

ARCHITECTURE : CONSTRUIRE EN BÉTON PRÉFABRIQUÉ

Guide pour l'utilisation d'éléments en béton architectonique dans les projets d'architecture



L'architecture en béton
à base de ciment blanc



ARCHITECTURE : CONSTRUIRE EN BÉTON PRÉFABRIQUÉ

**Guide pour l'utilisation
d'éléments en béton architectonique
dans les projets d'architecture**

Avant-propos

● L'étendue des possibilités techniques et esthétiques du béton préfabriqué peut impressionner un maître d'œuvre abordant pour la première fois ce matériau. Comment choisir une composition ? Quelles sont les contraintes dimensionnelles à respecter ? Comment réaliser un volume ? Quel est le coût de cette façade en béton ? Telles sont les questions qui reviennent le plus fréquemment.

Or, prévoir dans son ouvrage l'utilisation d'éléments en béton préfabriqué est aisé, à la condition de suivre une démarche logique parallèle aux grandes étapes de la création. C'est cette démarche que ce guide a l'ambition de décrire.

En quelques pages, on trouvera l'essentiel de ce qu'il faut savoir pour concevoir et prescrire des éléments en béton architectonique dans les projets d'architecture. Abondamment illustré d'exemples contemporains, accompagné d'une importante bibliographie, chaque chapitre répond, de manière pratique, aux questions que se pose chronologiquement le concepteur. L'objectif de ce guide est de devenir pour lui un outil pratique et indispensable.

Le béton préfabriqué architectonique est l'un des matériaux les plus complets dont dispose aujourd'hui l'architecte pour traduire sa vision des bâtiments et des ouvrages :

- il offre au concepteur une large palette de couleurs et de textures, du fait de ses constituants multiples et soigneusement choisis ;
- à la fois élément de structure et élément plastique, il traduit en volumes simples ou complexes la pensée de l'architecte ;
- les méthodes de fabrication actuelles garantissent la qualité de l'ouvrage et l'homogénéité des parements ;
- ses constituants et ses traitements de surface le rendent particulièrement résistant aux multiples agressions ambiantes.

Sommaire

● 1 Le béton, matériau de structure et d'expression architecturale	7
1.1 Le béton, matériau de structure	8
1.1.1 - Composition du béton	9
1.1.2 - Caractéristiques physiques et mécaniques du béton	10
1.2 Le béton, matériau d'expression architecturale	12
1.2.1 - Forme des éléments	13
1.2.2 - Reliefs ou modénatures de surface	14
1.2.3 - Teinte des bétons	15
1.2.4 - Aspects de surface (ou textures)	19
1.2.5 - Exemple de nuancier	23
1.3 Critères de choix technico-économiques	28
<hr/>	
● 2 Mise en œuvre du béton architectonique	35
2.1 Le béton architectonique porteur coulé en place	37
2.2 Le béton architectonique porteur préfabriqué	39
2.3 Le béton architectonique non porteur préfabriqué	40
2.4 Quelle méthode de mise en œuvre choisir ?	42
<hr/>	
● 3 Le béton architectonique préfabriqué dans la construction	45
3.1 Trente ans de préfabrication	46
3.2 Le béton architectonique préfabriqué aujourd'hui	49
3.2.1 - L'offre actuelle	49
3.2.2 - Les points forts du béton architectonique préfabriqué	54
<hr/>	
● 4 Guide de mise en œuvre des éléments architecturaux	57
4.1 Organisation	58
4.2 Calepinage	59
4.3 Structures	60
4.4 Assemblages	64
4.5 Joints d'étanchéité à l'eau et à l'air	70
4.6 Dispositions constructives vis-à-vis de la durabilité et du vieillissement	79

● 5 Principales familles d'éléments architecturaux	83
5.1 Classification	84
5.2 Les panneaux et voiles verticaux	87
5.2.1 - Panneaux pleins ou nervurés	88
5.2.2 - Panneaux sandwiches à voiles solidaires	89
5.2.3 - Panneaux sandwiches à voile extérieur librement dilatable	90
5.2.4 - Critères pour le choix d'un type de panneau	92
5.3 Les éléments de structure	94
5.4 Les éléments de toiture	96
5.5 Les escaliers	98
5.6 Les garde-corps, balustrades et jardinières	100
5.7 Les éléments de modénature	101
5.8 Les éléments pour le génie civil	102
5.8.1 - Les parois et murs de soutènement	102
5.8.2 - Les murs antibruit	104
5.8.3 Les éléments d'ouvrage d'art	106
5.9 Les produits pour les aménagements urbains et paysagés	107

● 6 Éléments pour un CCTP	111
---------------------------	-----

● 7 Qualité et certification	125
7.1 Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine	126
7.2 Certification « Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine »	127

● 8 Annexes	129
Annexe 1 • Entretien du béton	130
Annexe 2 • Rappel des règles techniques de conception et de dimensionnement des ouvrages en béton	141
Annexe 3 • Glossaire	165
Annexe 4 • Bibliographie	175
Annexe 5 • Principaux textes de référence	178
Annexe 6 • Adresses utiles	189



*M. Perruchot, T. Gras, M. Pupazan, centre administratif d'Air Inter, Toulouse-Blagnac.
Éléments de façades et de structures préfabriqués en béton blanc poli.*

Le béton, matériau de structure et d'expression architecturale

1.1 Le béton, matériau de structure

- 1.1.1 Composition du béton
- 1.1.2 Caractéristiques physiques et mécaniques du béton

1.2 Le béton, matériau d'expression architecturale

- 1.2.1 Forme des éléments
- 1.2.2 Reliefs ou modénatures de surface
- 1.2.3 Teinte des bétons
- 1.2.4 Aspects de surface (ou textures)
- 1.2.5 Exemple de nuancier

1.3 Critères de choix technico-économiques

1.1 Le béton, matériau de structure

Le béton est un matériau de construction capable de répondre aux multiples contraintes et exigences imposées aux bâtiments et aux ouvrages de génie civil : stabilité mécanique, étanchéité, tenue au feu, isolation acoustique, inertie thermique, durabilité, respect de l'environnement et, bien entendu, aspect de surface.

Le béton est constitué de minéraux solides, tels que le ciment (gris ou blanc), les sables, les gravillons et les pigments de coloration, mélangés avec de l'eau et des adjuvants pour lui donner sa plasticité à l'état frais et lui permettre d'acquérir à l'état durci les caractéristiques physico-chimiques recherchées.



Il présente les qualités spécifiques suivantes :

- **moulable à froid**, il permet la réalisation de toutes formes, dimensions et détails de parement ;
- **composite**, il offre une gamme illimitée d'aspects de surface et de performances par le vaste choix de composants, de compositions, de moules et de traitements de surface ;
- **minéral durable**, il est capable de résister, selon sa composition, à des environnements sévères ;
- **économique**, c'est l'un des matériaux de base les plus avantageux du marché ; son coût, adaptable aux besoins de l'utilisateur, est fonction des performances recherchées.

*Bernard Dufournet,
université, bâtiment des sciences, Orléans.
Structure réalisée en béton lasuré.*

1.1.1 - Composition du béton

La composition du béton dépend de la forme à réaliser et des traitements de surface envisagés. Les conditions environnementales d'utilisation sont également à considérer.

• Choix des constituants

Les ciments utilisés peuvent être blancs ou gris, selon la teinte et l'effet de finition recherchés, les granulats et colorants utilisés. Ils sont conformes à la norme NF EN 197-1. Leur choix doit être adapté aux conditions d'environnement.

Les granulats courants doivent satisfaire à la norme XP P 18-540. Le choix de leurs caractéristiques (roulés ou concassés, teinte, dimensions) est déterminé par les contraintes mécaniques, physico-chimiques et esthétiques. Pour les bétons polis, les granulats doivent avoir une texture et une porosité choisies en fonction du type de traitement (mat ou brillant) :

- granulats tendres (calcaires moyens et certains marbres) pour le polissage mat ;
- granulats mi-durs (calcaires durs, marbres, granites, rhyolites) pour le polissage mat ou brillant ;
- granulats durs (feldspaths, basaltes, granites, porphyres, silex et quartzites) pour le polissage brillant ; ceux-ci résistent très bien aux atmosphères agressives.



Extraits des carrières, les granulats sont stockés suivant leur classe granulaire. Ils offrent de grandes variétés de dimensions et de coloris.



Analyse granulométrique.



Essai de comportement au gel.

Différents tests de caractérisation des granulats.

L'eau de gâchage est conforme à la norme XP P 18-303. Elle est non polluée et contient une quantité limitée de sel dissous.

Les adjuvants incorporés au béton (plastifiants, entraîneurs d'air, hydrofuges de masse, etc.) permettent de faciliter sa mise en œuvre et d'améliorer, le cas échéant, sa durabilité. Ils sont pour la plupart normalisés et certifiés NF. Les hydrofuges de masse permettent, en plus de leur fonction première, d'obtenir des teintes plus stables dans le temps.

Les pigments de coloration utilisés sont des oxydes métalliques naturels ou synthétiques, qui garantissent la grande stabilité de couleur dans le temps.



Gilles Bouchez, logements boulevard Vincent-Auriol, Paris. Façades associant des panneaux préfabriqués en béton gris poli et des éléments d'habillage métalliques.

1.1.2 - Caractéristiques physiques et mécaniques du béton

Elles résultent essentiellement de sa composition (constituants et dosages) et des techniques de fabrication employées (compactage, vibration, cure).

Caractéristiques principales des bétons de granulats courants

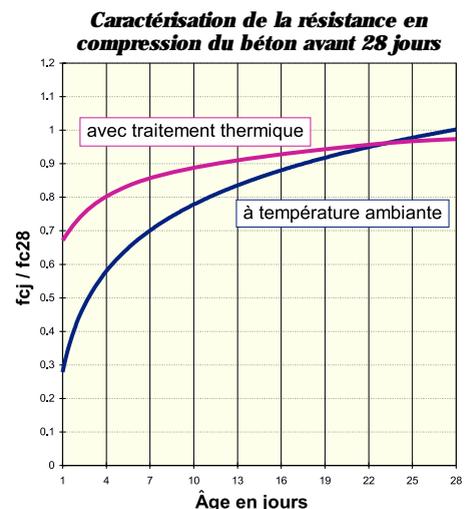
Masse volumique : 2 300 à 2 500 kg/m³.

Résistance en compression à 28 jours (f_{c28}) : 30 à 80 MPa (1 MPa = 10 daN/cm²).

La résistance en compression avant 28 jours (f_{cj}) est définie selon la courbe.

Résistance à la traction pure : environ un dixième de la résistance à la compression.

Classement de réaction au feu : incombustible (MO).



Nota

Un traitement thermique est souvent appliqué pour augmenter la résistance au jeune âge, afin de raccourcir les délais de livraison.



Pier Luigi Nervi, salle d'audience pontificale du Vatican. Voûte réalisée entièrement en éléments préfabriqués en béton.

Caractéristiques de quelques bétons spéciaux

Types de bétons spéciaux	Propriétés, caractéristiques particulières	Utilisation, domaines d'application privilégiés
Bétons de granulats légers	<ul style="list-style-type: none"> - masse volumique réduite (entre 1 000 et 1 800 kg/m³) - bonne résistance mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> - allègement des produits et des ouvrages - isolation thermique et phonique
Bétons isolants légers <ul style="list-style-type: none"> - béton de polystyrène expansé - béton mousse - béton cellulaire 	<ul style="list-style-type: none"> - masse volumique réduite : 375 à 800 kg/m³ - conductivité thermique réduite à très réduite (0,3 à 0,16 W/m.°C) 	<ul style="list-style-type: none"> - murs, parois isolantes, chapes légères et isolantes
Bétons légers caverneux <ul style="list-style-type: none"> - béton caverneux de granulats légers - béton de bois - béton de liège 	<ul style="list-style-type: none"> - masse volumique réduite - perméabilité à l'eau et à l'air - absorption acoustique 	<ul style="list-style-type: none"> - allègement et drainage - absorption des bruits, réduction des bruits d'impact (écrans acoustiques, chapes flottantes, etc.)
Bétons à hautes performances (BHP)	<ul style="list-style-type: none"> - résistance en compression renforcée (50 à 100 MPa) - porosité réduite - performances mécaniques améliorées autorisant une réduction de section des éléments porteurs (poutres, poteaux, murs) - grande durabilité (gel, érosion, corrosion, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - éléments soumis à des conditions environnementales sévères (gel, pollution, etc.) - éléments structuraux très élancés ou fortement chargés
Bétons de fibres métalliques	<ul style="list-style-type: none"> - résistance à la traction améliorée - plus grande déformabilité à la rupture - bonne résistance aux chocs 	<ul style="list-style-type: none"> - voussoirs de tunnel - dallages, caniveaux, regards, etc.
Bétons de fibres synthétiques	<ul style="list-style-type: none"> - limitation du retrait - bonne résistance aux chocs 	<ul style="list-style-type: none"> - dallages, éléments de murs (renforcement des arêtes), sculptures
CCV : composites ciment verre (bétons de fibres de verre)	<ul style="list-style-type: none"> - bonne résistance à la flexion et déformation à la rupture améliorée 	<ul style="list-style-type: none"> - coques d'habillage, coffrets techniques, éléments décoratifs, vêtements

1.2 Le béton, matériau d'expression architecturale

L'expression architecturale est traduite par la forme, les reliefs, les teintes, les états de surface ou les textures.



