PVC (marque alkus)
Peau : film de polypropylène

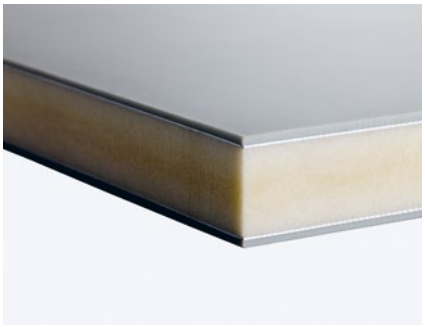




Fig. 14 : bois contreplaqué asiatique
Peau : film phénolique

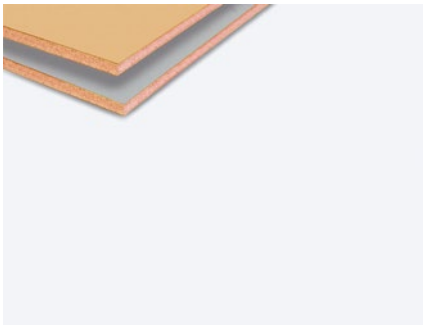




Fig. 15 : banches métalliques





Fig. 16 : panneau de contreplaqué brut
Peau : un seul ponçage

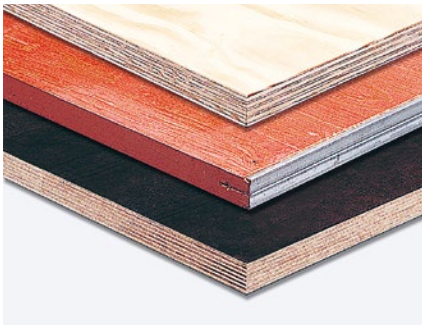


Fig. 17 : panneaux OSB





Fig. 18 : natte drainante



Qualité de la peau de coffrage

Certains éléments liés à la qualité de la peau de coffrage, cités ci-dessous, peuvent avoir des conséquences sur la texture de la surface du béton.

- Percements, p. ex. fermeture par bouchons en plastique
- Trous de clouage ou de vissage, fig. 19 (haut)
- Empreinte d'éraflures, écaillages du coffrage, fig. 19 (haut)
- Nœuds, poches de résine
- Restes de béton adhérents, p. ex. dans des cavités (trous de clouage, éraflures)
- Voiles de ciment
- Boursouflures dans la zone de clouage ou vissage ou dans les zones de découpe des panneaux (ripplings), fig. 19 (haut)
- Traces de réparation (si admis, à ne confier qu'à du personnel qualifié capable de les réaliser dans les règles de l'art), fig. 19 (haut)
- Il arrive parfois que la peau de coffrage livrée par l'usine sur le chantier présente de si nombreuses traces de réparation que la surface en béton réalisée en sera altérée et considérée comme endommagée. Il est donc conseillé de vérifier soigneusement le coffrage livré sur le chantier.
- Dommages dus au pervibrateur, fig. 19 (bas).

Le tableau 4 (page 23) énumère les exigences relatives à la qualité de la peau de coffrage en fonction de la classe de surface de béton apparent.

Fig. 19 (haut) :

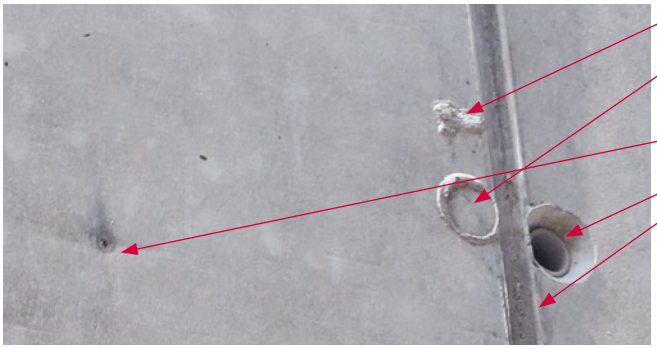
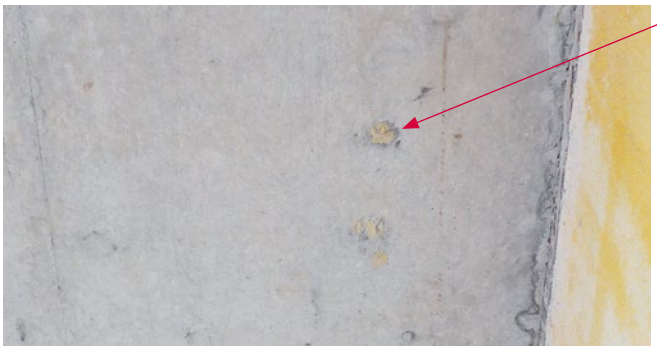


Fig. 19 (milieu) :



Fig. 19 (bas) :



3.2.4 Pouvoir absorbant de la peau de coffrage

Le tableau ci-dessous détaille les types de peau de coffrage courants, classés selon leur pouvoir d'absorption (d'absorbant à non absorbant), leurs caractéristiques et leurs effets potentiels sur la surface du béton. La mise en soumission doit préciser la fréquence à laquelle la peau de coffrage peut être utilisée.

Tabl. 1 : caractéristiques et effets des différentes peaux de coffrage

	Type et propriété de la peau de coffrage		Surface de béton (caractéristiques)	Effets potentiels
1	absorbant	Lames brutes	Texture de bois brut (rugueuse, pouvoir absorbant élevé), teinte foncée	Capacité d'absorption se réduisant et texture moins marquée au fur et à mesure des réutilisations, présence de fibres de bois isolées en surface, farinage dû aux sucres du bois, faible bullage
2		Lames rabotées	Texture lisse (faible pouvoir absorbant), nettement plus claire que n°1	Capacité d'absorption se réduisant et texture moins marquée au fur et à mesure des réutilisations, farinage dû aux sucres du bois, davantage de bullage que n°1
3		Panneaux agglomérés, sans traitement de surface	Légèrement rugueuse, teinte foncée	Fortes variations de teinte (taches), faible bullage
4		Natte drainante / non-tissé	Structurée avec effet de trame, plus foncée que n°3	Risque de plis (natte et surface du béton), quasiment pas de bullage, n'est généralement pas utilisée pour du béton de parement
5	peu absorbant	Panneaux triplis, surface traitée, structure bois durcie par projection	Foncée lors des premières utilisations, plus claire ensuite	Bullage (se réduisant au fur et à mesure des réutilisations)
6		Tubes de coffrage en carton	Lisse, claire	Agent de démoulage superflu, ne convient qu'aux piliers, très faible bullage
7		Panneaux de bois contreplaqués revêtus d'un film absorbant	Lisse	Jusqu'ici peu d'expérience pratique
8		Panneaux de bois croisé (CLT)	Texture légèrement rugueuse, veinage partiellement apparent	Capacité d'absorption se réduisant et texture moins marquée au fur et à mesure des réutilisations, farinage dû aux sucres du bois
9	non ou très faiblement absorbant	Panneaux traités en surface, lisses ou non	Lisse, claire	Variations de teinte, formation de voiles, marbrures, bullage accru
10		Panneaux finlandais, traitement de surface avec résine synthétique	Structurée avec effet de trame, légèrement plus foncée que n° 9	Effets moins marqués que n° 9
11		Banches métalliques (tôle d'acier)	Lisse, claire	Comme n° 9, taches de rouille possibles à la surface du béton
12		Matrices revêtues d'un film	Lisse à fortement structurée (selon le motif de la matrice), claire	Fort impact de défauts d'étanchéité aux joints, bullage accru
13		Tubes de coffrage métalliques ou synthétiques	Lisse, claire	Comme n° 9, augmentation des marbrures

La figure 20 montre les effets d'une autre peau de coffrage (tableau 1, cf. numéros 1 à 10). On distingue clairement des différences de teinte sur les surfaces de béton.

Fig. 20 : surfaces de béton obtenues au moyen d'une peau de coffrage différente
Une peau de coffrage lisse a une tendance plus marquée aux irrégularités de teinte, à la formation de marbrures et de voiles, ainsi qu'au bullage.



Le bullage et les variations de teintes sont moins prononcés sur une peau de coffrage structurée (texturée) que sur la surface d'une peau de coffrage non texturée.

Les éléments formant la peau du coffrage laissent inévitablement la marque visible de leurs joints sur la surface du béton et font partie intégrante du processus de conception. Il faut en tenir compte lorsque l'on établit le plan de calepinage.

Quel que soit son matériau de base, une nouvelle peau de coffrage donne généralement de meilleurs résultats pour le béton de parement qu'une peau de coffrage déjà utilisée. Il est donc conseillé de définir un nombre maximal d'utilisations du coffrage ou de demander à l'entrepreneur d'en tenir compte. La nouvelle peau de coffrage doit être soumise à un traitement avant sa première utilisation (laitances de ciment).

L'effet de son pouvoir absorbant sur la surface du béton est détaillé au tableau 2.

Tabl. 2 : effet du pouvoir absorbant de la peau de coffrage sur l'aspect du béton de parement

Effet de la peau de coffrage sur	Absorbant	Non absorbant
Teinte du béton en surface	plus foncée	plus claire
Rapport e/c du « béton de peau »	plus faible	plus élevé
Intensité du bullage	plus faible	plus élevée
Tendance au farinage	un peu plus élevée	plus faible
Variations dans le ton du gris	plus élevées	plus faibles
Tendance à l'accroissement de la teneur en fines	plus faible	plus élevée
Tendance au gonflement ou au retrait	plus élevée	plus faible

3.3 Types de coffrage

Le système de coffrage a pour fonction de porter le coffrage proprement dit. Il s'agit donc de choisir un système sur lequel on puisse dûment fixer le coffrage dont la peau a été choisie pour tel béton de parement.

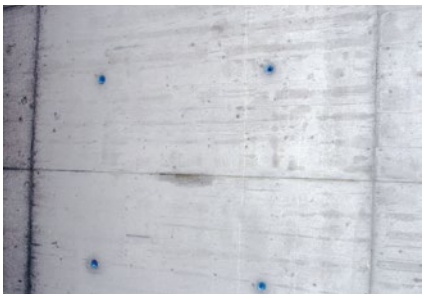
Aspects et type du béton de parement

L'annexe B de la norme SIA 118/262 « Conditions générales relatives aux constructions en béton » définit quatre types de coffrage (fig. 21–24) en fonction de l'aspect esthétique conféré à la surface du béton. Le coffrage de type 1 n'est pas admis pour les classes de surface de béton apparent CBA 1 à CBA 3 conformément à la norme SIA 118/262.

Fig. 21 à 24 : surfaces de béton et surfaces de béton de parement, fabriquées avec des coffrages des types 1 à 4



Type 1 : coffrage pour béton d'aspect ordinaire
pour les surfaces sans exigences particulières :
– aspect quelconque
– sans exigences quant à la dimension des lames ou des panneaux
– sans ébarbage ni reprise des bavures (décalages) et des redents



Type 2 : coffrage pour béton d'aspect soigné
Pour les surfaces satisfaisant aux exigences suivantes :
– aspect uniforme
– sans exigences quant à la dimension des lames ou des panneaux
– ébarbage avec reprise des bavures (décrochements) et des redents

Des exigences plus élevées peuvent être spécifiées comme suit :
1. Joints de bétonnage et joints de coffrage étanches



Type 3 : coffrage pour béton de parement conservant l'empreinte des lames
Pour les surfaces apparentes satisfaisant aux exigences suivantes :
– largeur régulière des lames ; sans exigences au sujet des abouts,
– sens des lames uniforme et parallèle au grand côté de la surface à coffrer,
– lames rabotées.

Des exigences plus élevées peuvent être spécifiées comme suit :
1. Joints de bétonnage et joints de coffrage étanches
2. Joints de coffrage décalés
3. Sens des lames uniforme et perpendiculaire au grand côté de la surface à coffrer
4. Structure selon plan détaillé des surfaces coffrées
5. Utilisation de lames non rabotées



Type 4 : coffrage pour béton de parement conservant l'empreinte des panneaux
Pour les surfaces apparentes satisfaisant aux exigences suivantes :
– largeur régulière des panneaux ; sans exigences au sujet des abouts
– sens des panneaux uniforme et parallèle au grand côté de la surface à coffrer

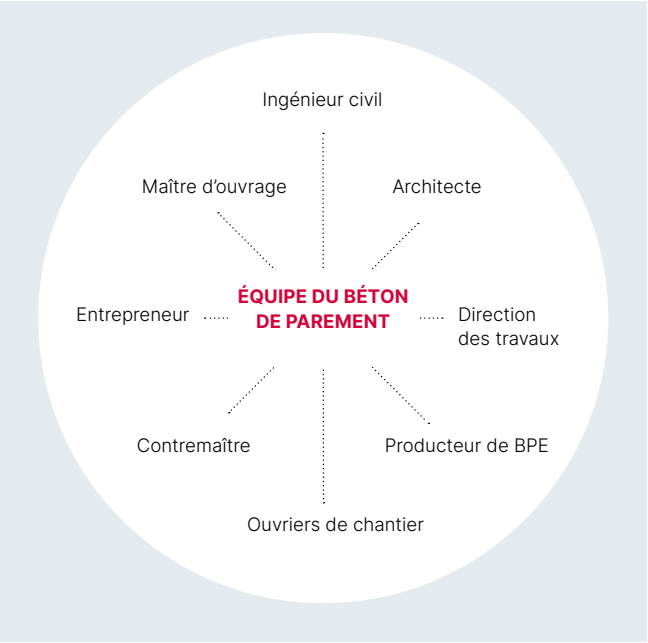
Des exigences plus élevées peuvent être spécifiées comme suit :
1. Joints de bétonnage et joints de coffrage étanches
2. Joints de coffrage décalés
3. Sens des panneaux uniforme et perpendiculaire au grand côté de la surface à coffrer
4. Structure selon plan détaillé des surfaces coffrées

4 Équipe du béton de parement

Pour obtenir des surfaces de béton de parement de qualité élevée et esthétiques, il est indispensable d'impliquer tous les intervenants et d'instaurer entre eux une coordination optimale et une circulation fluide de l'information à tous les stades, de la conception à l'exécution de l'ouvrage. Pour cela, on aura tout intérêt à former une « équipe du béton de parement », en veillant, dès le début des travaux, à établir un calendrier de chantier, à gérer le flux d'informations et à définir les responsabilités et les compétences tout en assurant un suivi régulier pendant toute la durée du projet de construction (cf. fig. 25). On parviendra ainsi à éviter au mieux les malentendus, les dépassements de coûts et de délais, les litiges au moment de la réception de l'ouvrage et au moment de l'évaluation de la qualité des surfaces de béton réalisées. Il convient de préciser si et, le cas échéant, dans quelle mesure des sous-traitants doivent être inclus dans l'équipe du béton de parement.

Si avant ou pendant l'exécution d'éléments d'ouvrage en béton de parement, en particulier pour les classes de surface de béton apparent CBA 3 et CBA S, il apparaît que la procédure normale ou planifiée conduit ou pourrait conduire à un résultat insatisfaisant, l'équipe du béton de parement doit en discuter. Des résultats insatisfaisants peuvent survenir, p. ex., pour cause de bétonnages contre des contre-coffrages, de bétonnages d'éléments difficiles à compacter, et en cas de décalages, d'évidements ou d'ouvertures dans des éléments en béton de parement. Dans le cas d'ouvertures dans les murs par exemple, il faut également préciser si le coffrage pour les ébrasures doit répondre aux mêmes exigences que le coffrage mural. La discussion doit avoir pour objectif de déterminer par écrit si des modifications doivent être apportées à l'exécution. Dans l'idéal, la décision est prise d'un commun accord. Sinon, des experts pourraient également être consultés rapidement.

Fig. 25 : équipe du béton de parement



5 Classes de surface de béton apparent

5.1 Définition des différentes classes de surface de béton apparent (CBA)

En introduisant les classes de surface de béton apparent CBA 2 et CBA 3, ainsi que la classe spéciale CBA S (tableau 3), on parvient à décrire et à évaluer plus précisément les exigences posées aux surfaces de béton de parement, des points de vue tant architectural que technique. Les classes de surface de béton apparent (CBA) sont expliquées ci-dessous. Le paragraphe 5.2 décrit quant à lui les exigences relatives aux surfaces de béton de parement coffrées.

Les exigences en matière de béton de parement doivent être très clairement définies. Pour concevoir et mettre en soumission de telles surfaces, on fera référence aux classes de surface de béton apparent définies et aux exigences en matière de béton de parement, décrites dans le tableau 3 ci-après.

Tabl. 3 : classes de surface de béton apparent (CBA) selon le tableau 5 de la norme SIA 118/262

	Classe	Exigences esthétiques	Explication, exigences pour les surfaces apparentes
Béton de parement	CBA 0	Aucune	« Aucune exigence », aucune intention de configuration
	CBA 1	Minimales	« Exigences peu élevées », sans intention de configuration caractérisée
	CBA 2	Normales	« Exigences normales », planification avec une intention de configuration définie
	CBA 3	Élevées	« Exigences élevées », planification avec une configuration très exigeante
	CBA S	Selon indications de l'auteur du projet	« Classe spéciale », avec une configuration particulière / individuelle

Fig. 26 : exemples correspondant aux classes de surface de béton apparent CBA 1 à CBA 3 et CBA S

CBA 1 : exigences minimales



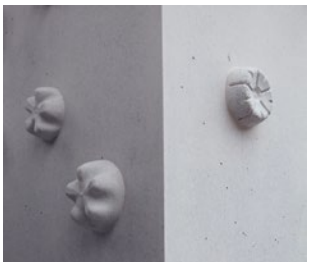
CBA 2 : exigences normales



CBA 3 : exigences élevées



CBA S : exigences esthétiques spécifiques / individuelles



5.2 Exigences en matière de surfaces de béton

5.2.1 Généralités

Les tableaux 4 et 5 répertorient les exigences en matière de surfaces de béton coffrées, les différents types de coffrage et la nécessité d'éléments de référence, ainsi que la classe de surface de béton apparent à laquelle les affecter en fonction de leur pertinence.

Pour les CBA 2 et 3, seuls sont concernés les points de réparation effectués par l'entrepreneur et non ceux réalisés par le fabricant de coffrage. Il arrive parfois que la peau de coffrage livrée par le fabricant sur le chantier présente de si nombreuses traces de réparation que la surface en béton réalisée en sera altérée et considérée comme endommagée (fig. 19). Il est donc conseillé de vérifier minutieusement le coffrage livré sur le chantier et de créer des éléments de référence pour vérifier son aptitude à l'emploi.

Tabl. 4 : classes de surface de béton apparent, exigences relatives à la peau de coffrage selon le tableau 6 de la norme SIA 118/262

Exigences concernant la peau de coffrage	Classe de surface de béton apparent				
	CBA 0	CBA 1	CBA 2[2)]	CBA 3[2)]	CBA S
Types de coffrage conformément à l'annexe B	Type 1[1)]	Type 2[1)]	Type 3 ou 4	Type 3 ou 4	Selon accord
Qualité de la peau de coffrage	Aucune exigence	Aucune exigence	– Boursouflures de la peau de coffrage non admises – Endommagement de la peau de coffrage par le pervibrateur non admis – Traces de réparation dans les règles de l'art et petites éraflures (env. 1 mm de large et de profondeur et quelques cm de long au maximum), en petit nombre, admises	Exigences identiques à CBA 2, avec en complément : – Aucun trou de forage, de clous et de vis – Aucune réparation ni dommages, p. ex. des éraflures, admis	Exigences identiques à CBA 3, avec en complément : – selon indications de l'auteur du projet

[1)] Non admis pour les surfaces de béton de parement
[2)] Le coffrage cadre n'est autorisé que s'il est explicitement mentionné dans les mises en soumission.

Le tableau qui suit expose en détail les exigences relatives aux surfaces de béton restant visibles.

Tabl. 5 : exigences relatives aux surfaces de béton selon le tableau 7 de la norme SIA 118/262

Exigences	Classe de surface de béton apparent				
	CBA 0	CBA 1	CBA 2	CBA 3	CBA S
Structure (Texture[1])	Texture de la surface sans exigences, avec une surface en béton essentiellement fermée	– Surface du béton fermée et essentiellement uniforme[2] Type 2 : – bavures de pâte de ciment aux joints admises jusqu'à env. 10 mm de largeur et env. 5 mm de profondeur Type 2.1 : – bavures de pâte de ciment aux joints non admises, – joints de coffrage, décrochements et redents admis jusqu'à env. 5 mm, – empreintes de l'élément de coffrage admises.	– Surface du béton lisse, fermée et essentiellement uniforme Type 3.1 ou 4.1 : – bavures de pâte de ciment aux joints non admises, – légers décrochements techniquement inévitables admis jusqu'à env. 3 mm, – autres exigences relatives aux joints de coffrage et empreintes d'éléments de coffrage à définir de façon détaillée.	Idem CBA 2 ; les exigences supplémentaires sont définies par l'auteur du projet dans un plan de calepinage, p. ex. : – éléments de coffrage : dimensions et structure – joints : type et disposition – joints de coffrage : disposition – arêtes : profil, largeur et tracé – trous d'ancrage : type, emplacement et obturation	Exigences identiques à CBA 3, avec en complément selon indications de l'auteur du projet
Bullage [3]	Aucune exigence	Aucune exigence	Aucune exigence	Admis en nombre modéré[2]	Idem CBA 3 et en complément selon les indications de l'auteur du projet
Teinte du béton	Aucune exigence	Les variations de teintes claires ou foncées sont admises[2]	Teinte aussi uniforme que possible	– Teinte aussi uniforme que possible – Grandes zones de variations de teinte non admises – Variations minimes de teinte claire / foncée admises	Idem CBA 3 et en complément selon les indications de l'auteur du projet
Planéité, disposition des joints[5]	Voir SIA 414/2	Voir SIA 414/2	Voir SIA 414/2	Idem CBA 2 ou selon indications de l'auteur du projet	Idem CBA 2 et en complément selon les indications de l'auteur du projet
Éléments de référence[3]	Non requis	Non requis, mais recommandés	Recommandés	Exigés	Exigés
Divers		Taches de rouille et salissures admises en nombre limité, et de faibles dimensions	– Protection de la surface du béton contre l'écoulement d'eau – Pas de salissures – Pas de taches de rouille	Idem CBA 2 ; couches de mise en place du béton visibles et variations de teinte non admises ou selon indications de l'auteur du projet	Idem CBA 3 et en complément selon les indications de l'auteur du projet

[1] Parfois appelée aussi texture.
[2] À définir avec la surface d'essai ou l'élément de référence.
[3] L'élément de référence doit être représentatif pour tous les aspects importants, comme la géométrie de l'élément d'ouvrage et le taux d'armature, le type de béton, le coffrage, la fixation de la peau de coffrage, la mise en œuvre et les joints.
[4] Les différences nettes de teinte et/ou de structure, p. ex. du fait de l'utilisation de différentes peaux de coffrage ne sont pas admises.
[5] Les produits préfabriqués en béton sont réglementés par les dispositions de la norme SN EN 13369.

5.2.2 Élément de référence

L'élément de référence sert à déterminer contractuellement avec le mandant l'aspect devant être donné au béton de parement, à examiner des variantes et à fixer certains détails d'exécution en les réalisant dans la pratique. Il sert par ailleurs à préparer les mesures techniques que doit prendre l'entrepreneur pour la réalisation et à fournir une référence qui permettra d'apprécier la qualité obtenue une fois l'ouvrage construit. Des indications plus détaillées figurent au chapitre 7.2 « Éléments de référence ».

Pour certains éléments de construction (murs, dalles, piliers, etc.), il convient d'établir des éléments de référence distincts. Les mises en soumission permettent difficilement de formuler les exigences pour les surfaces de béton de parement dans un langage que toutes les parties prenantes saisiront de la même manière. Les auteurs de ce cahier sont d'avis que seuls des éléments de référence peuvent définir avec clarté les exigences esthétiques posées aux surfaces de béton de parement et les rendre accessibles à tous (voir tableau 5).

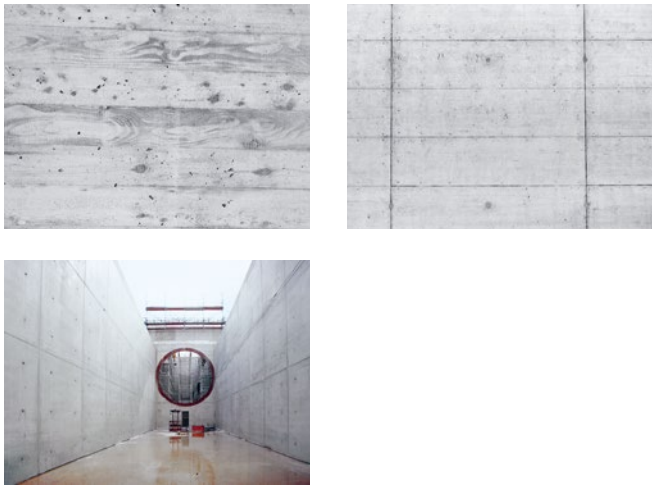
5.2.3 Structure (texture)

La structure est façonnée et marquée par des éléments intentionnels tels que des points d'attache et des éléments de coffrage, mais aussi par des éléments indésirables comme des décrochements ou du bullage (fig. 27 et 28). Dans la norme SIA 118/262, le terme texture est utilisé comme synonyme de structure.

Fig. 27 : exemples de surface fermée et largement uniforme, arborant des décalages, des décrochements et les empreintes des éléments de coffrage



Fig. 28 : exemples de surface lisse, fermée et largement uniforme, avec de légers décrochements ainsi que des marques de joints de coffrage et des raccords prédéfinis



5.2.4 Structure / plan de calepinage

La structure que le coffrage doit imprimer sur la surface du béton peut être représentée sur un calepin (p. ex. fig. 29). Dans ce document, le concepteur indiquera, en plus des légendes et du plan de coffrage, les caractéristiques particulières du coffrage ou des surfaces du béton de parement. On se renseignera auprès des fournisseurs sur les dimensions des coffrages propres aux systèmes qu'ils proposent. La structure doit être, si nécessaire, définie pour CBA 2, CBA 3 et CBA S. L'obturation des trous de clavettes par des embouts en plastique est une prestation incluse conformément à SIA 118/262. Si un autre type d'obturation (p. ex. embouts en fibrociment ou acier inoxydable) est prévu, cette disposition doit être spécifiée en détail sur la mise en soumission.

5.2.5 Bullage

La formation de creux (pores ouverts) sur la surface du béton est fortement liée au pouvoir absorbant du coffrage et à la position de ce dernier dans l'espace (fig. 30). Les surfaces coffrées verticales présentent généralement moins de creux que les surfaces bétonnées contre des coffrages obliques ou des contre-coffrages. Sur les parois et les piliers, les creux apparaissent principalement dans la partie supérieure de l'élément. Le bullage peut également être lié à la composition du béton et au choix de l'agent de démoulage. L'élément de référence définira les exigences sur ce point.

Pour les raisons suivantes, il n'est pas conseillé de déterminer par comptage la teneur en creux :

- compter comme creux de petites parcelles d'éléments n'est généralement pas représentatif de l'ensemble de l'élément ;
- d'une part, il est difficile de déterminer quels creux doivent être pris en compte (dénombrés) parce que la taille de ces creux est spécifiée par un diamètre (p. ex. Ø 2–15 mm), c'est-à-dire pour des creux circulaires qui n'existent pas dans la pratique. D'autre part, des creux trop grands sont parfois exclus de la prise en compte bien qu'ils soient particulièrement visibles.

Fig. 29 : exemple du plan de calepinage Élévation de la paroi

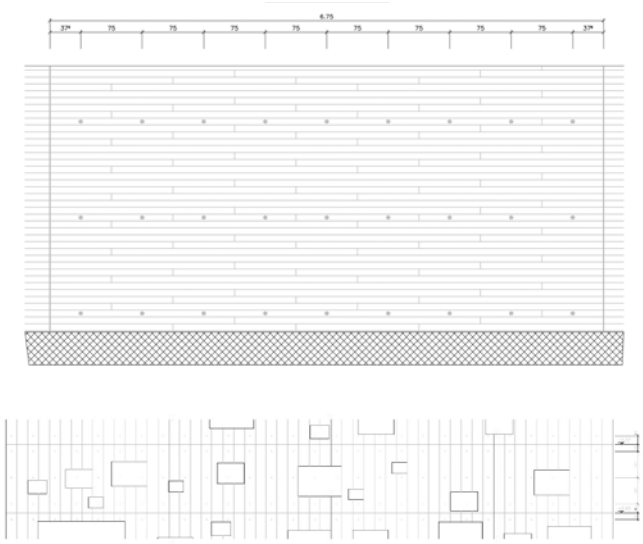


Fig. 30 : exemples d'un nombre restreint de bulles



5.2.6 Teinte

Les exigences relatives à la teinte (fig. 31 et 32) dépendent de la classe de surface de béton apparent (tableau 5, page 24).