*Fabrice Dusapin et François Leclercq, ENSEA, Cergy-Pontoise.
Éléments de façade bicouches associant un béton gris au béton de parement blanc sablé.*



Kisho Kurokawa, Pacific Tower, la Défense.

Panneaux polis préfabriqués servant de coffrage pour la réalisation du voile porteur de la façade en béton à haute performance.

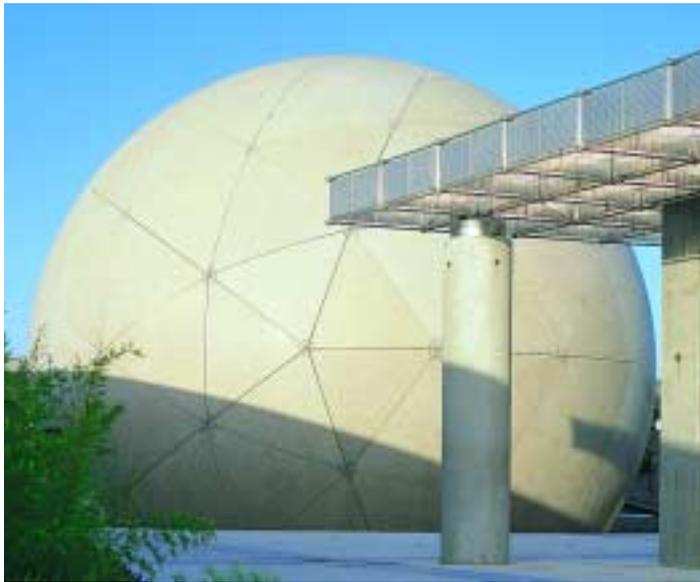
Détail du parement constitué de deux bétons de teintes différentes.



*Brigitte Hellin et Hilda Sebbag, résidence hôtelière, Montpellier.
Panneaux de béton blanc poli associés à des poutres pare-soleil.*

1.2.1 - Forme des éléments

La forme générale des éléments est définie à partir des esquisses de l'architecte et des études techniques. Elle est constituée d'une association de surfaces élémentaires planes, circulaires ou plus complexes. Cette forme générale doit pouvoir se mouler et surtout se démouler aisément. Elle est réalisée à partir des moules de fabrication constitués en matériaux très divers : acier, bois, matière plastique, polystyrène expansé moulé ou sculpté, caoutchouc, élastomère. Le choix du matériau est fonction du nombre de pièces à réaliser et de la complexité de la réalisation (détails, finesse du moulage, etc.).



*François Fontès, lycée Jean-Monnet, Montpellier.
Enveloppe sphérique en béton blanc poli constituée d'éléments
préfabriqués d'une grande précision dimensionnelle.*



*Flore Bringand, candélabres,
Issy-Les-Moulineaux.
Forme complexe présentant un porte-
à-faux qui nécessite l'utilisation de
béton précontraint par post-tension.*

Nota

– Le coût de réalisation d'un élément est intimement lié à la complexité de réalisation des moules et au nombre de pièces coulées avec le même appareillage. Son estimation nécessite une étude préalable réalisée avec un industriel.
– Les facteurs déterminants de vieillissement probable des éléments doivent être appréhendés lors de la conception de leur forme (cheminement de l'eau, risques de salissures avec certains profils, comportement des joints – voir le paragraphe 4.6).

1.2.2 - Reliefs ou modénatures de surface

Pour animer les façades, le concepteur peut avoir recours à des reliefs, petits volumes venant en saillie ou s'incrétant dans le plan moyen de la surface à réaliser. Les reliefs créent des jeux d'ombre et de lumière, des dessins et des formes géométriques, reproduisant les choix de l'architecte. Ils sont réalisés à partir de matrices ou de moules en matériaux variés : bois, matière plastique, élastomère, polystyrène expansé moulé ou sculpté. Certains types de reliefs sont proposés sur catalogue par des fournisseurs spécialisés, mais ils sont la plupart du temps créés à la demande.

Les reliefs peuvent également être obtenus par incrustation ou incorporation d'éléments décoratifs déposés directement en fond de moule (pierres, galets, etc.) selon une modénature qui peut être pseudo-aléatoire ou, au contraire, bien déterminée.

Avec les moules rigides, la forme des reliefs doit bien entendu autoriser le démoulage. Les moules souples, tels que ceux en élastomère, sont bien adaptés aux formes complexes dotées de nombreuses aspérités géométriques ou de contre-dépouilles (formes géométriques s'opposant au démoulage).



Barbier, Dolveck,
Mestoudjian,
ponts,
La Charité-sur-Loire.
Garde-corps réalisés
en moules élastomère.



Odile Peslier,
chaix de la
Maison des vins,
Margaux.



Réalisation de reliefs complexes obtenus à l'aide d'une matrice en élastomère.



Skidmore Owings & Merrill, FC2, Canary Wharf, Londres.
Entrelacs réalisés dans un moule élastomère permettant
une reproduction parfaite du modèle.

1.2.3 - Teinte des bétons

En jouant sur les constituants, leurs dosages, et les traitements de surface des bétons, il est possible de réaliser une grande variété de teintes.

La teinte des bétons bruts de démoulage dépend principalement des constituants les plus fins : pigments, ciments, fillers, sables.

La teinte des bétons traités (surfaces lavées, désactivées, sablées, bouchardées, polies) **est liée à la couleur des gros éléments tels que les gravillons et les gros grains de sable.**

Selon le type de traitement appliqué et sa profondeur, le mortier de liaison visible entre les gros grains peut jouer un rôle plus ou moins prononcé sur l'aspect général de surface. Sa teinte peut s'harmoniser avec celle des granulats, pour donner à la surface un aspect homogène. Elle peut au contraire s'en écarter pour créer un contraste faisant ressortir la couleur des gravillons.



*Manolo Nuñez,
logements Batman,
Alfortville.
Entrée d'immeuble
réalisée à l'aide
d'éléments en
béton lasuré rouge
foncé et gris.*

*Architecture studio,
résidence universitaire,
Paris.
Façade antibruit en
béton coloré noir lasuré
 finition brillante.*

■ **Les pigments de coloration**

Les pigments de coloration contribuent à l'obtention de teintes ou de nuances particulières des bétons bruts ou traités. Ils sont ajoutés en faible quantité dans le béton (1 à 3 % du poids du ciment en moyenne).

Le ciment blanc est, la plupart du temps, utilisé pour réaliser les bétons colorés. Les pigments de coloration sont associés de préférence avec des sables et des granulats de même couleur. Ils permettent d'obtenir une palette étendue de teintes : jaune, ocre, rouge, brun, marron, noir, vert, bleu, etc. Il est possible de les combiner pour obtenir des teintes intermédiaires. Leur emploi est quasiment indispensable lorsque l'on souhaite obtenir des bétons de teinte soutenue (par exemple rouge, brun, noir, bleu ou vert). Dans ce cas, le pigment de coloration vient le plus souvent renforcer la teinte des granulats.

Il est également possible d'utiliser des pigments de coloration pour obtenir une meilleure homogénéité de la teinte des bétons de ciment gris.

Tableau comparatif des différents pigments de coloration		
Catégories	Couleurs	Durabilité
Synthétiques à base d'oxydes de fer (les plus utilisés)	rouge, jaune, brun, noir	excellente
Synthétiques à base de : - dioxyde de chrome - dioxyde de titane	vert, blanc	excellente
Synthétiques à base d'oxydes métalliques complexes	vert clair, jaune vif, ocre clair, bleu	excellente
Naturels à base de terres (régularité des teintes à vérifier)	rouge, ocre, brun	très bonne
Naturels à base de minerais de fer ou de ferromanganèse	ocre, rouge, brun, noir	très bonne

Nota

Pour garantir une coloration stable dans le temps, les pigments de coloration doivent être d'origine minérale et appartenir à l'une des catégories ci-dessus. Une légère variation de teinte du béton peut s'observer au jeune âge. Elle se stabilise ensuite, au bout de trois à quatre mois environ.

■ **Les granulats**

Les sables et gravillons sont disponibles dans une large variété de teintes naturelles. Les traitements de surface des bétons permettent de faire apparaître, de façon plus ou moins marquée, la teinte des grains fins du sable (le sablage par exemple) ou celle des gros grains (par lavage profond ou polissage).

Teinte de quelques granulats en fonction de leur nature minéralogique	
Nature du granulat	Teinte
silix diorites granites calcaires durs et marbres basaltes grès quartzites	beige ou bistre bleu ou rose jaune, rose, gris, vert noir, bleu, rose, beige, blanc, vert noir ou bleu-noir gris, rouge rose, gris

Exemples de granulats utilisables en parement (liste non exhaustive)

Couleur	Dénomination	Nature	Origine
beige	Brignoles	calcaire	Var (83)
beige	Comblanchien	calcaire	Côte-d'or (21)
beige	Hauteville	calcaire	Ain (01)
beige-rosé	Vignat	quartzite	Orne (61)
blanc	blanc des Pyrénées	marbre	Pyrénées orientales (66)
blanc	Carrare	marbre	Italie
blanc	Inzinzac	quartz	Morbihan (56)
blanc	Jura	marbre	Ain (01)
blanc	Pierre d'Écuellen	calcaire	Seine-et-Marne (77)
blanc	Rhin	siliceux	Bas-Rhin (67)
bleu	bleu turquin	marbre	Haute-Garonne (31)
bleu	Meilleraie	microdiorite	Vendée (85)
bleu	Pierre bleue de Givet	calcaire	Ardennes (08)
bleu	Rivolet	porphyre	Rhône (69)
bleu	Saint-Nabor	porphyre	Bas-Rhin (67)
bleu-blanc	Cayeux	silex	Somme (80)
bleutée	Gourin	quartzite	Morbihan (56)
couleurs variées	Saint-Béat	marbre	Haute-Garonne (31)
gris	Perrières	quartzite	Calvados (14)
gris	vallée heureuse	calcaire	Pas-de-Calais (62)
gris-bleu	Pont de Colonne	porphyre	Côte-d'or (21)
gris-bleu	Rocher coupé	cornéenne	Ille-et-Vilaine (35)
gris-bleu	Voutré	porphyre	Mayenne (53)
gris-clair	Boulonnais	marbre	Pas-de-Calais (62)
jaune	Palvadeau	alluvions siliceuses	Vendée (85)
jaune	Saint-Gillis	siliceux	Belgique
jaune	Sienna	marbre	Italie
jaune	Taunus	siliceux	Allemagne
jaune-ocre	Vergèze	silico-calcaire	Gard (30)
noir	Raon-l'Étape	basalte	Vosges (88)
orange	Saint-Martin-Belle-Roche	calcaire	Saône-et-Loire (71)
rose	Frehel	quartzite	Sarthe (72)
rose	Pléhérel	grès-quartzite	Côtes-d'armor (22)
rose	La Roche-en-Brenil	granite	Côte-d'or (21)
rose	Vöegtlinshofen	quartzite	Haut-Rhin (68)
rouge	Ligron	porphyre	Deux-Sèvres (79)
rouge	Montauté	porphyre	Nièvre (58)
rouge	Mouen	grès	Calvados (14)
rouge	Vitrolles	calcaire	Bouches-du-Rhône (13)
rouge	Vosges	grès	Bas-Rhin (67)
rouge + couleurs variées	Vérone	marbre	Italie
vert	Men Arvor	schiste	Morbihan (56)

Nota

– D'une manière générale, les granulats doivent être conformes aux spécifications de la norme XP P 18-540.

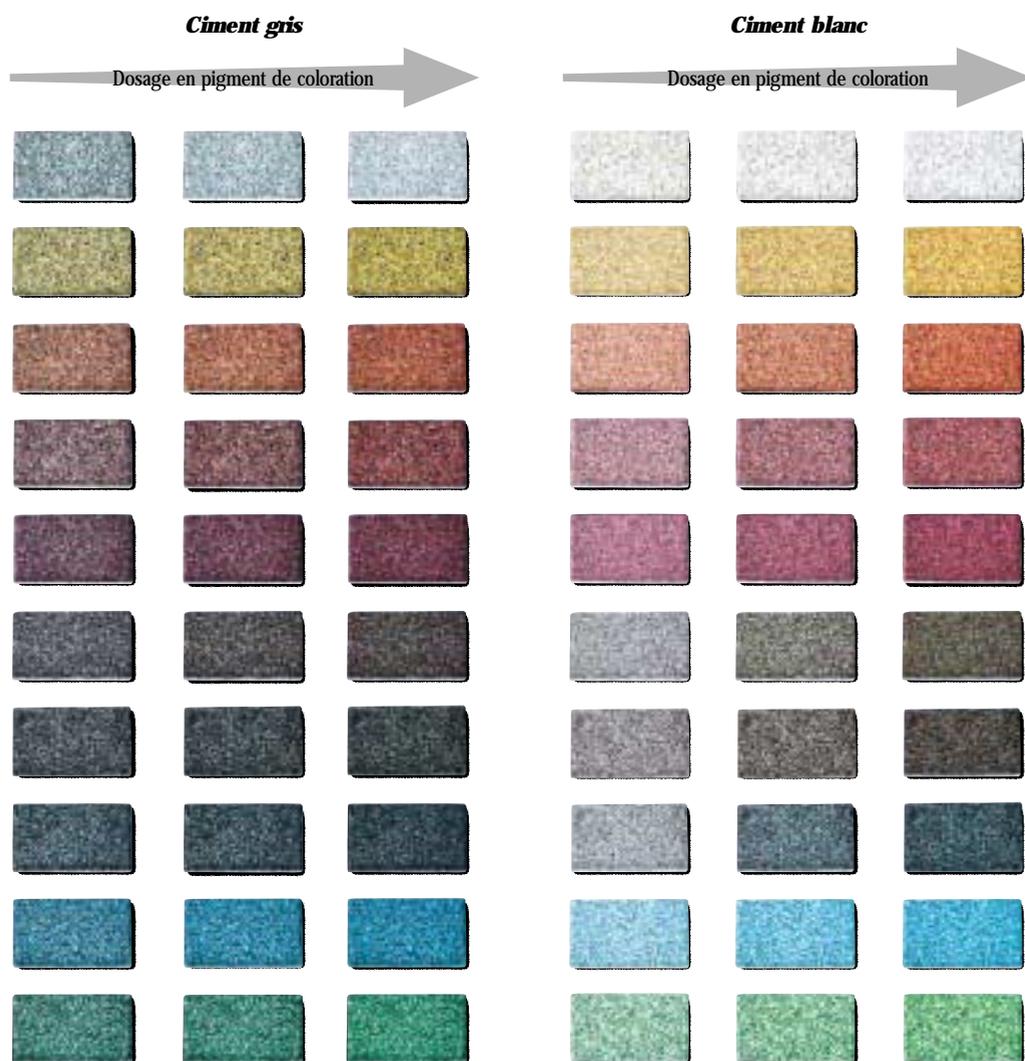
– Pour le choix des granulats, différents critères techniques liés à l'utilisation envisagée, à la durabilité et aux opérations d'entretien et de nettoyage sont à prendre en compte : gélivité, humidité, abrasion, chocs, agressions environnementales, comportement chimique en présence d'autres constituants. Le choix des granulats est une opération délicate qui nécessite souvent les conseils d'un industriel ou d'un spécialiste du béton.

■ *Combinaison de teintes*

La combinaison de granulats de teintes différentes ou complémentaires au sein d'une même composition de béton permet d'obtenir :

- des effets granités ou mouchetés ;
- des veinages ou autres effets spéciaux résultant d'une mixité de deux ou trois bétons de teintes différentes ;
- des dessins géométriques par la juxtaposition de bétons de teintes différentes sur une même surface (par moulage simultané) ;
- des reliefs de couleurs différentes, obtenus également par moulage simultané.

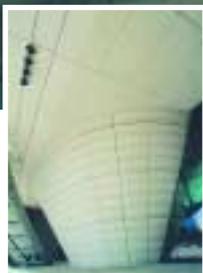
Influence du ciment et du dosage en pigment de coloration sur les teintes



■ Influence du ciment sur les teintes

Les ciments gris peuvent, selon leur composition et leur origine, apporter aux bétons des teintes plus ou moins claires. Il faut noter que la teinte grise de la peau d'un béton brut peut varier en fonction de nombreux facteurs liés soit à la fabrication (teneur en eau), soit aux conditions climatiques subies par l'élément après démoulage (conditions de cure et de stockage). Un léger gommage (sablage fin de la surface) permet, si nécessaire, d'améliorer l'homogénéité de la teinte.

Les ciments blancs qui ont des compositions très proches de celles des ciments gris, permettent notamment la réalisation de bétons clairs dont la teinte est généralement obtenue à partir de sables naturels de couleurs claires : beige, ocre ou rose.



*Christian de Portzamparc,
extension du Palais des congrès, Paris.
Éléments en béton blanc poli
incrusté d'un béton de granulats
naturels de couleur gris-bleu ou ocre,
disposé aléatoirement en partie basse.*



*Plusieurs scénarii d'éclairage
permettent une polychromie
changeante de la façade
principale grâce à des lampes
émittant directement des
couleurs pastel précises
(bleu, vert, magenta et blanc).*



1.2.4 - Aspects de surface (ou textures)

De nombreux aspects de surface peuvent être obtenus soit directement par les empreintes du moule, soit par traitements de finition après démoulage.

Les surfaces sont classées par catégories selon la dénomination suivante :

- **brutes** (contre moule, hors ou dessus de moule) ;
- **traitées**.

Elles peuvent également être **revêtues** (briques, pierres, etc.), **peintes** ou **lasurées**.



Bruno Decaris, Agnès Pontremoli, UFR de droit, Le Mans.
Surface de panneaux revêtue d'une lasure rouge ou noire.



C. Quilici, C. Brusset, A. Maurel, hôtel de ville, Saint-Sébastien-sur-Loire.
Utilisation de pierres pour réaliser un béton cyclopéen permettant de retrouver l'apparence des anciens murs de la région.

■ Les surfaces brutes

Elles peuvent être lisses ou à reliefs et être obtenues par démoulage immédiat ou différé. On distingue les surfaces brutes contre moule (durcies sur une paroi de moule) et les surfaces brutes hors ou dessus de moule, c'est-à-dire travaillées à l'état frais (par talochage, lissage ou impression).

Surfaces brutes		
Catégorie de surface	Type d'aspect	Obtention et description de l'aspect
Brute contre moule	Brut, durci moule	Surface lisse ou à reliefs similaire à la paroi du moule ou à la matrice
	Brut, démoulage immédiat	Aspect de surface correspondant au glissement ou au décollement du moule sur le béton frais
Brute dessus de moule (ou hors moule)	Dressé	Règle tirée sur le béton frais
	Taloché	Passage d'une taloche sur le béton frais
	Feutré	Passage d'une brosse souple ou d'une plaque de polystyrène expansé
	Lissé	Passage d'une truelle ou d'une lisseuse sur le béton frais
	Strié	Passage d'un balai, d'une brosse à poils durs ou d'un râteau créant des stries sur la surface
	Avec empreintes	Passage d'un rouleau d'impression ou d'un instrument similaire sur le béton frais

■ Les surfaces traitées

Elles sont traitées soit à l'état frais, soit à l'état durci, selon les méthodes présentées ci-dessous et page suivante.

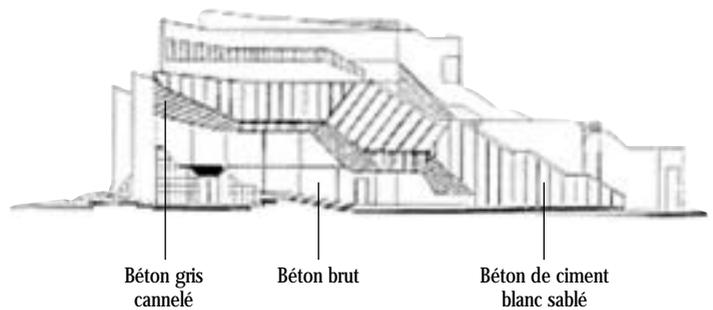


Traitement de finition par lavage au jet d'eau d'un béton préalablement désactivé.

Surfaces traitées à l'état frais	
Type d'aspect	Obtention et description de l'aspect
Brossé, strié	Brossage ou décapage faisant apparaître partiellement les granulats
Lavé	Lavage au jet d'eau faisant apparaître partiellement les granulats



Monique Labbé, Joris Cherri,
station de relevage, Villeneuve-Saint-Georges.
Finitions multiples : béton gris cannelé avec arêtes désactivées associé au béton brut de la base du mur, béton de ciment blanc sablé ou désactivé en partie supérieure.

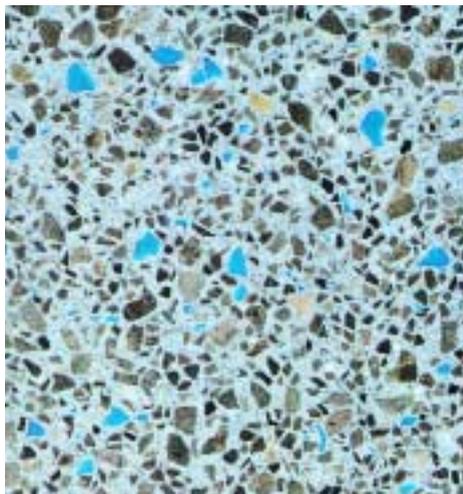




Surfaces traitées à l'état durci	
Type d'aspect	Obtention et description de l'aspect
Désactivé	Mise en place d'un désactivant sur la paroi du moule avant coulage. La surface est ensuite décapée au jet d'eau ou brossée pour faire apparaître les granulats
Acidé	Attaque plus ou moins profonde de la surface à l'acide, puis rinçage à l'eau pour faire apparaître les grains fins ou les gros granulats
Gommé	Sablage extrêmement fin de la surface pour procéder à une homogénéisation de l'aspect ou à un nettoyage
Sablé	Surface attaquée à l'aide d'un jet de sable faisant apparaître plus ou moins les granulats
Bouchardé	Attaque de la surface à l'aide d'une boucharde faisant éclater la surface du béton pour offrir un aspect rugueux plus ou moins prononcé. Ce traitement fait ressortir la structure interne des gros granulats
Poncé	Parement attaqué superficiellement à la meule abrasive, dégageant partiellement les sables
Grésé	Parement attaqué en profondeur à la meule abrasive pour faire ressortir la texture du béton. La surface est rugueuse et conserve les traces de l'outil
Poli (mat ou brillant)	Obtention par polissage d'une surface unie, sans rayure apparente. Selon les granulats employés et le traitement final, la surface peut être mate ou brillante, exempte ou non de bullage
Flammé ou brûlé	La surface est éclatée par l'action de la chaleur d'une flamme sur quelques millimètres pour faire ressortir les granulats
Éclaté	Parement cassé par fendage faisant apparaître l'ensemble des constituants avec cassure des gros granulats



*Jacques Ferrier,
François Gruson
(conseil béton :
Jean-Pierre Aury),
usine de traitement
d'eau potable,
Joinville-le-Pont.
À la fois opaques et
lumineuses, les façades
de l'usine sont habillées
de panneaux de béton
bleu préfabriqués.*



*Le béton est
teinté par un oxyde
de cobalt. Il est
composé de diorites
et d'émaux de verre.*

1.2.5 - Exemple de nuancier

Les pages suivantes présentent à l'échelle 1 une palette de bétons teintés et traités selon différents aspects. De nombreuses autres possibilités de nuances peuvent être envisagées et mises au point, selon le souhait et le projet de l'architecte.