Les variations de teintes claires ou foncées sont admises pour la classe CBA 1. Toutefois, la note 4 située sous le tableau précise que ces écarts nets de teintes et/ou de structures ne sont pas admis s'ils sont dus à la combinaison de peaux de coffrage différentes ou utilisées à des fréquences différentes.

Exigences en matière de teinte : prescriptions particulières

On ne peut pas totalement éviter les différences de teintes (fig. 31 et 32). Pour les classes de surface de béton apparent CBA 2, CBA 3 et CBA S, il est fortement recommandé, voire obligatoire, de spécifier ce point avec des éléments de référence. Les différences de teintes peuvent avoir de multiples causes telles que :

Coffrage
– Pouvoir absorbant
– Nombre d'utilisations
– Agents de démoulage

Béton
– Composition
– Compactage
– Cure

Conditions environnementales
– Température de l'air
– Humidité de l'air

Fig. 31 : exemples de surface lisse et fermée avec variation de teinte claire / foncée



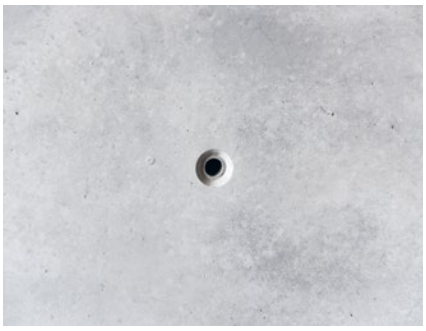


Fig. 32 : exemple de surface lisse et fermée avec une teinte uniforme, p. ex. pour CBA 2 (à gauche) ; différences de teinte habituelles pour les panneaux OSB, p. ex. pour CBA S (à droite)



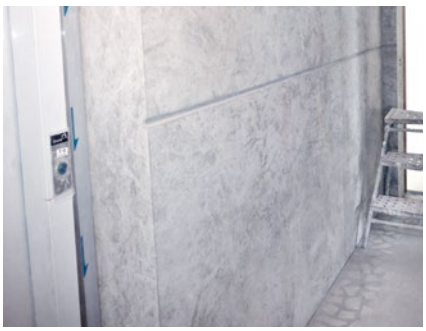


Fig. 33 : exemples de teinte relativement uniforme

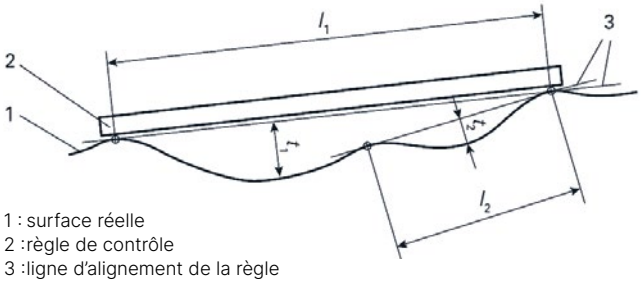




5.2.7 Planéité

La planéité est déterminée par des mesures ponctuelles, p. ex. par échantillonnage (voir schéma fig. 34).
Les exigences de planéité sont présentées au tableau 6. Celui-ci ne concerne ni les matériaux de construction, ni les éléments terminés ou semi-ouvrés, et encore moins les dimensions à l'intérieur d'une partie d'ouvrage. Le tableau ne tient pas compte des déformations sous l'effet du temps, de la charge, de la température et de l'humidité.

Fig. 34 : représentation graphique de la mesure de planéité selon SIA 414/2 (distance entre deux points de mesure = distance de mesure)
Les valeurs (écarts) mesurées f_1 et f2 doivent être comparées aux valeurs du tableau 6.



1 : surface réelle
2 :règle de contrôle
3 :ligne d'alignement de la règle

l_1, l_2: distance entre deux points de contact de la règle
f_1, $f2$: valeurs mesurées (écarts de planéité)

Tabl. 6 : écarts en matière de planéité tolérés pour les parois aux surfaces finies et faces inférieures de dalles, p. ex. béton de parement ; selon la ligne 5 du tableau 3 de la norme SIA 414/2

Distance de mesure (libre) [m]	≤ 0,4		≤ 1		≤ 2		≤ 4
Écarts de planéité maximaux [mm]	4	:	6	:	8	:	12

Fig. 35 : exemples de bâtiments en béton de parement répondant à des exigences élevées en matière de planéité





Fig. 36 : mesure de la planéité avec un coin de mesure ; écart d'env. 18 mm (à gauche) et d'env. 14 mm (à droite)





5.2.8 Joints

Par joints, on entend les joints horizontaux et verticaux de la peau de coffrage ainsi que les joints de reprise. La norme SIA 118/262 fait la distinction entre les exigences normales et les exigences élevées pour les types de coffrage 2, 3 et 4 (fig. 21 à 24, page 20). Les exigences « élevées » correspondent à la présence de « joints de bétonnage et joints de coffrage étanches ». La norme SIA 118/262 part du principe (tableau 7, soit le tableau 5 dans ce cahier) que pour CBA 1, le concepteur peut commander des « joints de bétonnage et joints de coffrage étanches », appliquant ainsi une exigence élevée, mais qu'il n'y est pas tenu. Pour CBA 2 et 3, la norme suppose que le concepteur applique cette exigence élevée de « joints de bétonnage et joints de coffrage étanches », car les exigences ne sont définies que dans ce seul cas.

S'il souhaite cependant s'écarter de cette prescription, il est recommandé de le consigner dans la classe de surface de béton S dans la mise en soumission (tableau 4).

Les joints de reprise peuvent être « cachés » à l'aide de bandes triangulaires et également adoptés comme élément de design (fig. 42, haut). Le positionnement des armatures est alors ajusté en conséquence pour garantir un enrobage suffisant de celles-ci (fig. 42, bas).

Les illustrations suivantes (fig. 37 à 40) donnent des exemples de différents joints. Les arêtes vives en particulier doivent être protégées contre les risques d'endommagement (p. ex. éclatement (fig. 41).

Fig. 37 : exemple de joint étanche (pas de bavure de mortier fin)



Fig. 38 : exemple de joints sur un coffrage composé de panneaux
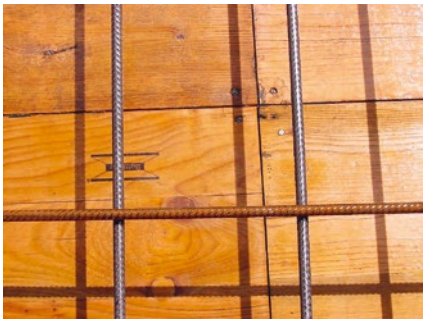


Fig. 39 : exemple de joints de peau de coffrage réguliers sur le plafond et la paroi ; bavures de mortier au joint de reprise entre ces deux éléments



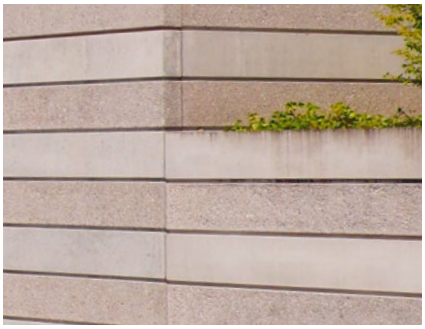
Fig. 40 : exemple de joint de reprise (paroi)

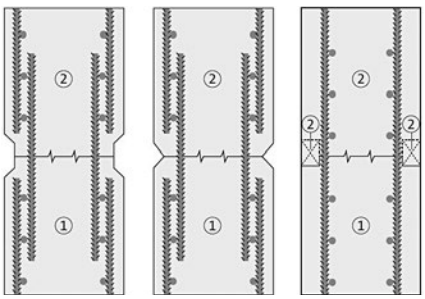


Fig. 41 : protection des arêtes (vives) d'un pilier



Fig. 42 : exemple de joints horizontaux





1 : première étape de bétonnage
2 : seconde étape de bétonnage

6 Le projet

6.1 Généralités

Le concepteur doit indiquer clairement l'objectif fixé, c'est-à-dire définir en amont l'aspect du béton de parement à réaliser. Cela implique qu'il apporte toute la précision nécessaire sur les exigences esthétiques et techniques essentielles, comme la texture / structure, l'articulation des différentes surfaces, la teinte, la planéité, les joints, le type de coffrage, etc. ; il indiquera également la classe de surface de béton apparent et les exigences qu'il devra remplir, y compris les facteurs d'influence météorologiques et techniques. Il incombe au concepteur de détailler ses prestations avec précision, complétées, le cas échéant, par des dessins (plan de calepinage, disposition des tiges de coffrage, aspect des joints, joints de coffrage et raccords des éléments, etc.).

Afin de ne pas limiter l'entrepreneur dans le choix du processus et des matériaux de construction ni le freiner dans son aspiration à innover, le concepteur devra le cas échéant fixer les exigences techniques en concertation avec un spécialiste. Ce faisant, on tiendra compte des points suivants :

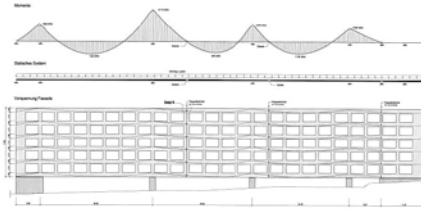
– définir les exigences, p. ex. avec les CBA ;
– déterminer des éléments de référence ;
– établir le programme des essais préliminaires ;
– appliquer le principe de transparence des coûts envers le maître d'ouvrage ;
– surveiller l'apparition éventuelle de nombreux ou de grands creux favorisés si le béton est fabriqué en partie ou uniquement avec des granulats légers ;
– l'aspect des surfaces de béton de parement peut être impacté si des modifications sont apportées à la composition du matériau et/ou chez les fournisseurs de matières premières du béton lors de l'exécution, mais aussi par un changement significatif de consistance ;
– durant la fabrication, il est impératif de ne pas changer de cimenterie ni de type de ciment, afin de ne pas risquer des différences de teinte.

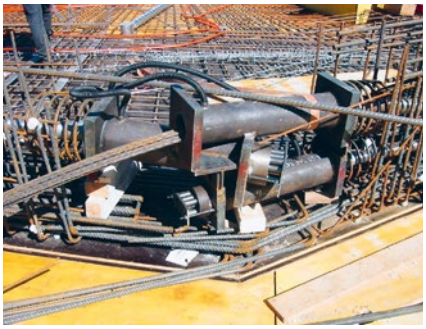
Pour les ouvrages en béton de parement, il est important de mettre au point un système d'assurance qualité « PAQ béton de parement » qui régit les points suivants :

– les compétences ;
– le mode opératoire de tous les intervenants (p. ex. la préparation des coffrages, le stockage de leurs éléments sur le chantier, etc.) ;
– les contrôles de prestations et produits (p. ex. le montage des coffrages et la pose des armatures, la mise en place du béton, la qualité de celui-ci, le respect des délais de décoffrage prescrits, la cure, le respect des tolérances dans l'ouvrage, les étayages provisoires, les installations techniques, les éléments préfabriqués, la protection des surfaces de béton de parement achevées, etc.) ;
– le contrôle et la réception des différentes réalisations (p. ex. l'enrobage des armatures, l'étanchéité des joints, la rigidité des coffrages, la propreté de la peau de coffrage immédiatement avant le bétonnage, la mise en place des insertions et l'exécution des réservations, les rapports d'essais [remise et contenu], etc.) ;
– l'établissement et la conservation des documents.

La mise en soumission d'ouvrages ou de parties d'ouvrage en béton de parement est un volet important du travail du concepteur et sera traitée séparément au chapitre 7 « Mise en soumission ». L'annexe B livre des informations supplémentaires et des conseils facilitant la réalisation de surfaces de béton de parement.

Fig. 43 : conception (à gauche) – exécution (au centre) – résultat (à droite)







6.2 Convention d'utilisation

L'usage auquel doit répondre une construction en béton de parement doit être mentionné dans la convention d'utilisation, fruit de la réflexion commune du maître d'ouvrage et du concepteur. Les informations relatives à la convention d'utilisation figurent dans les normes SIA 260 et SIA 262. Les modifications et ajouts doivent être mis à jour par le concepteur dans la convention d'utilisation.

6.3 Faisabilité

Au cours de la phase de planification, le concepteur précise dans quelle mesure les propriétés ou les exigences relatives à la surface de béton de parement sont nécessaires ou si elles sont éventuellement difficiles à réaliser :

- prévention, réduction des efflorescences de chaux ;
- aspect à donner aux joints de reprise et de coffrage, arêtes, points d'attache et joints de coffrage ;
- traitement préalable, fréquence d'utilisation du coffrage ;
- mesures d'ordre cosmétique pour améliorer l'aspect de la surface (réparations au mortier, lasure, surfaces d'essai, etc.) ;
- appuis sur surfaces de béton de parement (fraîches) ;
- forme et dimensions des parties en béton de parement (il doit être p. ex. possible de mettre en place et de compacter le béton dans les règles de l'art également en présence d'armatures et d'éléments modulaires ou de prises électriques, en tenant compte des dimensions et des écarts minimaux selon SIA 262) ;
- plan de bétonnage (étapes, accès pour la mise en place, etc., voir aussi le chapitre 8 « Exécution ») ;
- faisabilité et protection des arêtes et des angles aigus (plan de coffrage et de bétonnage appropriés) ;
- enrobage suffisant des armatures après traitement de surface du béton durci (p. ex. nervurage, ponçage, etc.) ;
- conséquences des interruptions dues aux intempéries, mesures de protection.

Pour cela, il est utile de recourir d'emblée à la collaboration d'un entrepreneur, voire d'un expert en béton de parement.