*Monique Labbé, Joris Cheri, station de relevage, Villeneuve-Saint-George
Murs intérieurs en site industriel. Arêtes en béton brut, partie centrale bouchardée.*



Blanc brut



Rose brut



Jaune lavé



Beige brut



Rouge brut



Jaune sablé



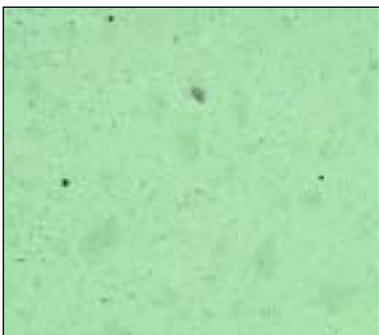
Bleu brut



Ocre brut



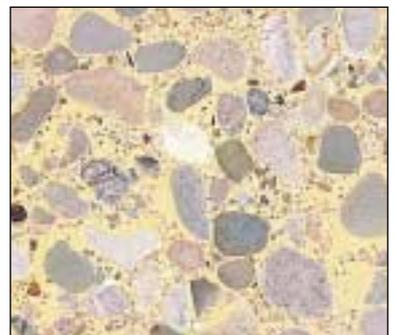
Jaune acidé



Vert brut



Noir brut



Jaune poli mat



Blanc lavé



Rose lavé



Rouge lavé



Blanc bouchardé



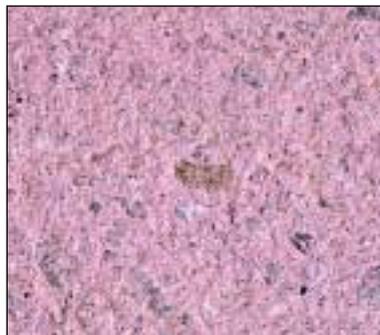
Rose bouchardé



Rouge bouchardé



Blanc sablé



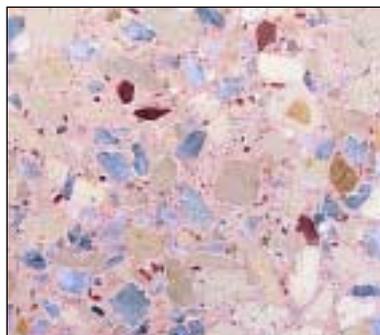
Rose sablé



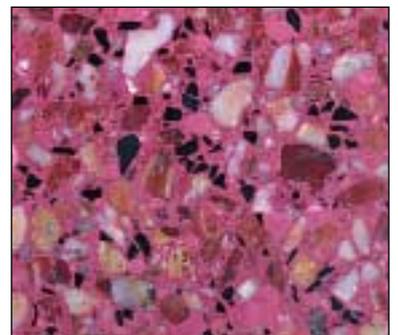
Rouge sablé



Blanc poli brillant



Rose poli brillant



Rouge poli brillant



Beige lavé



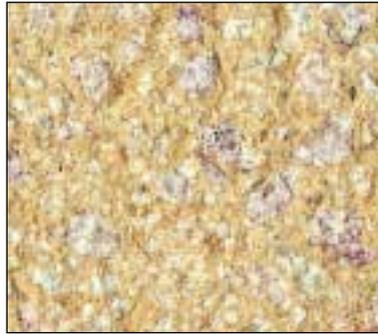
Ocre lavé



Bleu lavé



Beige bouchardé



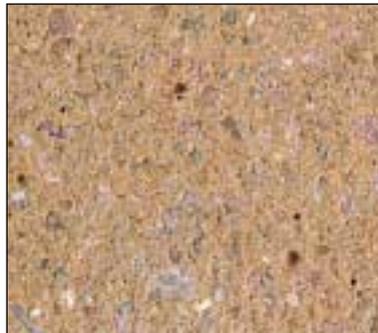
Ocre bouchardé



Bleu bouchardé



Beige sablé



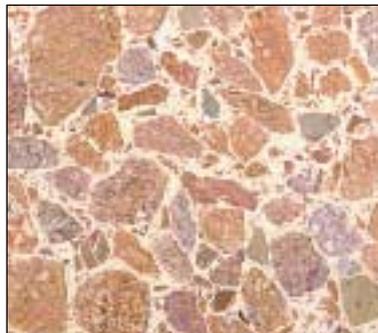
Ocre sablé



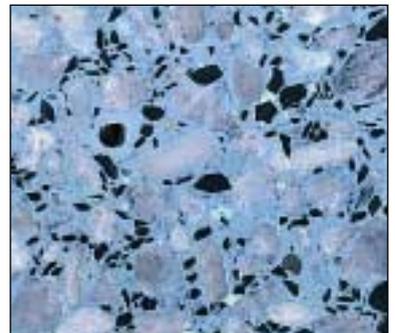
Bleu sablé



Beige poli brillant



Ocre poli brillant



Bleu poli brillant



Vert lavé



Gris lavé



Noir lavé



Vert bouchardé



Gris bouchardé



Noir bouchardé



Vert sablé



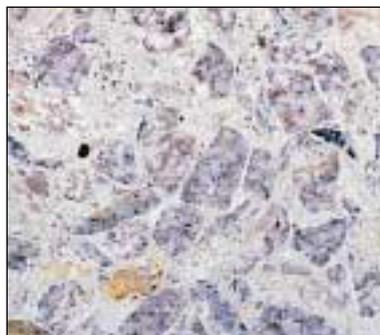
Gris sablé



Noir sablé



Vert poli brillant



Gris poli brillant



Noir poli brillant

1.3 Critères de choix technico-économiques

■ *Coût des bétons de parement*

Selon la nature des constituants (ciment, granulats, adjuvants, pigments de coloration), un béton de parement peut atteindre trois à quatre fois le coût d'un béton standard. Dans ces conditions, il devient économiquement intéressant d'associer à un ou plusieurs bétons de parement un béton de masse (gris en général) d'un coût moindre.

L'industriel utilise des techniques de moulage appropriées pour réaliser cette fabrication en deux ou plusieurs couches.

■ *Nature du ciment (blanc ou gris)*

C'est l'aspect final recherché et l'intégration du projet dans l'environnement qui dictent en priorité le choix entre ciment blanc ou gris. Quel que soit le choix du ciment, le liant devra être conforme à la norme NF EN 197-1 qui en définit les caractéristiques physico-chimiques.

Le ciment blanc, nécessaire pour les teintes claires ou pastel, met en valeur les sables et les granulats utilisés. Sa régularité de couleur est assurée par le producteur.

Le ciment gris donne également d'excellents résultats en utilisation architecturale.

■ *Nature des granulats*

Le coût des granulats dépend de deux facteurs principaux : leur rareté et, surtout, leur coût de transport qui est souvent économiquement prépondérant.

Avec un béton traité, la nécessité de sélectionner des granulats spécifiques pour obtenir l'aspect recherché entraîne, en règle générale, une valeur ajoutée d'environ 20 à 30 % sur le prix du béton brut équivalent. Mais cette valeur peut être beaucoup plus importante selon la provenance du granulat.



Henri Chomette, Jean-Pierre Lupi, Pierre Chomette, lycée, Strasbourg.



Louis-Alexandre et Corinne Krier, siège d'Axim, Guerville.

Gilles Bouchez, Conseil économique et social, extension du palais d'Iéna, Paris.



Philippe Jean, pouponnière, Brest.

■ **Forme et taille des éléments**

La forme a une forte incidence sur le coût d'un élément. Son importance économique est liée à la complexité du moule de fabrication à réaliser. On cherchera, lors de l'opération de calepinage, à définir des séries de pièces réalisables avec un moule identique pour optimiser les coûts de fabrication (*voir le sous-chapitre 4.2*).

Des pièces de grandes dimensions tendent à faire diminuer le coût de réalisation de l'ouvrage. Toutefois, les dimensions doivent rester compatibles avec les contraintes de transport et de mise en œuvre (limite de poids imposée par la grue).

■ **Reliefs**

Comme pour la forme des éléments, il faut chercher à amortir le coût des reliefs sur des séries de pièces. Les reliefs proposés sur catalogue sont à utiliser en priorité, car en général moins onéreux (plus-value d'environ 10 % sur le coût d'un parement brut). Les matrices peuvent d'être réemployées 10 à 80 fois, selon leur complexité.



L'emploi de matrices spécifiques à un projet permet l'obtention de parements inédits, d'expression architecturale plus riche. De nombreuses matrices sont réalisées à partir de modèles existants (statues, reliefs spécifiques). Leur coût fait toujours l'objet d'un devis préalable.

■ **Teinte**

Le choix de la teinte est un paramètre important du coût du matériau. Le tableau ci-contre donne une base comparative de coûts pour des bétons de ciment blanc, selon la catégorie de pigments de coloration utilisée.

*J.-M. Duthilleul, E. Traicaud et F. Pradillon
(SNCF - Agence d'étude des gares),
station RER Bibliothèque-de-France, Paris.*



Incidence de l'emploi des pigments de coloration sur le coût des bétons

<i>Catégories de pigments de coloration</i>	<i>Couleurs</i>	<i>Incidence sur le coût du béton (coefficient multiplicateur)</i>	<i>Incidence* sur le coût du produit fini</i>
Synthétiques à base d'oxydes de fer (les plus utilisés)	rouge	1,5 à 2	8 %
	jaune	1,5 à 2,7	12 %
	brun	1,1 à 1,4	6 %
	noir	1,5 à 2	8 %
Synthétiques à base de : - dioxyde de chrome - dioxyde de titane	vert	1,4	10 %
	blanc	1,25	8 %
Synthétiques à base d'oxydes métalliques complexes	vert clair, jaune vif	2 à 2,7	12 %
	ocre clair	1,1 à 1,4	6 %
	bleu	3 à 4,6	30 %
Naturels à base de terres	rouge, ocre, brun	1,1	2 %
Naturels à base de minerais de fer ou de ferromanganèse	ocre, rouge brun, noir	1,1	2 %

* Valeur moyenne, variable selon la complexité du moule de fabrication, le nombre de pièces identiques réalisées et le type de granulat utilisé.

■ **Aspects de surface**

Le tableau suivant donne des valeurs relatives de coûts comparatifs de production des aspects de surface pour une même constitution de béton.

Incidence des traitements de surface sur le coût des bétons		
Aspects de surface	Incidence sur le traitement de surface (coefficient multiplicateur)	Incidence sur le produit fini
Brut *	1	0 %
Lavé, désactivé	1,05 à 1,15	5 %
Gommé, sablé	1,05 à 1,15	10 %
Grésé	1,20 à 1,70	10 %
Poli mat	1,30 à 1,90	15 %
Poli brillant	1,40 à 2	20 %

* Les granulats employés pour les bétons bruts sont en général différents de ceux utilisés avec des bétons traités, polis en particulier. Voir les paragraphes précédents relatifs aux choix des ciments et des granulats. Pour les surfaces brutes de démoulage, il est toujours intéressant et conseillé d'effectuer en face vue un traitement de gommage dans le but d'améliorer l'homogénéité d'aspect et la tenue dans le temps du parement (entretien réduit).



Christian Hauvette, lycée La Fayette, Clermont-Ferrand.
Façade en béton sablé de granulats de pierre grise de Volvic.



*LLTR - Le Boursicot,
Loth, Testas, Robert,
logements ZAC Duplex.
Mariage réussi du béton
préfabriqué, de la pierre
et du verre.*



*Michel Herbert,
immeuble Florestan,
Monte-Carlo.
Ensemble de balcons
réalisés en béton blanc
sablé.*



*Jean-Pierre Lott,
École supérieure des personnels d'encadrement du
ministère de l'Éducation nationale (ESPEMEN), Poitiers.
Association de béton coulé en place et d'éléments en béton préfabriqué.*



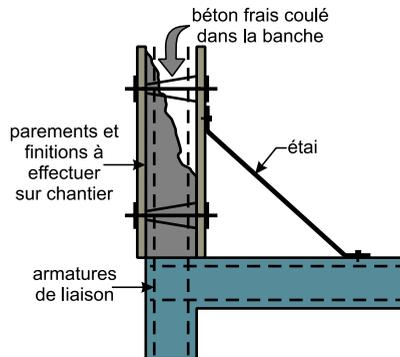
Chapitre

2

Mise en œuvre du béton architectonique

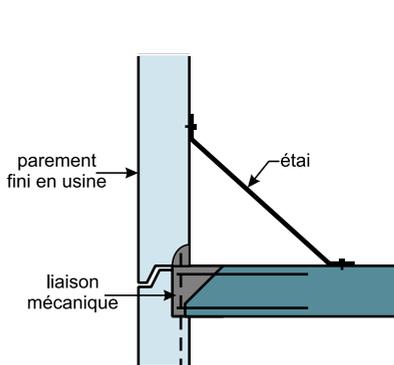
- 2.1 Le béton architectonique porteur coulé en place**
- 2.2 Le béton architectonique porteur préfabriqué**
- 2.3 Le béton architectonique non porteur préfabriqué**
- 2.4 Quelle méthode de mise en œuvre choisir ?**

Le béton architectural peut être directement coulé sur le chantier, avec la contrainte de réaliser sur place les parements et les finitions.

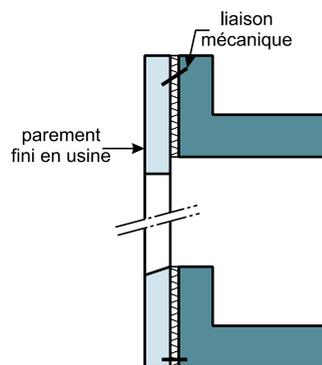


Béton coulé en place sur chantier pour constituer une partie de la structure.

Pour faciliter la mise en œuvre et pour réaliser des finitions particulières, il est souvent judicieux ou nécessaire d'employer des éléments préfabriqués en usine, livrés finis sur le chantier. Ainsi, ces éléments peuvent participer, ou non, à la reprise des charges verticales sollicitant l'ouvrage. La distinction est importante car elle entraîne des poses différentes (mise en œuvre traditionnelle ou séquentielle) faisant sensiblement varier les coûts.



Éléments porteurs préfabriqués en usine, disposés à l'avancement du chantier (pose traditionnelle).



Éléments non porteurs préfabriqués en usine, fixés sur la structure en fin de gros œuvre (pose séquentielle).

2.1 Le béton architectonique porteur coulé en place

Cette méthode de mise en œuvre utilise des coffrages disposés à l'avancement du chantier et permet de construire des ouvrages monolithiques de très grandes dimensions, reprenant de fortes charges : pièces volumineuses, structures, murs, poteaux, poutres, dalles et planchers.



*Daniel Kahane, Maison de la musique, Nanterre.
Le béton blanc, brut de décoffrage, a été retenu pour la réalisation de cet édifice. Il permet d'obtenir des parements de qualité lorsque la technique de coulage est bien maîtrisée.*



■ Principales caractéristiques de cette méthode

- Elle permet d'obtenir différentes finitions, dont les plus courantes sont des parements de béton brut de décoffrage, désactivé, sablé, bouchardé. Certains parements sont plus difficiles à réaliser sur le chantier, notamment le polissage pour lequel la préfabrication s'impose économiquement.

- Elle nécessite une organisation de chantier rigoureuse ainsi qu'une étude approfondie des outils de coffrage : résistance, dimensions, implantation du ferrailage et des trous de banche, organes de sécurité.
- La mise en œuvre correcte demande une étude de calepinage pour définir les arrêts de coulage, la position des trous de banches, le ferrailage.
- Le coulage du béton verticalement sur de grandes hauteurs et les difficultés de réglage de la vibration peuvent engendrer des disparités importantes au niveau du parement (ségrégation, discontinuité des teintes).
- L'organisation de chantier doit être parfaitement planifiée et prendre en compte l'approvisionnement en matériaux (armatures, béton, etc.), les délais de réalisation, les conditions climatiques qui peuvent conduire à des difficultés de maîtrise des parements (gel, pluie, grande chaleur s'accompagnant souvent de phénomènes de déshydratation).
- La conduite des travaux doit être menée en toute sécurité. Elle nécessite à chaque nouveau chantier une recherche de personnel qualifié (chef de chantier expérimenté, personnel d'exécution à former la plupart du temps). Un plan d'assurance qualité (PAQ) doit être mis en place avec, notamment, un suivi d'exécution et un contrôle de la bonne réalisation (spécifications techniques, parements).

■ *Contraintes particulières*

Le choix de la technique du coulé en place implique :

- une obligation de résultat directement sur l'ouvrage (pas de droit à l'erreur) ;
- une maîtrise du résultat malgré les contraintes, climatiques en particulier, rendant difficile la garantie d'un parement homogène ;
- un avancement du chantier tributaire des moyens mis en place par l'entreprise (nombre d'outils coffrants disponibles).

2.2 Le béton architectonique porteur préfabriqué

La méthode de construction à l'aide d'éléments préfabriqués conduit obligatoirement à prévoir une phase de calepinage pour définir les caractéristiques géométriques et les assemblages de chaque élément à réaliser.

La préfabrication permet d'envisager tout type de parement : brut de décoffrage, sablé ou désactivé, bouchardé, poli mat ou brillant, flammé, éclaté, etc. (*voir les tableaux pages 20, 21 et 22*).



*Stanislas Fiszer,
place Chalon, Paris.
Éléments de façade
porteurs en béton de
granulats de Seine
associés à un ciment
blanc. Finition acidée
pour imiter l'aspect
pierre de taille.*

■ Cette méthode nécessite :

- une préparation en amont du chantier pour définir précisément les éléments architecturaux et choisir les assemblages et les joints répondant aux spécifications du projet ;
- une étude du transport des éléments sur le chantier ;
- la livraison impérative des éléments à des dates précises, en fonction du planning d'avancement du chantier, avec la possibilité de remplacer un élément non conforme dans un délai acceptable.

■ **Elle permet :**

- d'obtenir une maîtrise de la qualité de fabrication, réalisée en site industriel, par des équipes spécialisées connaissant parfaitement leur outil de production ;
- de gérer plus facilement les contraintes climatiques ;
- d'offrir et de choisir une grande variété de parements à partir d'échantillons prédéfinis ;
- de proposer des prototypes permettant de visualiser l'aspect final ;
- de réaliser des composants de forme et de finition complexes ;
- d'introduire un droit à l'erreur dans le cycle de production ;
- d'adapter dans une certaine limite la cadence de livraison des produits au planning d'avancement du chantier (meilleure gestion des délais de réalisation) ;
- de construire plus rapidement, à un rythme préétabli ;
- de contrôler directement en usine la qualité des éléments.

■ **Elle implique** une réalisation rigoureuse des assemblages et des joints, ce qui nécessite un personnel qualifié.

2.3 Le béton architectonique non porteur préfabriqué

L'industrie du béton développe depuis plusieurs années une nouvelle génération de produits non porteurs préfabriqués (éléments autoporteurs, portés ou suspendus) permettant de gérer le chantier de manière séquentielle. Cette méthode apporte plus de souplesse vis-à-vis de la réalisation des travaux :

- l'entreprise et l'industriel s'accordent sur le planning de réalisation et peuvent ensuite conduire leurs travaux de manière indépendante ;
- les éléments architecturaux sont mis en place en fin de gros œuvre, après réalisation de la structure, ce qui permet, d'une part, de limiter les risques de salissures des parements et, d'autre part, d'aller très vite en mise en œuvre ;
- les joints ont un rôle moindre vis-à-vis de l'étanchéité (meilleure répartition des barrières d'étanchéité entre les éléments préfabriqués et ceux coulés en place).



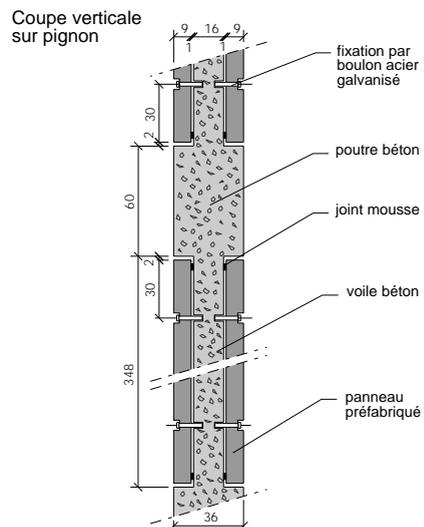
Denis Vallode, Jean Pistre et Philippe Matsakis, siège d'Air France, Roissy.
Le béton architectural non porteur permet d'exploiter la multiplicité des états de surfaces offerts en préfabrication.

Les bétons architectoniques non porteurs ainsi réalisés offrent les mêmes caractéristiques techniques de fabrication que les éléments porteurs préfabriqués. On les utilise beaucoup aujourd'hui pour réaliser des éléments de parement de grandes dimensions fixés mécaniquement à la structure et utilisés aussi bien en façade qu'en revêtements décoratifs intérieurs de bâtiment. Ils sont particulièrement compétitifs pour réaliser des systèmes d'isolation par l'extérieur d'un très grand confort thermique. Dans ce type d'utilisation, il est possible de les associer à des murs rideaux ou manteaux utilisant une ossature secondaire.

D'autres produits non porteurs préfabriqués sont également utilisés comme éléments de coffrage. Ils permettent d'associer un béton de structure coulé en place et un béton de parement préfabriqué. Le coût de cette solution est en général très compétitif.



Jean Guervilly, centre de rééducation de Plémet.
Éléments de coffrage préfabriqués associés au béton coulé en place.



2.4 Quelle méthode de mise en œuvre choisir ?

Le choix se fera en fonction de critères tels que :

- les caractéristiques techniques et les performances de l'ouvrage à réaliser ;
- la complexité et la qualité de réalisation des aspects de surface ;
- les délais ;
- l'enveloppe budgétaire.

Une étude comparative est nécessaire pour valider les choix technico-économiques les plus performants, compte tenu des contraintes et du résultat recherché.

Dans bien des cas, la préfabrication se montrera adaptée et compétitive. Elle permet en effet de réaliser des ouvrages avec une meilleure maîtrise de la qualité des parements tout en respectant les coûts et le délai de réalisation.

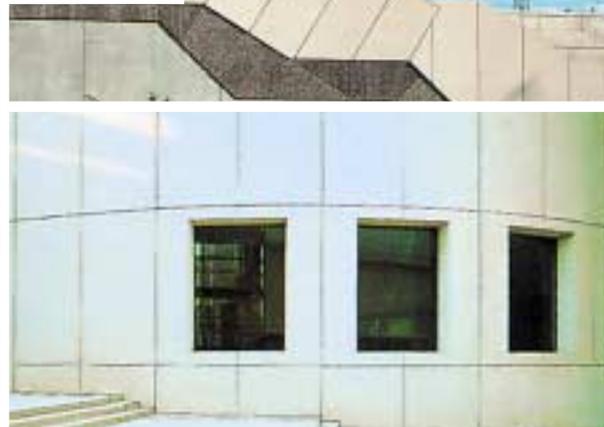




*Laurent Gouwy, Alain Grima, Jean-Luc Rames,
archives départementales du Lot.*

*Henri Ciriani et Jean-Claude Laisné,
historial de la Grande-Guerre, Péronne.*







Chapitre

3

Le béton architectonique préfabriqué dans la construction

3.1 Trente ans de préfabrication

3.2 Le béton architectonique préfabriqué aujourd'hui

3.2.1 L'offre actuelle

3.2.2 Les points forts du béton architectonique
préfabriqué

3.1 Trente ans de préfabrication

■ *Les débuts de la fabrication d'éléments en béton armé (1945-1955)*

Durant cette période d'après-guerre et de reconstruction, les maîtres d'œuvre font essentiellement appel aux méthodes traditionnelles. Cependant, le manque de main-d'œuvre qualifiée leur apparaît vite comme un frein. Pour préparer l'avenir certains entrepreneurs mettent au point les prémices de méthodes sur lesquelles se fonderont, plus tard, les « grands procédés » d'industrialisation, initiés par Balency, Camus, Coignet, etc.

Leur technique consistait à réaliser, en usine, des éléments en béton dont les parements bruts devaient être aussi finis que possible afin d'éviter toute intervention ultérieure. La simplification des formes, la disparition de tout ajout superflu, devaient faciliter le montage de ces éléments et éviter toute retouche, permettant ainsi de réaliser des logements économiques avec un faible nombre de pièces répétitives et de préfabrication aisée.



■ *La période d'expansion rapide de la préfabrication (1955-1968)*

Sous la pression de l'opinion publique, le rythme de fabrication s'est accéléré pour faire face à la demande en logements – c'est la période des grands chantiers qui permettent des gains de productivité grâce aux séries. Deux méthodes concurrentes sont alors utilisées à grande échelle :

- l'utilisation de « coffrages-outils » de grandes dimensions qui permettaient de bétonner *in situ* des murs et des planchers ;
- la préfabrication lourde, en usine, de panneaux plans, de murs, de façades et de planchers montés en place à l'aide de moyens de manutention lourds.



C'est l'époque des « procédés de préfabrication » permettant de traiter en un temps record des commandes de plus de 3 000 logements et de mettre en œuvre de grands programmes d'industrialisation.

■ *L'évolution du marché liée au développement de l'industrialisation (1968-1977)*

Durant cette période de forte industrialisation, la création de grands ensembles suscite de nombreuses réactions négatives du public contre la monotonie et l'inhumanité de ce type de constructions. On assiste alors au lancement de la politique des modèles qui s'adresse à des opérations plus petites (400 à 500 logements) mais assez nombreuses pour aboutir, grâce à l'industrialisation, à des gains de productivité.



La préfabrication change alors de nature et, au lieu de s'intéresser exclusivement aux productions de masse, elle devient, au fil du temps, un instrument de maîtrise de la qualité, des coûts et des délais.

■ *La politique des systèmes constructifs et des composants (1977-1985)*

Le marché s'oriente de plus en plus vers des programmes de très petite taille entraînant « l'atomisation » des commandes. Pour essayer de conserver le principe de l'amortissement des outils nécessaires à une production de masse, les pouvoirs publics conçoivent une politique de « systèmes constructifs » fondée sur une coordination modulaire prédéfinie. Elle devait permettre de réaliser des bâtiments présentant une grande liberté architecturale mais elle s'est rapidement avérée peu compétitive.

La politique des « catalogues de composants », qui suit, instaure une séparation entre les fabricants de composants et les entreprises de mise en œuvre. Les acteurs de la construction n'ont jamais trouvé de véritable consensus pour l'appliquer.