6.4 Prévention des défauts du béton au stade de la conception

6.4.1 Informations générales

La qualité et/ou l'esthétique d'un ouvrage ou d'un élément architectural en béton de parement dépendent de différents facteurs qui relèvent de la technique du béton et du coffrage, ou encore des conditions climatiques. Pour réduire au minimum les défauts, le concepteur d'un ouvrage en béton de parement doit, de son côté, veiller dès le début de sa prestation à réduire les sources d'erreurs pouvant résulter de l'exécution. Il est important que le concepteur ait connaissance des points suivants dès la phase de planification et qu'il en tienne compte d'emblée pour les surfaces de béton de parement en fonction de la classe de surface de béton apparent :

- il est difficile d'éviter totalement les variations de teinte et les décolorations même si toutes les conditions-cadres sont prises en compte ;
- un coffrage qui tend à absorber beaucoup d'eau ou favorise l'évaporation doit faire l'objet d'un traitement préalable (p. ex. application d'une laitance de ciment), afin qu'il ne soutire pas trop d'eau du béton ;
- il faut veiller à la propreté des coffrages et à les manipuler de manière à obtenir la qualité de surface prescrite ;
- l'insertion de dispositifs pour assurer la solidité du coffrage, de même que la présence de barres d'ancrage, de gaines pour conduites, etc., qui restent dans le béton, ne doivent pas porter préjudice au béton en surface ;
- si des exigences quant à l'aspect des surfaces coffrées ont été fixées, elles doivent être indiquées par le concepteur dans la documentation technique (rapport technique, plan de calepinage, etc.) ou dans des dispositions spéciales, p. ex. sous « Conditions particulières » ;
- qualité de la peau de coffrage : les trous de forage, de clouage ou de vissage, les éraflures, les voiles de ciment, les restes de béton adhérents, les réparations (même effectuées par le fabricant du coffrage), les boursouflures de la peau de coffrage, les dommages dus au pervibrateur, etc., sont définis en fonction de la CBA prescrite (cf. paragraphe 5.2, voir tableau 4 et observations sur le sujet dans ce cahier) ;
- l'utilisation d'agents de démoulage ne doit pas avoir d'effet indésirable sur la teinte ou l'aspect du béton en surface après l'achèvement de l'ouvrage ni sur l'application ultérieure d'enduits ;
- les points d'ancrage, l'obturation des trous d'ancrage, la configuration des points de fixation doivent être déterminés avec l'accord du mandant ;
- des cales d'empilement appropriées (type et forme) doivent être spécifiées ;
- le choix du système de coffrage (coffrage cadre, coffrage panneaux et poutrelles), ainsi que la fixation de la peau de coffrage sont du ressort de l'exécutant, en respectant toutefois la mise en soumission (voir aussi p. ex. le tableau 4).

6.4.2 Dimensionnement des éléments à construire

On déterminera la dimension des éléments à construire en tenant compte de la quantité et du type d'armatures ainsi que des caractéristiques du béton. Les armatures doivent être disposées de sorte que le béton frais puisse être mis en place et compacté dans les règles de l'art.

6.4.3 Coffrages et étayages

Les coffrages et étayages seront conçus et construits conformément aux dispositions figurant dans les normes applicables. Ils doivent résister à toutes les charges liées aux travaux du chantier et en particulier aux bétonnages. Les éventuels changements dans la forme des coffrages et des étayages doivent, si nécessaire, être compensés. C'est au concepteur qu'il appartient de déterminer les déformations tolérées. Il lui incombe aussi de contrôler, avant le début du bétonnage, la conformité des coffrages et des étayages au cahier des charges.

6.4.4 Enrobage des armatures dans le béton de parement

L'apparition de traces de rouille à la surface des bétons de parement porte non seulement préjudice à l'esthétique de l'ouvrage, mais compromet aussi éventuellement sa sécurité structurelle et son aptitude à l'emploi.

L'enrobage des armatures a notamment pour fonction d'assurer la transmission des efforts entre le béton et l'armature ; il garantit une bonne mise en place du béton frais, et la couche de béton qu'il comporte assure une protection contre le feu et la corrosion des fers. Son épaisseur est déterminante à cet égard. Les valeurs à respecter à ce titre c_{nom} dépendent de la classe d'exposition de l'ouvrage d'après SIA 262 (cf. tableau 7).

Lors de la conception d'un ouvrage en béton de parement, on portera une attention particulière à l'enrobage des armatures, en tenant notamment compte des points suivants :

- l'épaisseur d'enrobage prescrite (c_{nom}) doit être indiquée sur les plans ; les écarts tolérés sont répertoriés dans l'annexe de la norme SIA 262 (cf. tableau 7) ;
- éléments d'ouvrage en béton de parement exposés aux intempéries : en règle générale, il faut respecter, pour ces parties, au moins les exigences de la classe d'exposition XC4 (CH) ;
- éléments d'ouvrage en béton de parement dans les bâtiments : en règle générale, il faut respecter, pour ces parties, au moins les exigences de la classe d'exposition XC1 (CH) ;
- surfaces traitées après durcissement ou structurées (éléments d'ouvrage situés à l'intérieur) : pour ces surfaces (cf. paragraphe 3.1. « Généralités »), on déterminera la valeur c_{nom} relative à l'enrobage supplémentaire des armatures en fonction du type et de la profondeur d'enlèvement de matière prévue. Il faudra aussi tenir compte du fait que le béton résiduel peut être endommagé par l'intervention au moins dans les millimètres supérieurs.

6.4.5 Installations, insertions dans l'élément

Dans le descriptif des prestations et lors des réunions de chantier, avec l'appui de la direction des travaux, le concepteur doit attirer l'attention des entrepreneurs concernés sur les exigences particulières liées à leurs travaux. Cela peut concerner, p. ex., l'insertion et la fixation de tuyaux, de câbles dans des éléments en béton de parement ou la fixation de prises électriques sur le coffrage pour béton de parement.

Tabl. 7 : enrobage des armatures à déterminer dans le cahier des charges en fonction de la classe d'exposition selon SIA 262, tabl. 18 et tolérances selon A.3.5 entre parenthèses.

Enrobage de l'armature c_{nom} (avec tolérances) [mm]	Classe d'exposition selon SN EN 206							
	Corrosion de l'armature dans le béton carbonaté				Corrosion induite par les chlorures			
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2a	XD2b	XD3
Acier pour béton armé	20 (+10/0)	35 (+10/–10)		40 (+10/-10)	40 (+10/-10)		55 (+10/-10)	
Acier ou unité de précontrainte	30 (+10/-10)	45 (+10/-10)		50 (+10/-10)	50 (+10/-10)		65 (+10/-10)	

6.4.6 Distanceurs d'armature (ou cales)

Si l'on utilise des cales pour construire un élément en béton de parement, leur surface d'appui sur le coffrage doit être aussi réduite que possible. Elles ne doivent pas marquer le coffrage, c'est-à-dire la surface du béton ou très peu. L'équipe du béton de parement devra se mettre d'accord sur le type de cales à utiliser, en tenant compte des exigences posées (résistance au gel et aux sels de déverglaçage, éléments exposés à de fortes variations de température, faible porosité, résistance élevée aux attaques chimiques).

- Il convient de vérifier si les cales conviennent pour l'élément de référence.
- Les cales se distinguent par leur forme, leur dimension, leur matière, leur domaine d'utilisation, leur mode de fixation et leurs caractéristiques avant et après le bétonnage (fig. 44 et 45).
- Pour chaque cas d'utilisation, il importe de prévoir un nombre suffisant de cales adéquates et de les fixer de telle sorte qu'elles ne puissent ni se déplacer ni se tordre ; elles doivent pouvoir absorber les efforts qui s'exercent sur elles pendant le processus de construction, sans déformation notable, quelles que soient les températures.
- Les cales portent forcément atteinte à l'homogénéité de l'enrobage des armatures mais ne doivent pas altérer de manière significative l'étanchéité de ce béton.
- Les cales à base de ciment sont moins exposées à la déformation sous l'effet des charges et des variations de température que les cales en matière synthétique ; elles affectent aussi moins l'esthétique de la surface du béton. Pour cette variante, il est possible de les teindre dans la masse, p. ex. pour le béton de parement de couleur. Les versions à base de ciment permettent d'harmoniser les cales à la teinte du béton. Pour le béton blanc ou pigmenté, elles ont un atout de taille et sont à recommander.

Les cales doivent :

- présenter une résistance suffisante à la pression du béton frais et au basculement ;
- avoir un effet ressort aussi minime que possible, afin qu'après le décoffrage, la couche de béton proche de la surface ne s'écaille pas ;
- avoir une structure leur permettant d'être intégralement enrobées par le béton afin d'éviter tout risque de ségrégation à proximité de la cale ;
- être suffisamment résistantes à l'alcalinité du béton ;
- être fabriquées dans une matière qui ne favorise pas la corrosion des armatures et ne se corrode pas elle-même, et
- être de la même couleur que le béton à mettre en place.

6.4.7 Protection de la surface du béton de parement

Pendant la construction, l'aspect d'un béton de parement risque d'être affecté par l'action d'une humidité particulièrement élevée, par des taches, voire par des concrétions de rouille provenant des fers en attente. Après achèvement de l'ouvrage, il peut être altéré par des facteurs environnementaux (humidité, suie, poussières, mousses et algues, etc.) ou des salissures (fientes d'oiseaux, urine, etc.) ainsi que des bariolages et des graffitis.

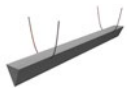
– Protection des surfaces de béton de parement durant la construction

Les entrepreneurs doivent tenir compte du fait que l'armature avant une étape de bétonnage, soit les fers en attente, est exposée aux intempéries et s'oxyde sous l'effet de l'humidité, ce qui peut engendrer des taches de rouille (sur les dalles) ou des coulures (sur les parois ou les piliers). De plus, il est impératif de protéger les surfaces de béton de parement et les arêtes des chocs et autres dommages : graffitis, percements inappropriés, etc.

Fig. 44 : cales convenant en général au béton de parement

Forme circulaire	
Cale à poser	
Cale à fixer	

Fig. 45 : cales ne convenant en général pas au béton de parement

Cale linéaire à poser[1)]	
Cale linéaire à fixer[1)]	
Cale à surface géométrique, à poser	
Cale à surface géométrique, à fixer	

[1)] Longueur maximale (350 mm ou ≤ 2 × épaisseur de la partie d'ouvrage ou ≤ 0,25 × largeur de celle-ci)

Il incombe à l'entrepreneur de prévoir, conformément aux exigences de la CBA, les mesures à prendre pour assurer la protection des surfaces de béton de parement et des arêtes achevées lors des raccordements ; il fera de même pour les fers d'armature, p. ex. au moyen de laitance de ciment.

– **Protection des surfaces de béton de parement après l'achèvement de la partie d'ouvrage, voire de l'ensemble de l'ouvrage**
  En principe, il appartient au concepteur, d'entente avec le maître d'ouvrage, de déterminer s'il y a lieu de protéger la surface du béton de parement durant les travaux au moyen d'un film (fig. 47), d'un enduit ou d'un habillage temporaire et, si oui, à quel endroit précisément. Cette précaution doit être précisée dans la convention d'utilisation de l'ouvrage.

– **Si un système de protection de surface est exigé, il incombe au concepteur, dès la phase de planification, de prendre en compte et de clarifier les points suivants :**
  – indiquer quelle technique doit être appliquée (imprégnation, p. ex. application d'un produit hydrofuge, glacis, traitement de surface comme les protections contre les graffitis, etc.) en faisant appel à un spécialiste en protection des surfaces, car il existe sur le marché de nombreux produits de protection de surface aux effets divers et/ou à la durée d'action variable ;
  – dans le cas d'une protection de la surface visant à préserver l'aspect minéral propre du béton de parement, préciser s'il s'agit de conserver, malgré son vieillissement et sa porosité, la qualité technique du béton ou de préserver plutôt sa qualité visuelle (ennoblissement de la surface au moyen d'un glacis incolore ou pigmenté).

6.4.8 Fissuration

Sur le béton de parement, les fissures sont inesthétiques et indésirables. Mais sur des surfaces monolithiques, elles sont quasiment inévitables. En général, si elles ne s'accompagnent pas de salissures, de colorations indésirables ou d'efflorescences, elles ne causent qu'un préjudice insignifiant à la perception visuelle d'une surface de béton de parement. Elles sont en général plus perceptibles sur une surface lisse que sur une surface structurée. En matière de fissuration, la norme SIA 262 distingue les exigences normales, accrues et élevées.

Le tableau 8 ci-dessous précise les recommandations concernant les exigences relatives à la fissuration pour les surfaces de béton de parement. Dans le cas d'exigences accrues ou élevées, l'ouverture nominale des fissures calculée est d'environ 0,2 mm à 0,5 mm (SIA 262). L'ouverture réelle de fissure correspond en moyenne à peu près à ces valeurs.

En ce qui concerne la fissuration pouvant affecter les bétons de parement, le concepteur doit tenir compte des points suivants :
– les exigences normales de la norme SIA 262 ne sont pas suffisantes pour CBA 2 et CBA 3 ;
– pour les classes de surface de béton apparent CBA 1 à CBA 3, le concepteur doit définir avec le maître d'ouvrage, dans la convention d'utilisation de l'ouvrage et les autres documents servant de base au projet, les exigences en matière de fissuration, et s'en tenir à celles-ci ;
– pour la classe de béton de parement CBA S, il incombe au concepteur, de concert avec le maître d'ouvrage et sur la base des exigences posées, de déterminer les exigences concernant la fissuration (habituellement accrues ou élevées) ; la convention d'utilisation de l'ouvrage et les autres documents servant de base au projet mentionneront cette décision, qui liera le concepteur ;

Tabl. 8 : exigences recommandées en matière de fissuration selon la norme SIA 262 pour les surfaces de béton de parement

Classe de béton de parement	Exigences recommandées en matière de fissuration selon SIA 262	Commentaires
CBA 1	normales	Exigences normales en matière d'aspect quant aux fissures et à la répartition de celles-ci
CBA 2	accrues	Exigences accrues en matière d'aspect quant aux fissures et à la répartition de celles-ci
CBA 3	élevées	Exigences élevées en matière d'aspect quant aux fissures, à leur répartition et à leur largeur
CBA S	accrues ou élevées	Exigences accrues ou élevées en matière d'aspect quant aux fissures, à leur répartition et à leur largeur

– la largeur des fissures doit se limiter à un seuil non préjudiciable. En cas d'exigences spéciales, comme l'étanchéité à l'eau des constructions en béton, la largeur tolérée des fissures doit être fixée en concertation avec un spécialiste ;
– les mesures à prendre pour limiter la fissuration dans le béton de parement sont indiquées dans la norme SIA 262, ch. 4.4.2.3 ; elles devront être fixées dans la convention d'utilisation de l'ouvrage et les autres documents servant de base au projet, en tenant compte des causes de la fissuration : conception de la structure porteuse, transposition dans l'architecture de l'ouvrage, propriétés du béton et cure de celui-ci ;

Fig. 46 : colorations foncées dans la partie inférieure et au niveau de l'armature



– le concepteur et le maître d'ouvrage devront préciser dans la convention d'utilisation comment traiter les fissures qui ne sont pas conformes aux exigences. On informera le maître d'ouvrage que des fissures colmatées, même avec soin, restent visibles sur du béton de parement. Si une réparation est prévue, elle doit être testée sur des surfaces d'essai ;
– de plus, il est important que le concepteur et l'exécutant se mettent d'accord très tôt sur le meilleur moyen d'éviter une fissuration excessive.