■ ***Le béton préfabriqué architectonique actuel***

Actuellement orienté vers les ouvrages présentant des caractéristiques élaborées, le béton préfabriqué architectonique est l'un des outils privilégiés favorisant une « nouvelle expression architecturale ». De nombreuses innovations, tant au niveau des compositions mises en œuvre que des traitements de surface de plus en plus sophistiqués, permettent aux concepteurs d'offrir une très large gamme de formes, de couleurs et de textures.

Héritier d'une grande tradition industrielle, en constante évolution, le béton préfabriqué architectonique, par ses caractéristiques exceptionnelles de résistance et de plasticité, est le matériau de l'avenir.



Claude Parent, EDF Saint-Denis.

■ *Éléments utilisés dans le bâtiment*

• **Voiles et plaques**

Ce sont des éléments porteurs, autoporteurs, portés ou suspendus qui permettent d'assurer l'habillage et la mise hors d'eau du bâtiment. Ils sont, en règle générale, d'une hauteur d'étage et peuvent mesurer jusqu'à 10 m de longueur. Ces panneaux en béton architectonique sont utilisés aussi bien en extérieur qu'en intérieur et peuvent recevoir des finitions extrêmement variées (béton lavé, sablé, poli, etc.).

Les parements et modénatures sont réalisés selon les souhaits du concepteur. Leur mise en œuvre s'effectue à l'avancement du chantier (cas des éléments porteurs) ou est regroupée en fin de montage du gros œuvre pour les éléments non porteurs. Cette manière d'opérer évite les salissures des éléments sur chantier et apporte une souplesse au niveau des délais de réalisation. Il est également possible d'inclure l'isolation thermique entre la voile de béton et la structure.



Xavier Chambre, Daniel Vibert, poste de transformation EDF, Fontenay-sous-Bois. Éléments de façade courbes en béton poli.

En premier investissement, ces éléments peuvent apparaître d'un coût plus élevé que les techniques traditionnelles (coulé en place notamment). Toutefois, lorsque l'on intègre les coûts de maintenance et d'entretien – et que l'on raisonne donc en coût global – l'écart devient tout à fait acceptable, notamment pour la construction de logements sociaux.



• **Éléments structuraux**

Les éléments tels que poutres, poteaux, dalles, planchers, couvertures, constituent ou complètent la structure porteuse coulée en place. D'autres éléments – balcons, loggias, éléments de coursives, escaliers – permettent de créer des espaces ou volumes particuliers, des cloisonnements ou des voies de circulation dans le bâtiment.

• **Éléments de modénature**

Ils créent un certain relief en façade et peuvent également être utilisés comme coffrage pour le béton coulé en place. On trouve dans cette catégorie les éléments tels que colonnes, poutres, éléments d'acrotère, corniches, génoises, bandeaux, balustrades, entourages de baies.

Certains éléments ont un rôle complémentaire particulier : celui de véhiculer les eaux de ruissellement vers les évacuations et de limiter ainsi les salissures sur les parements.

• **Plaques de parement de petites dimensions**

Deux types d'éléments sont utilisés :

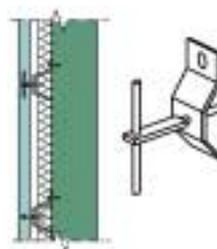
– *Les plaques de parement en béton architectonique fixées mécaniquement à la structure*

Elles sont souvent employées, en neuf comme en réhabilitation, dans le secteur tertiaire, pour les bureaux et les hôtels notamment. Elles peuvent également être utilisées en habillage intérieur.

Ces plaques ont une épaisseur d'environ 3 cm et des dimensions allant jusqu'à 1,2 m. Elles sont fréquemment associées à une isolation thermique rapportée. Les finitions polies proposées offrent une grande durabilité et réduisent les périodes d'entretien.



Ricardo Boffil, Jean-Pierre Carniaux,
Antigone, Montpellier



Agrafes de fixation utilisées
avec les plaques de parement.

Gérard Thurnauer,
Antoine Aygalinc,
logements, Paris.

– *Les vêtements*

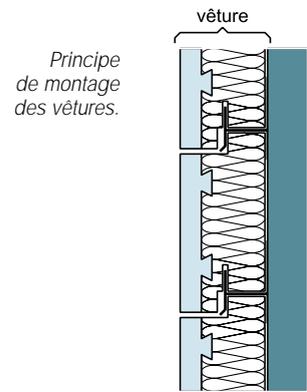
Elles sont constituées d'une paroi mince en béton coulée sur un complexe isolant. Ce sont des éléments manuyportables dont la pose est réalisée par emboîtement sur un rail de fixation, solidarisé à la structure porteuse.

Cette technique est apparue dans les années quatre-vingt pour renforcer l'isolation thermique des constructions anciennes.

Les vêtements se posent rapidement et offrent en une seule opération l'isolation par l'extérieur et la finition. De plus, leur entretien est facile.



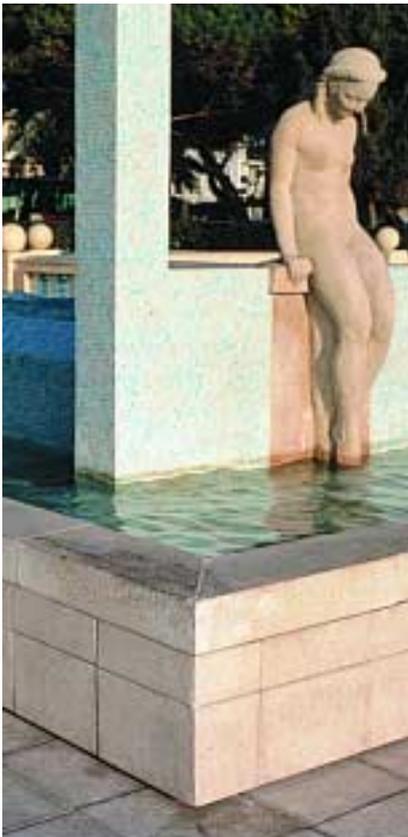
Vêtements en cours de montage.



Nota

Il existe d'autres produits similaires, utilisés en éléments de bardage, qui peuvent faire l'objet de séries spéciales adaptées au marché. Ils sont à définir avec l'industriel.

■ **Éléments utilisés en aménagements urbains et paysagés**



Le béton architectonique peut être utilisé pour réaliser de nombreux ouvrages architecturaux : colonnes d'affichage, bancs, lampadaires, jardinières, bornes, sculptures, poubelles, tables, dallages, murs d'escalade, murets techniques, clôtures, bassins et fontaines, sanitaires, etc.



■ Composants utilisés pour le génie civil

Dans ce secteur, la préfabrication est très utilisée et compétitive face au coulé en place pour les raisons suivantes :

- organisation de chantier simplifiée ;
- recherche d'une grande qualité technique et architecturale ;
- optimisation de la section des éléments par rapport au « coulé en place » du fait de l'emploi de bétons plus performants ;
- définition d'un plan d'assurance qualité (PAQ) pour garantir la conformité des livraisons au cahier des charges.

Principales applications : murs de soutènement en petits et grands éléments, murs antibruit et éléments de ponts (parapets, garde-corps, corniches, pièces de coffrages de colonnes et de piliers).

*Jean-Vincent Berlottier,
Viaduc de Chavanon.
Éléments préfabriqués en
béton blanc poli utilisés
pour le coffrage des pylônes.*



3.2.2 - Les points forts du béton architectonique préfabriqué

La garantie de qualité offerte par la préfabrication permet au maître d'œuvre de disposer partout en France de produits conformes à son attente, notamment en ce qui concerne l'aspect architectural.

Le maître d'œuvre pourra également sélectionner la préfabrication pour des raisons d'entretien et de durabilité. Les parements polis sont à cet égard très résistants et d'un entretien facile.



Daniel Kahane,
logements, Porte d'Aubervilliers.
Éléments de façade préfabriqués
en béton associés à des
panneaux de bois.

Principaux intérêts du béton architectonique

• **Qualité et innovation des parements**

La forme des produits, ainsi que les aspects de surface, sont le fruit d'une recherche menée en commun avec l'architecte pour créer l'objet unique ou la chaîne d'éléments spécifiques à une réalisation.

• **Qualité de fabrication, régularité des teintes et des textures, durabilité des matériaux et des aspects de surface**

La fabrication, selon un process industriel parfaitement maîtrisé et une connaissance optimale des matériaux, permet de garantir l'obtention de bétons techniquement plus durables, plus résistants mécaniquement. Le contrôle de la qualité des produits assure leur conformité au cahier des charges du marché.

• **Choix par le maître d'œuvre de la technologie la mieux adaptée au projet**

Selon le projet, les éléments pourront être porteurs, auto-porteurs, portés ou suspendus.

• **Coûts et délais maîtrisés**

Les méthodes industrielles de fabrication associées aux techniques d'organisation et de suivi de la qualité permettent d'optimiser les coûts et les délais de fabrication.



*B. Dollet, Ch. Labbé, foyer social Le Relais, Paris.
Façade en béton blanc poli associée à un soubassement en béton acidé.*

• **Caractéristiques techniques répondant aux règles de l'art**

Les principaux textes de références applicables sont :

- La norme P 10-210 « DTU 22.1. Travaux de bâtiment. Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire. Constituée par NF P 10-210 partie 1 : cahier des clauses techniques NF P 10-210 partie 2 : cahier des clauses spéciales ».
- les prescriptions techniques communes aux procédés de gros œuvre du Groupe spécialisé n° 1, chargé de formuler les avis techniques ;
- la *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine*, édité par la FIB, qui constitue le référentiel de la certification de qualité applicable à ces éléments (Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine) ;
- les prescriptions techniques Bétocib pour la fabrication de bétons de ciment blanc ;
- les fascicules 65 A et B pour la mise en œuvre des éléments employés en marchés publics.



*Michel Herbert,
hôtel Campanile, Paris.
Façade associant verre
et béton.*



*Alain Le Houedec, Luc Weizmann (Axe Architecture),
hôtel des Douanes, Roissy.*



Chapitre

4

Guide de mise en œuvre des éléments architecturaux

- 4.1 Organisation**
- 4.2 Calepinage**
- 4.3 Structures**
- 4.4 Assemblages**
- 4.5 Joints d'étanchéité à l'eau et à l'air**
- 4.6 Dispositions constructives vis-à-vis de la durabilité et du vieillissement**

Le succès de la mise en œuvre d'éléments architecturaux préfabriqués en béton résulte d'un partenariat efficace entre l'architecte, l'entreprise et le fabricant.

4.1 Organisation

<i>Enchaînement des tâches et des intervenants</i>	
<i>Phases du projet</i>	<i>Études et travaux spécifiques</i>
Esquisse	Choix par l'architecte des parements à partir d'un nuancier d'échantillons
Avant-projet	<ul style="list-style-type: none"> - Examen en relation avec l'architecte des solutions techniques répondant aux spécifications du marché : constitution des éléments, choix des assemblages et des joints, choix des bétons - Examen de l'organisation de chantier : planning prévisionnel et délais de livraison - Pré-étude de calepinage et évaluation technico-économique des solutions constructives
Appel d'offres	Soumission déposée par l'entreprise de gros œuvre (l'entreprise mentionne le nom du fabricant qu'elle a retenu)
Lancement des travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation des échantillons témoins des différents parements - Validation par l'architecte - Commande des éléments - Commande des matériaux par le fabricant
Phase d'étude	<ul style="list-style-type: none"> - Plans de calepinage précis contenant les détails de fabrication (dimensions, traitements de surface, inserts, réservations, ouvertures) - Étude de béton armé par le bureau d'études pour définir le ferrailage - Réalisation des fiches de fabrication et validation par la maîtrise d'œuvre - Planning de fabrication et de livraison
Réalisation	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication des éléments - Contrôle de la qualité - Transport sur chantier - Réception sur chantier par l'entreprise de pose - Stockage éventuel et mise en œuvre selon le plan défini par le fabricant

Nota

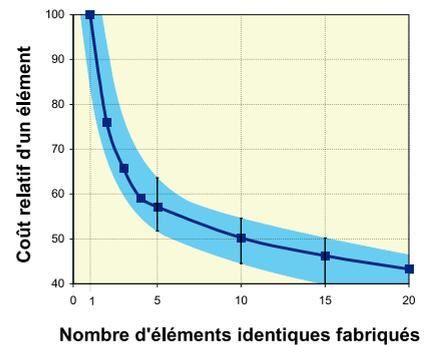
La préfabrication est une méthode de construction qui n'engendre pratiquement pas de déchets sur le site à construire. Elle se traduit par des chantiers beaucoup plus propres.

4.2 Calepinage

Cette opération consiste à définir précisément les éléments du projet permettant ainsi d'en établir les coûts. De ce fait, il est important que le maître d'œuvre définit son principe de calepinage avant le lancement de l'appel d'offres.