Exécution

Lors du bétonnage d'éléments en hiver, des taches sombres s'accumulent. Ces colorations sombres sont généralement dues au dépôt de portlandite (un minéral qui cristallise lors de l'hydratation du ciment) à la surface du béton, car le front de séchage se propage plus lentement qu'en été. La surface de béton qui en résulte est plus dense et plus lisse, et apparaît sombre à l'œil nu.
En été, le béton sèche plus rapidement, si bien que le front de séchage et les dépôts de portlandite progressent vers le cœur du béton. Les couches d'armature peuvent également apparaître foncées. Ce phénomène est favorisé par :
– les armatures froides, qui refroidissent le béton qui les enrobe ;
– les vibrations des armatures, provoquées par le compactage du béton frais, qui engendrent, dans cette zone, un compactage supplémentaire.

La partie inférieure des murs présente parfois des taches sombres. Elles peuvent être dues aux vibrations du coffrage sur le béton déjà compacté, d'où un dépôt accru de portlandite à la surface du béton. Les vibrations sont également provoquées par le compactage du béton mis en œuvre a posteriori (fig. 46). Ces variations de teintes seront d'autant plus nombreuses que le béton mis en place sera plus rigide lors du compactage. Autrement dit, le risque de colorations sombres est accru si la mise en place du béton est lente, si les températures du béton ou les températures ambiantes sont élevées, si le coffrage est moins rigide et/ou si le béton est à prise rapide.

6.4.9 Efflorescences, dépôts de chaux

Les efflorescences dues à la chaux sur les surfaces de béton se produisent lorsque l'eau contenue dans le béton s'évapore sur la surface du béton. Les efflorescences sont souvent de teinte claire, mais parfois aussi foncée. Plus un béton séchera longtemps avant son premier contact avec de l'eau sous forme liquide, moins il y aura d'efflorescences. C'est la raison pour laquelle on observe une augmentation des efflorescences pendant la période plus fraîche et plus humide de l'année. Elles sont également plus fréquentes en cas de fissures. Les efflorescences de chaux peuvent être

Tabl. 9 : définition et utilisation des classes de cure (NBK) selon le tabl. 23 de SIA 262

Classe de cure (NBK)	1	2	3	4
Durée minimale (heures)	12[1)]	–	–	–
Pourcentage de résistance caractéristique à 28 jours	–	35 %	50 %	70 %
Exigences		normales	accrues	élevées

[1)] Tant que la prise du béton ne dure pas plus de 5 heures et que la température du béton à la surface est de +5 °C min. La durée devra être sinon prolongée.

réduites, mais non empêchées par hydrophobisation de masse (pendant la production de béton) et/ou hydrophobisation de surface. Plus les fissures sont grandes, moins l'hydrophobisation empêche les efflorescences.

Colorations sombres

Des colorations sombres sont également identifiées sur les sous-faces des dalles et des poutres. Elles apparaissent ici aussi en raison de l'accumulation accrue de portlandite à la surface du béton, éventuellement accentuée par un coffrage vibrant lorsque le béton est complètement compacté.

6.4.10 Cure du béton

La durée de la cure doit être fixée en fonction de l'évolution de la résistance du béton dans la zone de surface ou bien conformément à la norme SIA 262. La norme SIA 262 décrit les classes de cure NBK 1 à 4 (cf. p. ex. tableau 9) ; celles-ci sont définies selon le pourcentage de la résistance caractéristique à 28 jours, atteinte dans la zone de peau du béton à la fin de la cure.

L'évolution de la résistance du béton peut être déterminée plus précisément par des mesures ou des calculs in situ effectués par le concepteur conformément à la norme SIA 262.

En l'absence de résultats précis pour le béton utilisé ou d'estimations et de calculs fiables quant à l'évolution de la résistance, ainsi que d'essais appropriés effectués pendant l'exécution de l'ouvrage, la durée minimale de la cure se basera sur les valeurs fournies aux tableaux 10 et 11. Si l'évolution de la résistance du béton se révélait particulièrement lente, il faudrait poser des exigences spéciales dans le descriptif du projet.

Cure du béton de parement

En présence de béton de parement, on portera une attention particulière à la cure qui, pour ce matériau, doit s'effectuer sans porter préjudice à l'esthétique.
À des températures ambiantes comprises entre environ 5 et 30 °C, il est recommandé de couvrir le béton de parement d'un film (sans courant d'air), en veillant à ce qu'aucune eau de condensation provenant du film n'atteigne la surface du béton.

Tabl. 10 : valeurs indicatives pour la durée minimale de la cure de NBK 2 à 4 selon le tabl. 24 de SIA 262
L'évolution de la résistance du béton sera décrite par la valeur r (rapport de la résistance à la compression moyenne à 2 et à 28 jours : $r = f_{cm,2} / f_{cm,28}$).

		Durée minimale de la cure [jours] [1),]									
Évolution de la résistance du béton à 20 °C selon SN EN 206:2013+A2		rapide			moyenne			lente			très lente
		r ≥ 0,50			0,50 > r ≥ 0,30			0,30 > r ≥ 0,15			r < 0,15
Classe de cure (NBK)		2	3	4	2	3	4	2	3	4	
Température de la surface du béton [°C][3)]	T ≥ 25	1	1,5	3	1,5	2,5	5	2,5	3,5	6	Des exigences spéciales doivent être définies.
	25 > T ≥ 15	1	2	5	2,5	4	9	5	7	12	
	15 > T ≥ 10	1,5	2,5	7	4	7	13	8	12	21	
	10 > T ≥ 5 [2)]	2	3,5	9	5	9	18	11	18	30	

Tabl. 11 : valeurs indicatives pour la durée minimale de la cure quant aux exigences accrues (NBK 3) ou élevées (NBK 4) en matière de cure (avec une évolution de la résistance moyenne ou rapide du béton) selon le tabl. 25 de SIA 262

Types de béton selon SN EN 206:2013+A2	**Exigences selon 6.4.6.6**	**Durée minimale de la cure[1] [jours] en fonction de la température de la surface T du béton[2)] [°C]**		
		T ≥ 15	10 ≤ T < 15	5 ≤ T < 10[3)]
B et C	**accrues**	3	5	7
B et C, D à G	**élevées**	7	7	9

Les notes de bas de page suivantes s'appliquent aux tabl. 10 et 11 :

1) Pour une durée d'ouvrabilité (période durant laquelle le béton est compacté avec les appareils prévus sur le chantier) de plus de 5 h, la durée de la cure doit être prolongée de façon adéquate.
2) Pour des températures < 5 °C, la durée de la cure doit être prolongée du temps durant lequel la température est restée < 5 °C.
3) Au lieu de mesurer la température à la surface du béton, il est aussi possible de mesurer la température de l'air le matin vers 7 h, à l'ombre.

À des températures ambiantes plus froides, il faut prévoir une cure appropriée (« mesures de construction hivernales »).

Durée minimale de la cure du béton de parement

Il conviendra de choisir la classe de cure appropriée à chaque ouvrage de béton de parement.
Pour les éléments supportant de lourdes charges et ayant une longue durée de vie tels que murs de soutènement, galeries, etc., des classes d'exposition XD3, voire XF4, des exigences élevées (NBK 4) sont posées. Pour les types de béton B à G selon SN EN 206 et pour les exigences accrues et élevées en matière de cure, le tableau 11 s'applique.

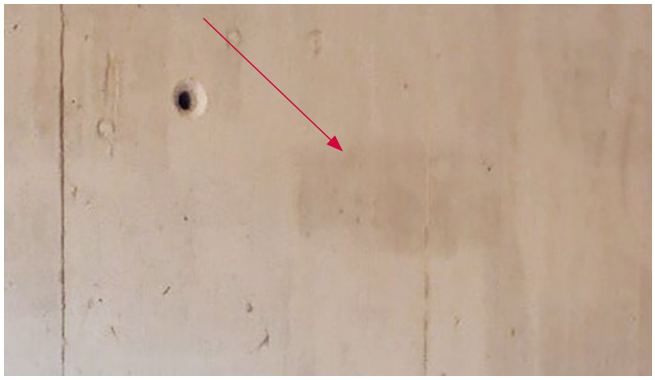
Le concepteur tiendra compte des points suivants en établissant le programme de la cure d'un béton de parement :

- il faut en principe respecter les prescriptions de la norme SIA 262, ch. 6.4.6. Il incombe au concepteur de définir et de consigner la classe et la nature de la cure. L'entrepreneur doit noter que la durée de la cure dépend des conditions météorologiques (température, humidité, vent), de l'évolution de la résistance du béton de parement et éventuellement de la géométrie de ses éléments de béton de parement ;
- dans la mesure où des prescriptions plus précises sur la cure du béton de parement font défaut dans le descriptif des prestations et où elles ne figurent pas non plus dans la convention d'utilisation de l'ouvrage, la cure doit être fixée par l'équipe du béton de parement ;
- lors de la phase de planification, le concepteur doit établir un calendrier de réalisation de l'ouvrage en béton de parement ou d'une partie de celui-ci en intégrant les durées de cure prescrites et les délais. Ce faisant, il doit tenir compte des facteurs extérieurs (température, humidité, vent, etc.), des étapes de bétonnage et de la réalisation de l'ensemble (bétonnage, décoffrage en respectant le temps de maintien dans le coffrage, y c. les week-ends, etc.), sans oublier le contrôle des opérations sur le chantier ;
- le délai de décoffrage et les mesures de cures spéciales, les interventions à effectuer après le décoffrage comme les dispositifs destinés à protéger le béton de l'évaporation ou la protection des surfaces de béton durant la suite des travaux (p. ex. habillages bois) doivent également être consignés par le concepteur dans le descriptif des prestations. Les contrôles correspondants sur le chantier doivent être prévus ;
- les exigences de chaque CBA s'appliquent même en l'absence d'autres spécifications dans le descriptif des prestations ;
- aucun élément en béton de parement ne doit être décoffré avant que celui-ci n'ait suffisamment durci ; cela vaut aussi pour les angles et les arêtes afin d'éviter notamment des épaufrures ;
- une décoloration de la surface peut se produire si le béton reste trop longtemps dans le coffrage. Si le délai de décoffrage est court, le béton de parement sera plus régulier et plus clair. Néanmoins, une cure professionnelle et régulière doit être effectuée afin d'obtenir une qualité de béton suffisante (notamment une protection anticorrosion de l'armature) ;
- après son décoffrage, le béton de parement ne doit être ni exposé à de fortes précipitations, ni rincé à l'eau (risque d'efflorescences, voire de concrétions de chaux), ni mis en aucune manière en contact avec des écoulements d'eau ;
- la meilleure manière de protéger un béton de parement qui vient d'être décoffré, c'est de le couvrir, voire de l'envelopper d'un film plastique, tout en évitant le contact direct de celui-ci avec le matériau encore jeune afin de prévenir toute condensation et l'apparition de taches sur sa surface. Le ruissellement d'eau de condensation doit également être évité à tout prix sous peine d'effets très peu esthétiques. Aussi est-il recommandé de ménager une fente pour permettre un échange d'air avec l'extérieur et éviter toute condensation (attention : ne pas aller jusqu'à créer un effet de cheminée, c'est-à-dire un véritable courant d'air). On prévoira dans l'étude du projet la construction

Fig. 47 : protection du béton de parement contre les salissures à l'aide d'un film plastique



Fig. 48 : empreinte d'un appui



d'un dispositif protégeant l'ouvrage de l'évaporation grâce à un film plastique tendu à quelques centimètres de la surface du béton de parement, ainsi que le contrôle régulier, voire l'entretien de ce dispositif, afin de s'assurer qu'elle est bien protégée contre les influences extérieures (activités sur le chantier, conditions météorologiques) ;
– après la cure, il peut s'avérer nécessaire de mettre en place une protection contre les salissures (fig. 47) ;
– s'il est très difficile d'éviter les appuis sur des surfaces de béton de parement, ils doivent être déplacés tous les jours ou tous les deux ou trois jours pour ne laisser pratiquement aucune trace (fig. 48). Cette prestation doit être demandée dans la mise en soumission.

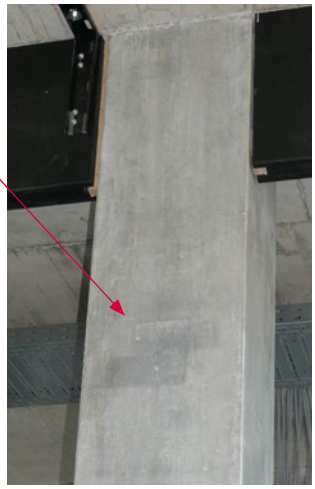
6.4.11 Produits préfabriqués en béton

La fabrication industrielle des produits en béton préfabriqués en usine, dans des conditions de production non tributaires des intempéries et constantes, offre de bonnes conditions pour obtenir une qualité uniforme de la surface. Les exigences des éléments préfabriqués en matière de béton de parement peuvent également être mises en soumission conformément à la norme SIA 118/262 (fig. 49). Pour les éléments préfabriqués, il convient de respecter les dispositions des chapitres 3 à 8. Il faut également tenir compte de certains facteurs évoqués ci-dessous :

– le bétonnage des éléments préfabriqués en position horizontale ou verticale peut influencer leur aspect ;
– il convient de préciser avec l'usine quelles surfaces des éléments préfabriqués seront coffrées et par laquelle de ces surfaces le béton sera coulé, puis dressé. Le dressage et, le cas échéant, le lissage doivent être définis si nécessaire et vérifiés éventuellement sur l'élément de référence. Ce cahier s'applique uniquement aux surfaces coffrées et non aux surfaces non coffrées ;
– pour des éléments préfabriqués, les tolérances géométriques sont définies dans les normes applicables aux produits préfabriqués en béton (p. ex. SN EN 13369). Les tolérances géométriques pour les éléments préfabriqués assemblés figurent dans la norme SIA 414/2 ;
– l'emplacement et l'aspect des ancrages de transport et de montage doivent être pris en compte. En fonction de leur emplacement, il s'agit de prévoir dès le départ le remplissage des réservations (p. ex. pour les ancrages à tête sphérique). À confier à un professionnel disposant du matériel approprié ;
– le stockage des éléments préfabriqués en usine et/ou sur le chantier peut altérer l'aspect des éléments en raison des intempéries. C'est pourquoi les produits préfabriqués en béton apparent doivent, en fonction des exigences, être entreposés à l'abri des intempéries. Il est nécessaire de clarifier si cette protection doit également faire l'objet d'une mise en soumission ;
– lors de leur stockage en usine et sur le chantier, les éléments préfabriqués doivent être protégés contre les dommages mécaniques. Les éventuelles mesures de protection ne doivent pas altérer l'aspect esthétique : éviter que la dessiccation ne soit entravée localement au niveau des profilés de protection des arêtes ou que de l'eau de condensation ne goutte ou ne ruisselle sur des surfaces en béton encore fraîches ;
– lors d'empilages des produits préfabriqués, les cales placées entre les éléments préfabriqués en béton laissent souvent des empreintes (fig. 49, à gauche). Les cales en bois, même enveloppées dans un film plastique, sont le plus souvent plutôt inadaptées. En règle générale, les cales en plastique dotées de picots semi-ronds sont plus appropriées. Le positionnement des cales doit être aussi identique que possible. Le choix et le positionnement doivent être discutés avec le concepteur et leurs conséquences démontrées sur l'élément de référence ;

Fig. 49 : éléments préfabriqués en béton apparent

• avec empreinte de distanceur d'armature à gauche





– les dimensions admises des éléments préfabriqués doivent être respectées lors de leur transport et de leur manutention sur le chantier ;
– les éléments préfabriqués doivent être contrôlés pour détecter d'éventuels dommages à leur arrivée sur le chantier, puis avant leur mise en place.

6.5 Management de l'assurance qualité relative au projet (PAQ)

Seule la collaboration de tous les intervenants intéressés à la réalisation d'une surface en béton de parement permettra d'atteindre le niveau de qualité fixé contractuellement. Plus tôt ceux-ci envisageront tous les aspects techniques et contractuels du projet, mieux ils parviendront à éliminer les points faibles et à éviter les défauts. Pour cela, il importe :
– d'assurer, entre tous les intervenants, une bonne circulation de l'information et une coordination appropriée des opérations de chantier ;
– de confier la réalisation des bétons de parement à des personnes et entreprises qualifiées ;
– de désigner, pour chaque fonction, des référents uniques dans l'équipe du béton de parement : maître d'ouvrage, architecte, ingénieur civil, technologue en béton, entrepreneur (coffrage, ferraillage, bétonnage), producteur de béton, électricien, HVAC, etc. ;
– d'enregistrer et de documenter tous les événements qui se sont produits dans les différentes phases d'exécution du projet de béton de parement ;
– de contrôler en continu les mesures prises dans toutes ces phases ;
– de réguler les diverses procédures de réception entre l'ensemble des intervenants (plan de contrôle des coffrages, étayage inclus, plan de contrôle des armatures, du béton, cure incluse, plan de contrôle des tolérances dimensionnelles, etc.) ;
– de s'assurer que les niveaux de qualité attendus par le client ont été atteints en tenant compte de ses besoins, de ses exigences et des objectifs fixés ;
– lors des réunions de chantier, inclure à l'ordre du jour un point sur la « qualité du béton de parement » pour assurer une information immédiate aux personnes concernées si des résultats ont été insatisfaisants ou pouvaient l'être, et pouvoir discuter de la marche à suivre et d'éventuelles mesures correctives.

6.6 Veiller à la maîtrise des coûts

Lorsqu'ils optent pour une classe de surface de béton apparent et en définissent l'aspect, le maître d'ouvrage et le concepteur doivent en tirer les conséquences quant aux coûts et les fixer par contrat attestant du consentement du maître d'ouvrage. Il incombe au concepteur d'informer rapidement le maître d'ouvrage des coûts de fabrication des bétons de parement de qualité supérieure. Il conviendra d'éviter, en cours d'exécution, toute polémique quant au coût excessif des solutions retenues. Par rapport à un béton normal, un béton de parement peut engendrer des surcoûts au titre des prestations suivantes :

– aspect à donner à la surface du béton / application de telle peau de coffrage ;
– formulation du béton en cas d'exigences particulières (selon SN EN 206) ;
– allongement de la durée du chantier (reports de délais) ;
– exécution plus soignée et transposition dans l'ouvrage des idées du concepteur ;
– cure et mesures de protection supplémentaires pour les surfaces et les arêtes ;
– armature spéciale ;
– mesures cosmétiques éventuelles sur le béton ;
– mesures générales de protection des surfaces.

6.7 Durée de la construction et reports de délais

La durée de construction de bétons de parement joue un rôle grandissant, car elle a un impact sur la planification financière du chantier.
Les maîtres d'ouvrage limitent la durée des chantiers en fonction de contraintes : mise en service du bâtiment, horaires d'ouverture, rentrée scolaire, début de bail, bruit lié aux chantiers, projets qui suivent, etc., d'où une énorme pression quant aux délais.
Pour une bonne qualité, il importe d'informer en temps utile le maître d'ouvrage sur :
– la précision du coffrage, un bétonnage soigné et la protection du béton, qui rallongent les délais ;
– les coûts qui seront dans ce cas plus élevés ;
– l'impact sur le planning, p. ex. en raison des conditions météorologiques.

Les bétonnages à des températures inférieures à env. 10 °C augmentent le risque de taches noirâtres.
Le concepteur et le maître d'ouvrage doivent alors préciser la marche à suivre, p. ex., arrêter le bétonnage des surfaces de béton de parement ou prévoir une enceinte dans la mise en soumission, mais aussi éviter que les surfaces construites en été jouxtent les surfaces construites pendant la saison froide, celles-ci pouvant afficher une différence de teinte due à la température (séchage).
À des températures supérieures à env. 30 °C, le béton durcit rapidement et devient plus difficile à compacter. Son aspect en sera altéré.

7 Mise en soumission

7.1 Principes généraux

Il incombe au concepteur de décrire clairement la classe de surface de béton apparent souhaitée, le cas échéant avec des ajouts et des corrections, et non pas de prescrire comment un tel résultat doit être atteint.

Les documents de la mise en soumission servent de base aux prestations que l'entrepreneur entend offrir. Ceux qui concernent le béton de parement contiendront un descriptif des prestations selon le Catalogue des articles normalisés CAN 241 « Construction en béton coulé sur place ». Les positions les plus importantes comporteront la mention « béton de parement ». Lors de la mise en soumission, il est important de vérifier si le CAN comprend les normes actualisées, puisqu'il peut parfois s'écouler plusieurs années avant que les mises à jour ne soient intégrées.

Le concepteur doit exposer de manière très détaillée l'idée architectonique sous-jacente au béton de parement à réaliser ainsi que les exigences esthétiques. Le descriptif de ses prestations concernant la surface de parement exigée doit comporter les points qui suivent :

- Fournir une description architectonique de l'ensemble du projet, par référence au béton de parement, c'est-à-dire de :
  - décrire l'idée architectonique et urbanistique à la base de l'ouvrage (p. ex. surface visible du béton en poudingue) ;
  - présenter l'idée architectonique et sa mise en œuvre constructive (tâche de l'ingénieur civil) ;
  - décrire les solutions architectoniques et constructives envisagées (p. ex. angles sans appuis, coupes d'onglets dans les ébrasements de portes) ;
  - décrire en détail les solutions compliquées (p. ex. à l'aide de photos présentant des solutions semblables, à titre de références).
- Déterminer les classes de surface de béton apparent (CBA 2 à CBA 3, CBA S).
- Pour CBA 2, 3 et S, mettre en soumission des éléments de référence et si nécessaire, en complément, une surface d'essai (réalisée à la main) pour chaque type d'élément (p. ex. mur, plafond, pilier).
- Si des traitements de surface tels que l'acidification ou le ponçage sont prévus, ceux-ci doivent être spécifiés en détail.
  L'aspect des surfaces en béton traitées dépend de la composition du béton et du temps de traitement. Le risque est d'avoir un résultat non satisfaisant si p. ex. seul le nombre de ponçages est mis en soumission. Les traitements de surface doivent toujours être dûment contrôlés avant la mise en soumission.
- Décrire le coffrage (système de coffrage et de peau de coffrage), si besoin préciser le type de coffrage (type 2 à 4), les arêtes et les angles (vifs, cassés), les joints (emplacement, tracé, étanchéifiés), la texture de la surface, la trame du coffrage et des joints, l'étanchéité du coffrage, les délais de décoffrage et de coffrage, les tolérances, l'agent de démoulage.
- L'aspect éventuel et les possibilités techniques de le réaliser (p. ex. système de coffrage) doivent être décidés par le concepteur et l'entrepreneur, voire au sein de l'équipe du béton de parement.
- Prescrire le béton : béton à propriétés spécifiées, cure avec classe de cure et, le cas échéant, type, év. traitement ultérieur de la surface.
- Prescrire les armatures.
- Prescrire les mesures à prendre sur le plan du management de la qualité PAQ : contrôles, réceptions, définition des responsabilités.
- Si nécessaire, protection des surfaces de béton de parement : protection mécanique durant les travaux, etc.

Dans le contrat d'entreprise, le maître d'ouvrage doit se réserver le droit d'obtenir la composition de béton exacte des lots livrés, seul moyen de contrôler si celle-ci a été constante.

Remarque concernant la spécification du béton

Selon la norme SN EN 206, la soumission peut prévoir soit du béton à propriétés spécifiées, soit du béton à composition prescrite.
L'auteur de la spécification du béton doit informer l'entrepreneur que toutes les exigences pertinentes doivent être portées à la connaissance du fabricant de béton. On recommande en général un béton à propriétés spécifiées. Sa composition doit garantir que le béton peut être correctement mis en œuvre et compacté sans démélange majeur. Il faut sélectionner des mélanges de béton « robustes » aux constituants constants (type, quantité, origine).
Plus le rapport e/c est élevé et la teneur en fines (ciment, additifs, éléments de granulat fins) faible, moins le béton est robuste. Il faut aussi sélectionner une durée de malaxage d'au moins 60 s lors de la fabrication du béton. La toupie du camion-malaxeur doit tourner durant le transport et avant le déchargement. La classe d'étalement du béton doit être F3 ou F4 et être contrôlée régulièrement. Le béton doit être coulé et compacté en couches d'environ 0,5 m de haut. Des essais préliminaires sur le chantier sont recommandés pour CBA 3 et CBA S afin de déterminer notamment si le béton est approprié ou s'il doit être modifié. Le béton doit être livré sur le chantier de sorte qu'il puisse être coulé sans trop de retard. Il faut éviter tout ajout d'eau sur le chantier, sous peine de modifier sa teinte.

On trouvera à l'annexe B les points que le concepteur doit prendre en compte dans le descriptif des prestations pour la fabrication et le contrôle du béton. Les annexes C et D rassemblent par ailleurs des exemples de soumissions.

7.2 Éléments de référence

La réalisation d'éléments de référence est recommandée pour la classe de surface de béton apparent CBA 2 et impérative pour les classes CBA 3 et CBA S (tableau 5, page 24).

Des échantillons à la main (p. ex. au format de dalles de jardin) ou des échantillons de murs fabriqués sans points d'attache ni joints (fig. 50) sont admis pour les premiers essais uniquement, afin de déterminer la couleur souhaitée et éventuellement la formulation du béton.

La réalisation d'éléments de référence (fig. 51) dans les conditions locales du chantier a pour objectif de :
- préparer l'entreprise exécutante à développer et à mettre au point son mode opératoire sur le plan technique (détermination et optimisation des moyens à mettre en œuvre, directives au personnel et formation de celui-ci) ;
- réaliser des surfaces de béton dans les conditions de l'ouvrage à construire, p. ex. pour la teinte, la texture, le bullage, le plan des joints, la disposition des ancrages, les joints, etc. ;
- décider de l'aspect des surfaces convenu contractuellement avec le mandant, notamment en ce qui concerne l'admissibilité des réparations de la part du fournisseur de coffrages ;
- examiner des variantes ;
- faire une présentation pratique des détails d'exécution.

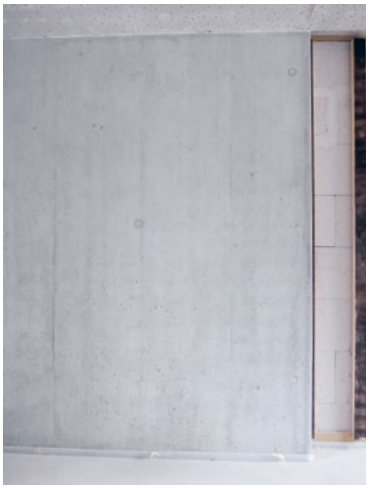
Les éléments de référence doivent prendre en compte la géométrie et les types d'éléments à construire (paroi, dalle, pilier), les enrobages, la densité et la répartition des armatures, les insertions et les formulations de béton envisagées. Ils doivent être mentionnés par le concepteur dans le descriptif des prestations.
Il n'est pas recommandé de mentionner comme éléments de référence contractuels des bétons de parement visibles sur des bâtiments existants car leur aspect général dépend de facteurs qu'il n'est en principe pas possible de reproduire sur l'ouvrage projeté, tels que les dimensions, les proportions au moment de l'observation, les conditions d'exécution et le vieillissement.