Le calepinage est en général piloté par l'architecte, en relation avec l'industriel, le bureau d'études et l'entreprise de mise en œuvre. Les choix qui en découlent sont déterminant vis-à-vis du coût de réalisation. Les principaux facteurs d'influence sont énumérés ci-dessous.

- Les formes et modénatures retenues, définissant le coût de base du moule.
- Le nombre d'éléments à fabriquer, de manière unique ou en petites séries. Leur quantité est fonction de la modénature adoptée, des dimensions et du poids des éléments, liés aux contraintes de transport et de mise en œuvre (capacité de la grue de chantier). Des dimensions de 6 à 8 m optimisent le coût.
- Les délais de réalisation. Ils déterminent, selon le planning prévisionnel, le nombre de moules à mettre en œuvre pour fabriquer les éléments.



Christian de Portzamparc, Cité de la musique, la Villette. Éléments d'habillage issus d'un calepinage rigoureux.

Nota

- Une réduction des délais peut conduire à augmenter le nombre de moules de fabrication et entraîner une hausse du coût de production.
- Un calepinage bien réalisé doit conduire à minimiser le nombre de composants différents du projet. La recherche de pièces semblables permet l'utilisation d'un moule de fabrication commun pour une série d'éléments, diminuant ainsi le coût de production (voir la courbe ci-dessus).

4.3 Structures

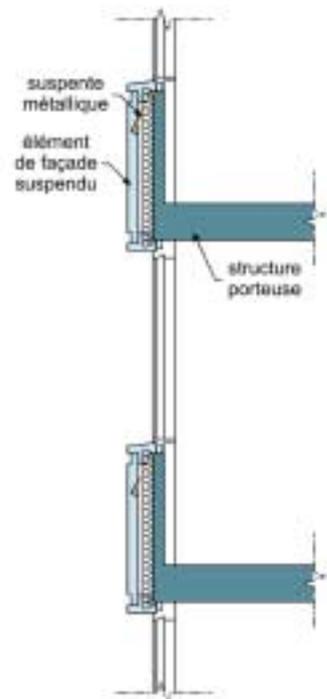
Les structures actuelles sont le plus souvent mixtes et font donc appel à un ensemble de matériaux (le béton, l'acier, le bois et le verre, tout récemment) que le concepteur associe pour en exploiter les qualités techniques et architecturales spécifiques. Le choix technique de la structure est déterminé en fonction des principaux critères suivants :

- portée entre appuis ;
- organisation de l'édifice (nombre de niveaux) et destination de l'ouvrage (habitation ou établissement recevant du public par exemple) ;
- critères technico-économiques tels que les délais de réalisation ;
- types d'éléments utilisés :
 - éléments porteurs, associés habituellement à une structure béton coulée en place ou préfabriquée,
 - éléments autoporteurs, portés ou suspendus, associables à tout type de support.

La structure, qu'elle soit constituée d'éléments préfabriqués ou non, doit satisfaire aux règles de résistance et de stabilité vis-à-vis des actions sollicitantes (poids propre des éléments, poussées horizontales dues au vent ou aux terres, charges de service, etc.).

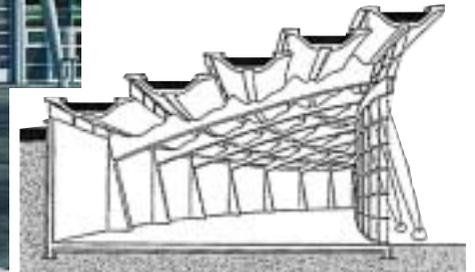


Denis Vallode,
Jean Pistre et
Philippe Matsakis,
Air France, Roissy.
Façade suspendue
à la structure offrant
une grande souplesse
de mise en œuvre.





SCPA Béguin et Macchini,
centre d'entretien routier,
Argenteuil.



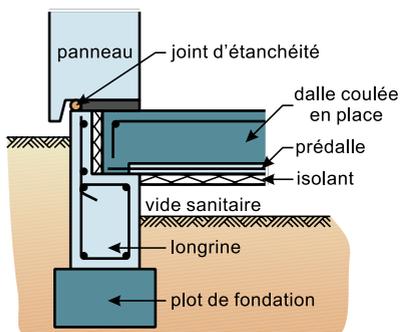
■ Fondations

Les constructions par éléments préfabriqués font appel aux mêmes types de fondation que les structures coulées en place :

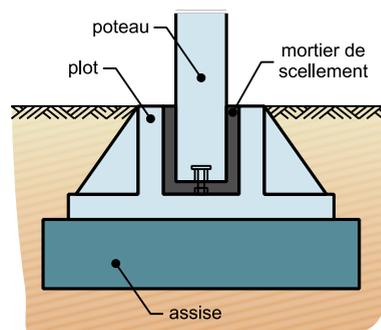
- semelles continues ;
- semelles isolées ;
- massifs de fondation ;
- pieux de fondation.

Elles sont définies en fonction de la nature du sol et de la rigidité de la structure supportée.

Des joints de dilatation ou de fractionnement permettent de prendre en compte d'éventuels déplacements d'appuis dus, notamment, aux conditions climatiques.



Exemple de fondation associée à un vide sanitaire.



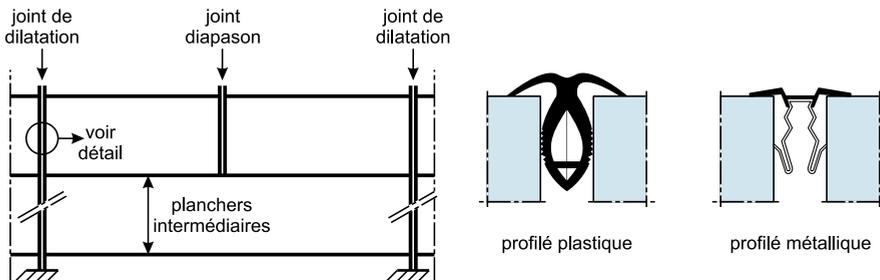
Fondation pour une structure de type poteaux.

■ Joints de dilatation ou de fractionnement

Pour tenir compte des effets de retrait des structures et des variations de température, des joints de dilatation sont à disposer dans l'ossature selon l'espacement suivant (règles BAEL) :

- zone méditerranéenne : 25 m ;
- Est, Alpes, Massif central : 30 à 35 m ;
- région parisienne, Nord : 40 m ;
- Ouest : 50 m.

De plus, pour les terrasses et selon leur protection thermique, il est recommandé de disposer des joints diapasons tous les 25 m environ.

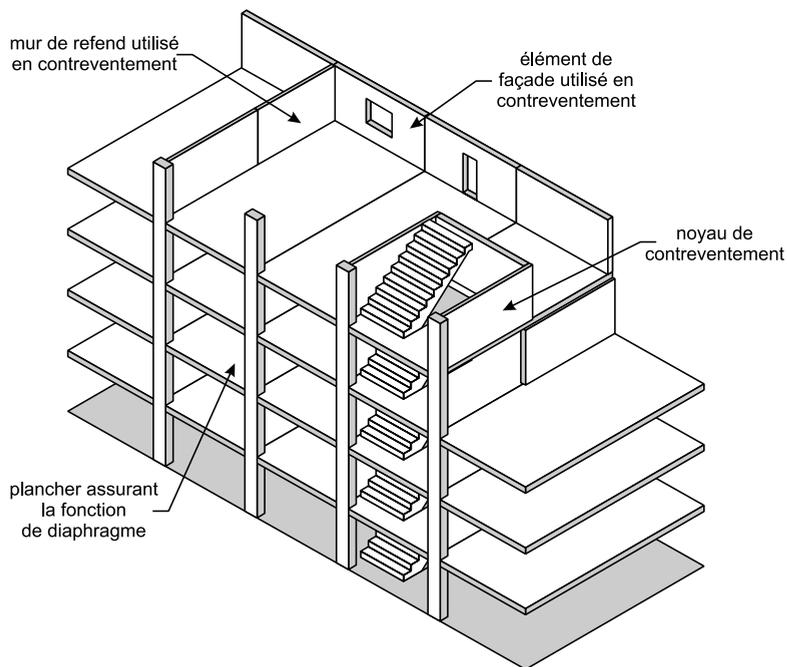


Intégration des joints de dilatation dans l'ossature d'une construction.

■ Contreventement

L'objet du contreventement est de transmettre jusqu'au plan de fondation l'ensemble des actions appliquées sur la structure. Il est assuré par :

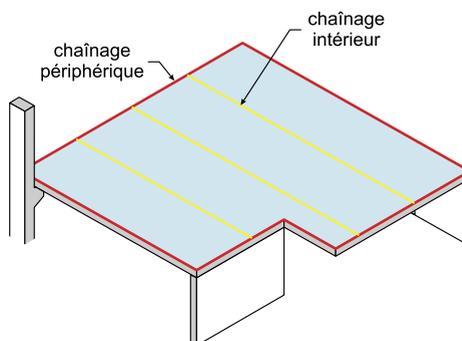
- des séquences de murs réparties dans une ou plusieurs directions (murs de refend, pignons, façades) qui constituent des consoles s'opposant mécaniquement à la déformation horizontale de la structure ;
- des noyaux de contreventement, constitués notamment par des cages d'escalier, d'ascenseur ;
- des portiques superposés dans les constructions à poteaux et poutres.



Éléments utilisés dans le contreventement d'une structure.

■ Plancher

Le plancher assure la transmission des charges verticales et horizontales d'un niveau à l'autre de la construction. Pour transmettre correctement les charges horizontales et garantir le monolithisme de la construction, il doit être rendu indéformable dans son plan et constituer ainsi un diaphragme.



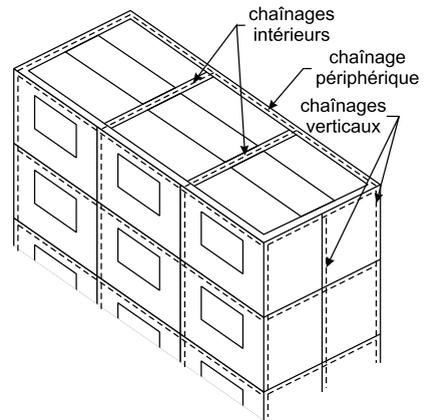
Les chaînages périphériques associés aux chaînages transversaux intérieurs assurent le monolithisme du plancher de la construction et constituent un diaphragme.

■ Chaînages

Ils constituent un réseau continu d'armatures métalliques permettant d'assurer le monolithisme de la construction.

Ces chaînages :

- servent de tendeur vis-à-vis de la fonction diaphragme du plancher ;
- constituent les tirants des murs employés en contreventement ;
- lient les contreventements entre eux.

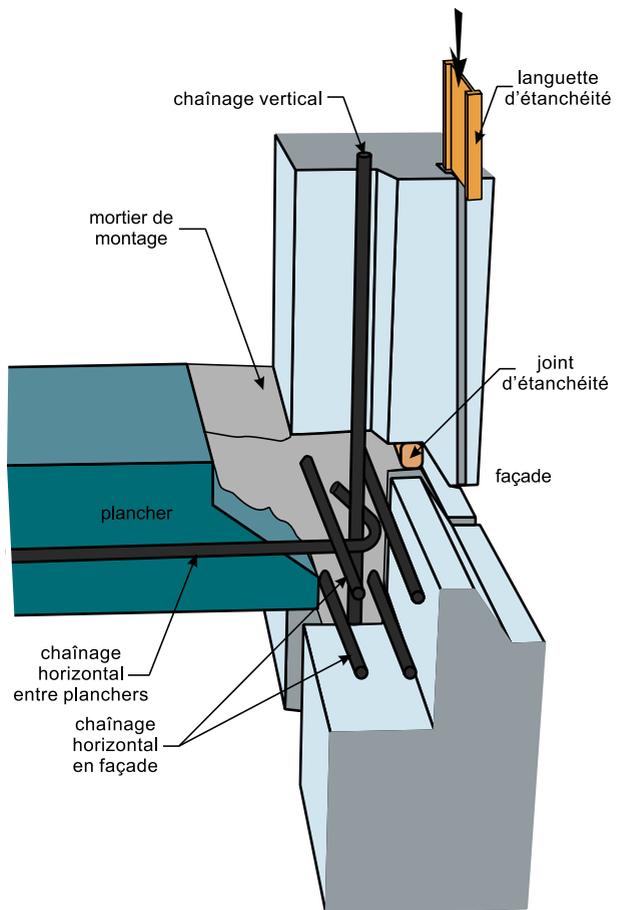


Chaînages des différentes séquences constructives.

4.4 Assemblages

Les assemblages, également appelés liaisons, sont employés pour réaliser le liaisonnement mécanique des éléments entre eux et avec la structure.

L'organisation générale des liaisons et leur choix doivent faire l'objet d'une étude mécanique prenant en compte les différentes phases de réalisation et d'utilisation de l'édifice.