La construction, la protection, la conservation, ainsi que la démolition et l'élimination des éléments de référence doivent avoir été prévues par le concepteur dans le descriptif des prestations. Ces éléments de référence doivent être conservés sans être modifiés jusqu'à la réception des surfaces de béton de parement. Si un **traitement de surface** est exigé, p. ex. par lavage, décapage à l'acide, bouchardage ou sablage, cette condition doit figurer en détail dans la soumission. Cela peut se faire, p. ex. par un retrait d'épaisseur (enlèvement de matière), un profil de surface ou, dans le cas d'un décapage à l'acide, par un certain nombre d'étapes de traitement. Toutefois, les effets du traitement de surface sont également influencés de manière significative par la résistance du béton au moment du traitement, qui dépend à son tour de la composition du béton et des températures ambiantes. Si le personnel n'est pas assez expérimenté, il est nécessaire d'effectuer des essais préliminaires probants et/ou de consulter des spécialistes.

Fig. 50 : exemple de quatre surfaces d'essai (surfaces visibles) pour le choix du béton



Fig. 51 : exemple d'un élément de référence convenu



8 Exécution

Les concepteurs et les exécutants doivent d'emblée avoir des échanges approfondis sur les caractéristiques esthétiques et les exigences techniques des bétons de parement souhaités.
L'exécutant doit avoir été informé avec exhaustivité des prestations qu'on attend de lui afin de concevoir un ouvrage en béton de parement impeccable. En règle générale, seuls des éléments de référence appropriés peuvent aider à définir de manière suffisamment claire les exigences relatives aux surfaces en béton de parement.

Ce cahier mentionne certains aspects de l'exécution que le concepteur doit d'emblée prendre en compte dans l'élaboration de son projet. Les chapitres 5 et 6 décrivent des aspects essentiels du coffrage et de la fabrication des surfaces de béton de parement. D'autres volets comme la réalisation des travaux, les détails d'exécution, l'utilisation d'agents de démoulage, la mise en place et le compactage du béton, etc., ne sont pas traités dans ce cahier.

Les parties concernées (maître d'ouvrage, direction des travaux, concepteur, entrepreneur) doivent, durant l'exécution du projet, discuter en permanence de la qualité du béton de parement réalisé, au cours de réunions de chantier. S'il s'avère que la qualité est ou pourrait être insuffisante, les parties doivent prendre contact avec l'entrepreneur pour convenir de la marche à suivre. Si aucun accord ne peut être trouvé, p. ex. sur les améliorations nécessaires ou sur un avenant au contrat entre le concepteur / le maître d'ouvrage et l'entrepreneur, il convient de consulter un expert.

9 Évaluation

9.1 Généralités

Le principal critère d'évaluation du béton de parement est la conformité de l'ouvrage avec les prescriptions de la mise en soumission et celles du ou des éléments de référence. Il est important d'impliquer le maître d'ouvrage dès l'élaboration de ces prescriptions et de consigner, dans la convention d'utilisation de l'ouvrage et les documents servant de base au projet, l'esthétique générale, les tolérances quant à l'aspect que doivent présenter les surfaces, les bases d'évaluation et certains détails d'exécution. Si des éléments de référence ont été mentionnés contractuellement, ils doivent être impérativement intégrés à l'évaluation. Seuls des éléments de référence appropriés permettent de définir les exigences et la faisabilité de manière fiable.

Un délai suffisant doit s'écouler avant de procéder à l'inspection, car l'aspect d'un béton fraîchement décoffré est encore susceptible de se modifier. Il est notamment appelé à s'éclaircir sous l'effet d'une diminution de son humidité.

Chaque partie d'ouvrage est un objet unique et doit être évaluée comme telle. Il est impossible de reproduire des surfaces de béton de manière absolument identique, du fait des variations des constituants naturels du béton, des variations admises dans sa composition, de fluctuations inhérentes à la peau de coffrage, des agents de démoulage et des conditions météorologiques. Les réparations doivent faire l'objet de discussions au sein de l'équipe du béton de parement, en soupesant tous les avantages et les inconvénients. Ces réparations doivent toujours être effectuées d'abord sur des surfaces d'essai et n'être évaluées qu'au bout de plusieurs semaines, le cas échéant seulement après des intempéries. L'évaluation doit donner la priorité à l'impression générale, avant d'envisager tel ou tel détail. Si l'impression générale est insuffisante, les caractéristiques individuelles sont prises en considération.

9.2 Impression générale

L'impression générale que donne un béton de parement est le critère fondamental présidant à l'acceptation d'un tel ouvrage. Pour la déterminer, il importe de procéder comme suit :

- se tenir à une distance appropriée de l'ouvrage et de l'élément considéré, soit la distance que l'on adoptera en tant que futur observateur ;
- considérer l'intégralité des éléments et des surfaces de la construction, ce qui signifie que l'échafaudage doit éventuellement être retiré ;
- la durée d'observation correspond à celle d'un observateur habituel ;
- intensité et direction « normales » de la lumière du jour ou si possible, éclairage prévu ;
- âge de la zone évaluée : en raison du changement de teinte de la surface de béton de parement dû au séchage, il est nécessaire de laisser s'écouler plusieurs semaines de séchage avant de les évaluer ;
- les surfaces de béton de parement ne doivent pas être évaluées à l'état humide, p. ex. sous la pluie.

9.3 Critères particuliers

L'évaluation de critères particuliers ne se justifie que si l'impression générale ne répond pas aux exigences ; elle doit alors être réalisée séparément pour chaque partie de l'ouvrage. Les tableaux 4 et 5 présentent divers critères particuliers, auxquels l'élément de référence doit également être soumis.

9.4 Réception

Lors de la réception des éléments, les points ci-dessus doivent être respectés.

Fig. 52 : impression générale donnée par une habitation collective construite en béton de parement teinté dans la masse



10 Réparation, cosmétique du béton

Il n'est que rarement possible de satisfaire immédiatement aux exigences des classes de surface de béton apparent CBA 2 et 3. Des réparations (cosmétique du béton) sont donc souvent nécessaires. Avant d'effectuer une réparation, il faut toujours vérifier si elle est pertinente.

Une mesure simple et efficace consiste à procéder à un ponçage par aspiration prudent de la surface du béton. Cette opération doit être effectuée avec beaucoup de précautions afin de ne pas mettre les granulats à nu. Le ponçage par aspiration permet de réduire partiellement les voiles de rouille, les colorations sombres ainsi que la brillance, ce qui confère à la surface du béton un aspect plus clair et plus uniforme. Il faut veiller à ne laisser aucune trace de ponçage (fig. 53 et 54)

S'il est par exemple prévu de poncer des décrochements entre les coffrages, la peau de ciment sera retirée et le granulat mis à nu (fig. 55). Si le bullage ou les nids de gravier sont seulement mastiqués, la teinte et la structure du mastic peuvent différer de celles du béton (fig. 56, 57). Des traitements cosmétiques du béton peuvent améliorer le problème.

Qu'elles soient réalisées avec du béton coulé en place, du béton prêt à l'emploi ou des éléments préfabriqués, il convient, lors des finitions des surfaces en béton de parement, de tenir compte du fait que la surface du béton subit, entre autres, une modification de couleur en raison du séchage. Les finitions doivent donc intervenir le plus tard possible afin, p. ex., de pouvoir choisir la teinte appropriée pour les mortiers cosmétiques. Il s'agit d'un délai à ne pas négliger aussi lors de l'obturation des ouvertures de transport ou de montage des éléments préfabriqués.

Les réparations doivent être effectuées par des spécialistes. Si les entreprises qui interviennent n'ont pas de connaissances suffisantes en matière de réparations cosmétiques du béton, cela se traduit généralement par une surface de mauvaise qualité. Cela risque également de compliquer les réparations cosmétiques ultérieures effectuées par un spécialiste. Pour ces gestes, il faut toujours commencer par effectuer un test sur des surfaces d'essai à n'évaluer qu'au terme d'un délai de séchage suffisant. Si des réparations sont prévues sur des éléments exposés aux intempéries, il est recommandé d'intégrer dans l'évaluation l'aspect de la réparation pendant ou après l'exposition (p. ex. pluie).

Fig. 53 : ponçage par aspiration de la sous-face de la dalle



Fig. 54 : traces du ponçage par aspiration d'une sous-face de dalle



Fig. 55 : décalage poncé

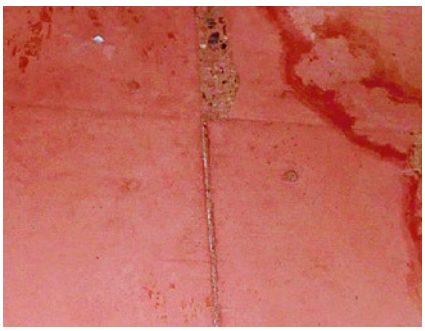


Fig. 56 : bullage mastiqué



Fig. 57 : nid de gravier mastiqué au niveau du joint de coffrage



Annexe

Annexe A : Crédits photos

	Illustrations
BetonMarketing Deutschland GmbH	3 (bosselage, bouchardage)
Betonsuisse, extrait de : apb09, Dominique Marc Wehrli apb01, Hannes Henz Construire en béton 2010/11, Kim Zwarts Construire en béton 2010/11, Kim Zwarts	 32, 34, 52 56 50 51
Creabeton Matériaux SA	2 (béton clivé), 4 (lavage), 4 (lavage fin)
Conzett Bronzini Gartmann AG	6 (ornements taillés dans le bois), 8 (coffrage conventionnel), 9, 35, 37, 38, 41, 43, 50, 60
Holcim (Suisse) SA	1, 2 (ponçage), 3 (piquetage), 5 (technique photographique), 6 (matrice), 20, 26 (CBA S), 27, 31, 42 (schéma), 44, 45, 52
Holcim (Süddeutschland) AG	2 (polissage), 4 (décapage à l'acide)
Holzco-Doka Schalungstechnik AG	8 (coffrage panneaux et poutrelles), 11 (peau de coffrage), 14 (peau de coffrage), 21, 22, 23, 26 (CBA 1), 27, 29, 30, 39, 40
HUSSOR	15
Jacobs Bauberatung	46, 49, 53, 54, 58, 61
Lafarge Zement	5 (sablage)
Max Frank Holding GmbH	18
MEVA Schalungs-Systeme AG	1, 8 (coffrage de colonne), 11 (résultat), 13, 24, 26 (CBA 2, CBA 3), 28, 30
PERI AG	8 (coffrage cadre, coffrage circulaire), 10, 12, 14 (résultat), 16, 17, 33
SIA 414/2	34
TFB SA	5 (hydrodécapage), 6 (ornement en relief), 7, 19, 26 (CBA S), 30, 32, 36, 42 (Photo), 47, 48, 51, 55, 56, 57, 59

Annexe B : dans le descriptif des prestations pour la construction d'un ouvrage en béton de parement, les concepteurs doivent tenir compte des points ci-après

Objet	À faire ou à déterminer
Architecture	Description architectonique de l'ensemble de l'ouvrage en tenant compte du béton de parement à réaliser (Présentation et description de l'idée à la base de l'ouvrage et de sa traduction dans la construction, description des solutions de détail compliquées)
Management de la qualité (PAQ)	Dispositions tenant compte de l'objet à construire : contrôles, réceptions, détermination des compétences, etc.
Construction	Choisir la classe de surface de béton apparent CBA 2, CBA 3 ou CBA S
	Définir le type de coffrage (type 2 à 4, éventuellement avec des exigences accrues)
	Fixer la forme et les dimensions des parties à construire en tenant compte de la nature du matériau (le béton doit pouvoir être mis en place et compacté selon les règles de l'art)
	Respecter les dimensions minimales des parties à construire et l'écartement minimal entre les barres d'armature
	Assurer un enrobage suffisant des armatures, y c. d'éventuelles armatures spéciales
	Choisir le type de cales (en ciment ou en matière synthétique)
	Fixer les exigences en matière de fissuration (accrues, élevées), y c. la largeur des fissures (tolérance maximale)
Cure	Définir la classe de cure (NBK 2, NBK 3, NBK 4) ainsi que la nature et la durée de la cure
Aspect général	Répartition des surfaces, plan de calepinage, définir les éléments des coffrages
	Présentation des joints et des angles, ainsi que des arêtes
Structure	Fixer le type de peau de coffrage (absorbant, peu absorbant, non ou très faiblement absorbant), év. le système de coffrage
	Les coffrages cadres ne sont pas autorisés pour CBA 2 et 3, sauf accord spécifique
	Spécifier le traitement de la surface après décoffrage (traitement mécanique ou manuel, lavage, traitement spécial tel que sablage, hydrodécapage, etc.)
Contrôles	Mise en soumission de contrôles réguliers du béton frais et éventuellement du béton durci avec les exigences afférentes, notamment pour CBA 2, 3 et S
Teinte du béton	Pigments en poudre ou liquides (contrôler de façon exhaustive le béton avec pigments)
Élément de référence	Réaliser des essais de teinte et un élément de référence ; soumissionner leur fabrication séparément dans le descriptif des prestations
Planéité	Fixer le niveau d'exigence en matière de planéité selon SIA 414/2 ou en fonction du projet
Joints	Pour CBA 2, 3 et S, définir l'exigence accrue « joints de bétonnage et joints de coffrage étanches » si nécessaire
Évaluation	Réaliser les éléments de référence pour chaque type d'élément de construction (paroi, dalle, pilier, etc.)
Réparations	Procédure pour les défauts de surface (« cosmétique du béton ») Fixer les mesures de protection durant la phase des travaux (film plastique, panneau de mise en garde, protection des arêtes, etc.) Réparations au mortier : disposer les surfaces d'essai (teinte, texture)
Protection des parties construites	Définir les mesures de protection spéciales durant la phase des travaux (p. ex. enceinte [recouvrement], protection des arêtes, etc.)
	Spécifier les mesures de protection des surfaces (protection contre les graffitis, lasure, imprégnation, application d'un produit hydrofuge) ou définir un mode d'utilisation propre à protéger l'ouvrage

Annexe C : exemples de libellé relatif à un béton de parement selon CAN 241 « Béton coulé sur place » (à titre d'information)

Structure de la classe de surface de béton apparent CBA 2

062 Béton à propriétés spécifiées (2)

Les propriétés que doit présenter le béton peuvent être spécifiées comme suit.

062.100
- 01 Béton selon la norme SN EN 206
- 03 Béton de type A
- 04 Classe de résistance à la compression C25/30
- 05 Classe d'exposition XC2 (CH), XC1 (CH)
- 06 Dimension maximale nominale des granulats D_{max} 16
- 07 Classe de teneur en chlorures Cl 0.10
- 08 Classe de consistance F4
- 11 Exigences complémentaires :
  - – Béton de parement de classe CBA 2 selon SIA 118/262
  - – Classe de cure NBK 1

Classe de surface de béton apparent CBA 3

062 Béton à propriétés spécifiées (2)

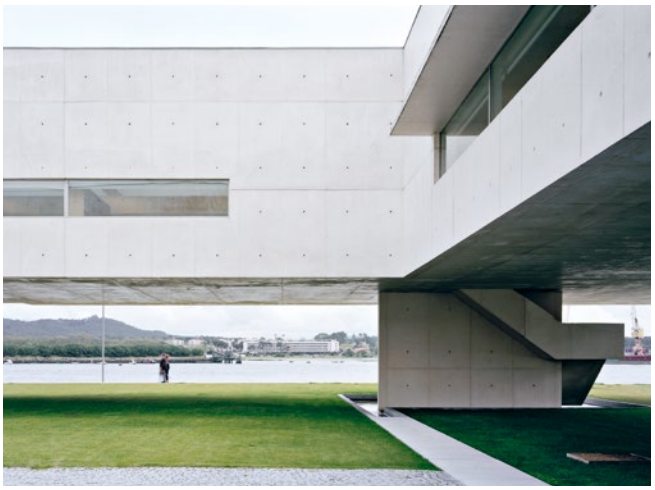
Les propriétés que doit présenter le béton peuvent être spécifiées comme suit.

062.100
- 01 Béton selon la norme SN EN 206
- 03 Béton de type C
- 04 Classe de résistance à la compression C30/37
- 05 Classe d'exposition XC4 (CH), XF1 (CH)
- 06 Dimension maximale nominale des granulats D_{max} 32
- 07 Classe de teneur en chlorures Cl 0.10
- 08 Classe de consistance F4
- 11 Exigences complémentaires :
  - – Béton de parement de classe CBA 3 selon SIA 118/262
  - – Ciment blanc type CEM II/A-LL 42.5 R
  - – Classe de cure NBK 3
- 12 Divers :
  - – Réalisation préalable de surfaces d'essai d'entente entre le maître d'ouvrage, l'architecte et l'entrepreneur
  - – Réaliser un élément de référence d'entente avec le maître d'ouvrage, l'architecte et l'entrepreneur
  - – Protection de la surface : application 4 semaines après le décoffrage d'un hydrofuge

Fig. 58 : exemple pour CBA 1 (pas de béton de parement)



Fig. 59 : exemple de CBA 2



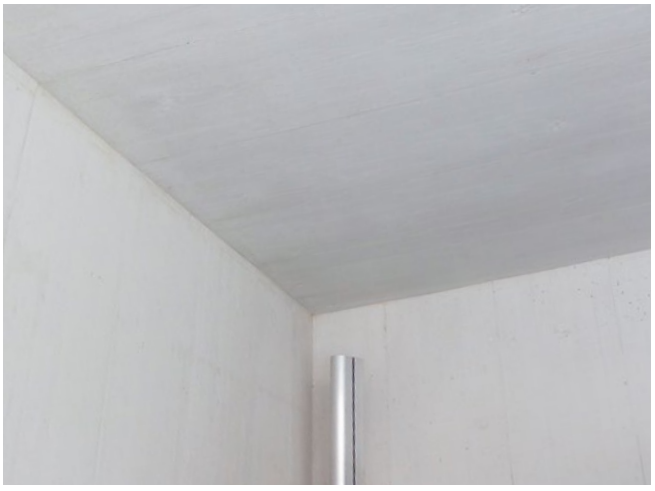
Classe de surface de béton apparent CBA 3

062 Béton à propriétés spécifiées (2)

Les propriétés que doit présenter le béton peuvent être spécifiées comme suit.

062.100
- 01 Béton selon la norme SN EN 206
- 03 Béton de type C
- 04 Classe de résistance à la compression C30/37
- 05 Classe d'exposition XC4 (CH), XF1 (CH)
- 06 Dimension maximale nominale des granulats D_{max} 32
- 07 Classe de teneur en chlorures Cl 0.10
- 08 Classe de consistance F4
- 10 Ciment blanc type CEM II/A-LL 42.5 R
- 11 Exigences complémentaires :
  - Béton de parement de classe CBA 3 selon SIA 118/262
  - Température minimale du béton frais à la livraison : 20 °C
  - Classe de cure NBK 2
- 12 Divers :
  - Plafond en béton de parement avec effet visuel produit par le coffrage selon plan détaillé de l'architecte
  - Bétonnage de la dalle en une seule étape
  - Réalisation préalable de surfaces d'essai d'entente entre le maître d'ouvrage, l'architecte et l'entrepreneur
  - Réaliser un élément de référence d'entente avec le maître d'ouvrage, l'architecte et l'entrepreneur
  - Contrôles : détermination de la classe d'étalement à chaque livraison de béton

Fig. 60 : exemple de CBA 3



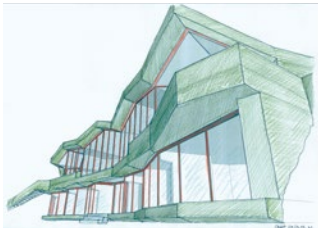
Classe de surface de béton apparent CBA S

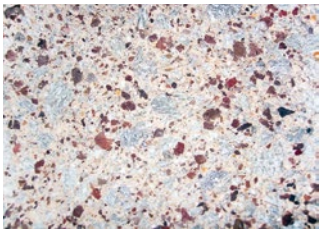
062 Béton à propriétés spécifiées (2)

Les propriétés que doit présenter le béton peuvent être spécifiées comme suit.

062.100
- 01 Béton selon la norme SN EN 206
- 03 Béton de type C
- 04 Classe de résistance à la compression C30/37
- 05 Classe d'exposition XC4 (CH), XF1 (CH)
- 06 Dimension maximale nominale des granulats D_{max} 32
- 07 Classe de teneur en chlorures Cl 0.10
- 08 Classe de consistance F4
- 10 Ciment clair CEM II/A-LL 42.5 N
- 11 Exigences complémentaires :
  - Béton de parement de classe CBA S selon SIA 118/262
  - Granulat de couleur : granit Andeer (4/32), basalte et gravier du Rhin (0/4)
  - Classe de cure NBK 3
- 12 Divers :
  - Tenir compte de la description donnée par l'architecte
  - Bétonnage de la paroi du RDC, y c. linteau et appui, L = 10 m, H = 3,50 m, en une seule étape
  - Réalisation préalable de surfaces d'essai d'entente entre le maître d'ouvrage, l'architecte et l'entrepreneur
  - Traitement ultérieur de la surface : sablage
  - Réaliser un élément de référence d'entente avec le maître d'ouvrage, l'architecte et l'entrepreneur

Fig. 61 : exemple de CBA S, étude en trois dimensions et surface d'essai





Annexe D : exemple de béton de parement de la classe S (à titre d'information)

a) Description architectonique

Béton « rouillé » : le bâtiment doit être d'une couleur analogue à celle de rails rouillés. La peau de la façade doit rappeler des éléments en acier Corten dont la corrosion superficielle se serait écaillée, laissant apparaître un effet de patine changeante. Ces plaques apparemment en acier (vues de loin) constituent en réalité une enveloppe de béton monolithique présentant en surface l'empreinte des lames de coffrage.

b) Précisions sur la classe de béton de parement, description du coffrage et ouvrages de référence

Le coffrage pour ce béton de parement est constitué de lames de bois non rabotées, placées en général horizontalement. Disposition exacte des lames, de même que celle des joints (de reprise et de coffrage), selon le plan de calepinage de l'architecte. Coffrage pour béton de parement sur les parois, contrecœurs et tranches de dalle.

Le coffrage de base est doublé par des lames de bois non raboté de type mélèze (larg. = 10 cm, H = 30 mm). Traitement préalable des lames à la laitance de ciment. Celles-ci ne peuvent être utilisées qu'une seule fois et doivent ensuite être éliminées. Les joints de coffrage doivent être rendus étanches selon les règles de l'art.

Niveau d'exigence quant au coffrage selon classe de béton de parement CBA S

Fig. 62 : béton « rouillé » (photo : poste d'aiguillage à l'entrée de la gare de Zurich, Gigon/Guyer Architekten, Zurich)



Classe de surface de béton apparent CBA S

Texture
- Surface lisse, fermée et en bonne partie uniforme
- Bavures de laitance de ciment / mortier fin sur une largeur de 3 mm et une profondeur de 2 mm tolérée
- Décrochements de 3 mm maximum tolérés
- Décalage au niveau des joints entre éléments : tolérance de 3 mm max.
- Empreinte du cadre de coffrage non autorisée
- Coffrage constitué de lames en bois non raboté de type mélèze, larg.= 10 cm, (préalablement traitées à la laitance de ciment)

Bullage
- Bullage minime toléré, cf. l'élément de référence

Teinte du béton
- Variations régulières et minimes, claires ou foncées, sur de grandes surfaces, tolérées (p. ex. légère formation de voiles et/ou de marbrures)

Planéité
- Niveau d'exigences selon SIA 414/2

Joints
- Joints étanchéifiés
- Protection des arêtes
- Pas de décalage entre deux étapes de bétonnage

Surfaces d'essai et de référence / éléments de référence
- Réalisation d'une surface de référence au moyen de 3 surfaces d'essai de 2,50 m × 1,50 m × 0,25 m
- Ouvrage de référence : poste d'aiguillage à l'entrée de la gare de Zurich, Gigon/Guyer Architekten, Zurich

Type de coffrage
- Type 3-123 selon SIA 118/262

Peau de coffrage
- Trous de percement, restes de béton adhérents, boursouflures de la peau de coffrage, traces de réparation et dommages dus au pervibrateur non autorisés
- Trous de clouage ou de vissage, éraflures, voiles de ciment et traces de réparation non autorisés

Étapes de bétonnage et joints de reprise
Le programme des étapes de bétonnage et les joints de reprise admis sont déterminés avec l'entrepreneur afin de masquer les joints additionnels.

Points d'attache / ancrage du coffrage
L'emplacement des points d'attache et des tiges de coffrage est fonction du système de coffrage de l'entrepreneur (à déterminer avec l'architecte) ou du plan de calepinage. Pour la totalité des parois en façade, l'architecte exige des écarts réguliers entre les points d'attache et les tiges de coffrage. Les points d'attache seront visibles après le décoffrage. Les exigences quant à la mise en place de ce dispositif ainsi que les obturations seront précisées avec les éléments de référence.

Arêtes / angles
Les arêtes et angles seront vifs. L'étanchéité des coffrages devra être assurée à ces endroits.

c) Armature
Les prescriptions en matière d'armature (densité, qualité de l'acier, enrobage, etc.) seront en principe formulées par l'ingénieur civil.

Pour les façades, on recourra à des cales d'une couleur identique à celle du béton en surface ; elles présenteront une surface d'appui minimale sur le coffrage. Il est recommandé d'intégrer de telles cales sur les surfaces d'essai. Aucune tache de rouille ne sera tolérée sur les surfaces des parois. Pour cela, on prendra les mesures préventives qui s'imposent : retrait des ligatures de fixation de l'armature, nettoyage du coffrage avant le bétonnage, recouvrement, voire enveloppement des fers en attente après le bétonnage, selon les règles de l'art.

d) Béton
La composition du béton sera déterminée par l'ingénieur civil en fonction de l'exposition de l'ouvrage et des caractéristiques de sa structure porteuse. Constituants :
– ciment blanc et pigments rouges selon surface d'essai « fournisseur des matériaux de construction / entrepreneur » ;
– granulat : gravier alluvionnaire gris ordinaire ;
– surface du béton : lisse, sans nids de gravier et avec le moins de bullage possible ; de légers voiles et marbrures apparaissant dans la teinte du béton sont tolérés (cf. l'élément de référence) ;
– détermination de la classe d'étalement à chaque livraison de béton.

e) Décoffrage et cure
Suivre les prescriptions de l'ingénieur civil.
Une fois décoffré, le béton de parement doit immédiatement être protégé. Cela s'applique aussi aux arêtes et angles. Les feuilles de protection ne doivent pas entrer en contact avec le béton, afin d'éviter des irrégularités de teinte (voiles, taches, etc.) sous l'effet de la condensation. Éviter toute inscription, marques de niveau, bande adhésive, etc., de toute nature sur la surface du béton, car elles ne pourront plus être enlevées ou laisseront une trace.

f) Protection de la surface
Quatre semaines après la construction de la partie de bâtiment concernée, on appliquera à celle-ci un hydrofuge à base de silane. Cette opération doit se faire selon les indications du fabricant et être confiée à des spécialistes. Avant le début des travaux, on appliquera, à titre d'essai, ce produit sur la surface de référence.

Cahiers techniques cemsuisse
cemsuisse rédige des cahiers techniques destinés à donner des explications ou des recommandations sur certains sujets spécifiques. Le présent cahier repose sur les résultats d'un projet financé par cemsuisse.

Les auteurs déclinent toute responsabilité concernant les dommages pouvant survenir du fait de l'utilisation de la présente publication. Les cahiers techniques sont valables durant cinq ans après leur publication. La validité peut ensuite être prolongée, chaque fois pour une durée de cinq ans.

Auteur
cemsuisse
Association suisse de l'industrie du ciment
Marktgasse 53
3011 Berne
www.cemsuisse.ch

Éditeur
BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53
3011 Berne
T 031 327 97 87
info@betonsuisse.ch
www.betonsuisse.ch

Illustrations
Les illustrations n'ont pour fonction que d'informer et de faciliter la compréhension du texte.

Design
Blickwinkel AG, Lucerne


SRF Campus Zurich
Architecture : Penzel Valier | Photo: Kuster Frey