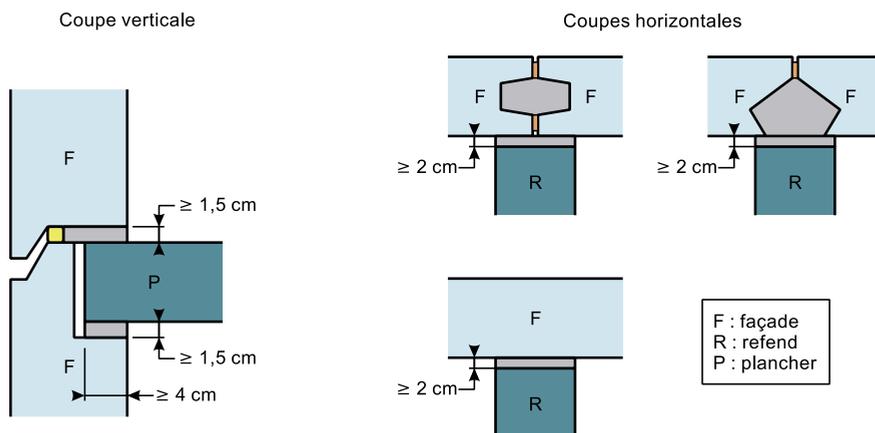


■ Principaux types d'assemblages structuraux

En référence à la norme P 10-210 (DTU 22.1), les assemblages sont classés selon quatre types.

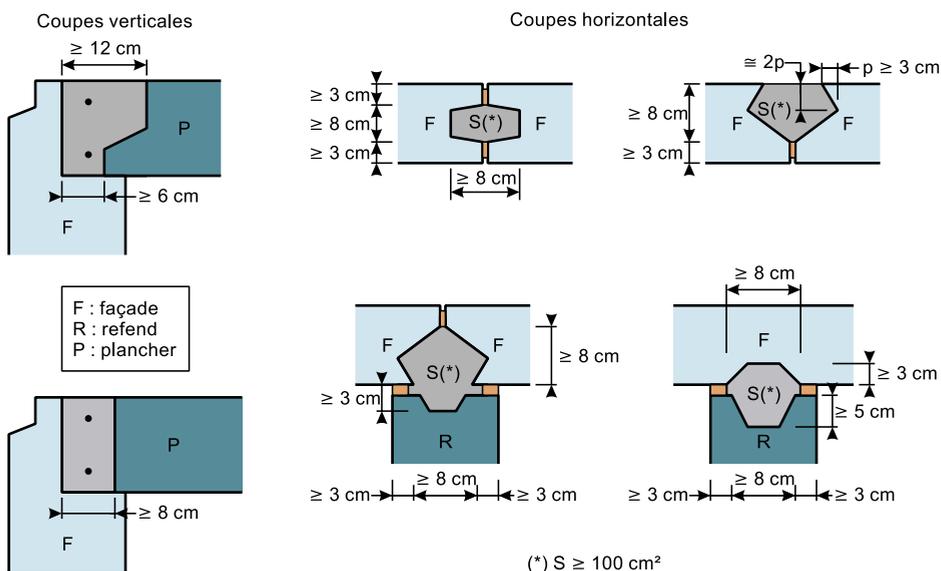
• Type 1 : joints de mortier continus

Ils sont utilisés pour réaliser des appuis simples. Leur emploi est limité à des montages ne nécessitant pas la reprise d'efforts de cisaillement importants.



• Type 2 : liaisons continues bétonnées sans armature en attente

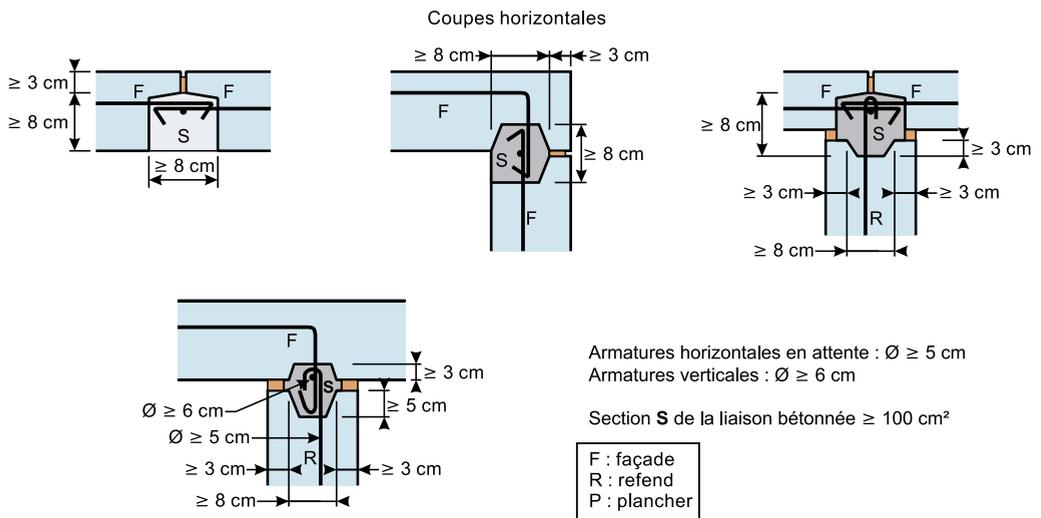
Elles permettent de reprendre les efforts de cisaillement se développant orthogonalement à deux éléments juxtaposés ; des crantages peuvent également être réalisés pour constituer un renfort au cisaillement s'exerçant selon l'axe longitudinal de la liaison.



• **Type 3 : liaisons continues bétonnées avec armatures en attente**

Elles assurent la transmission d'efforts d'un élément à l'autre et sont aussi employées pour réaliser les chaînages. Leur section transversale peut être utilisée comme verrou de cisaillement positionné entre deux séquences mitoyennes de murs.

Des dispositifs tels que des crantages ou des boucles de liaisons métalliques permettent de renforcer la résistance au cisaillement. Les boucles de liaisons sont également utilisables pour liasonner deux séquences orthogonales de panneaux et créer ainsi un assujettissement (c'est-à-dire le non-déplacement d'un panneau orthogonalement à son plan).

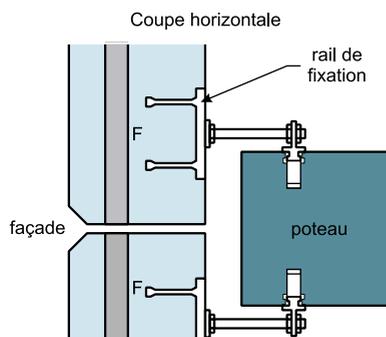
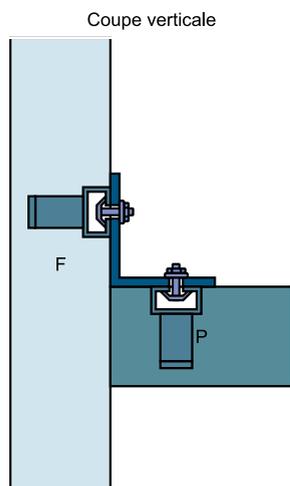
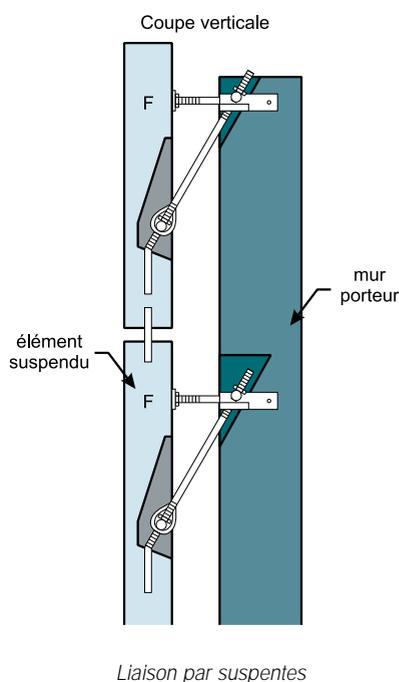
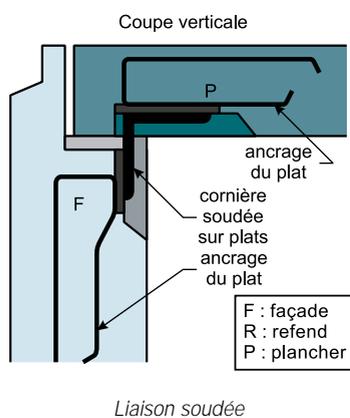


• Type 4 : liaisons ponctuelles

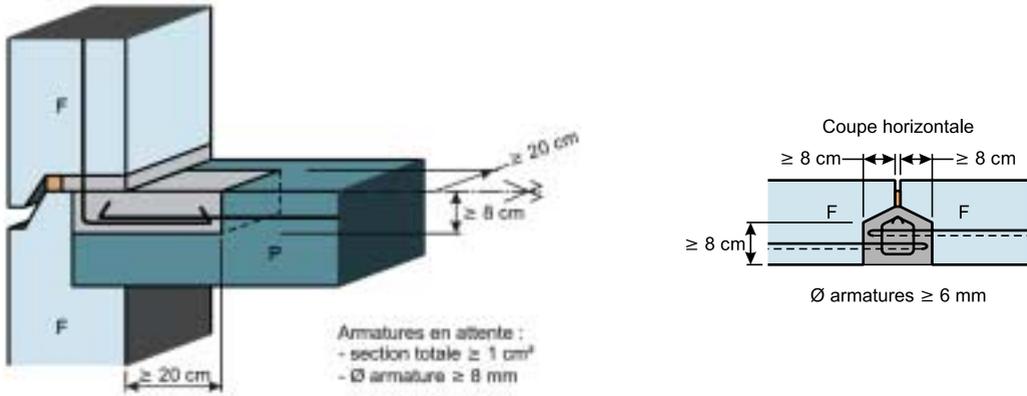
Ce sont des liaisons bétonnées, boulonnées, brochées ou soudées qui permettent de réaliser le montage à sec des éléments (c'est-à-dire sans, ou avec peu de coulage de béton). Elles sont fréquemment employées du fait de leur simplicité de mise en œuvre. Selon leur constitution, elles peuvent reprendre un cisaillement.

Les liaisons ponctuelles bétonnées sont également employées pour réaliser des continuités de chaînage.

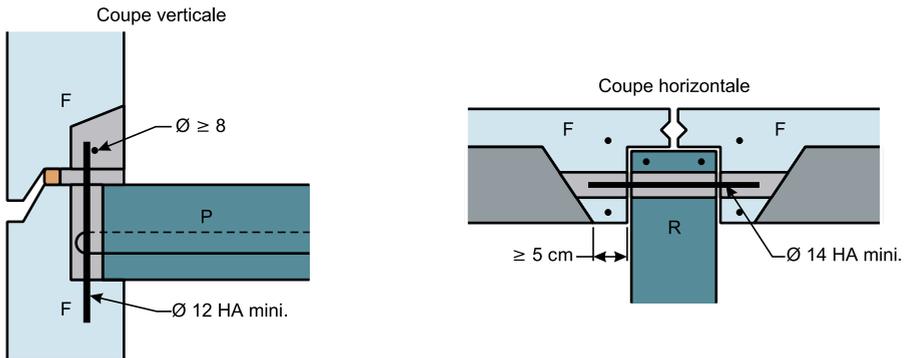
Les éléments non porteurs utilisent le plus souvent des liaisons ponctuelles spécifiques (suspentes) pour se fixer à la structure de l'édifice.



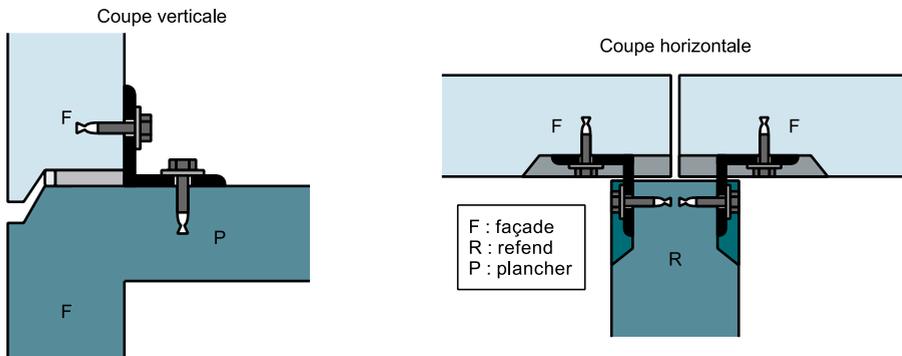
Liaison par rails de fixation



Liaisons ponctuelles bétonnées.



Liaisons ponctuelles brochées.



Liaisons ponctuelles boulonnées.

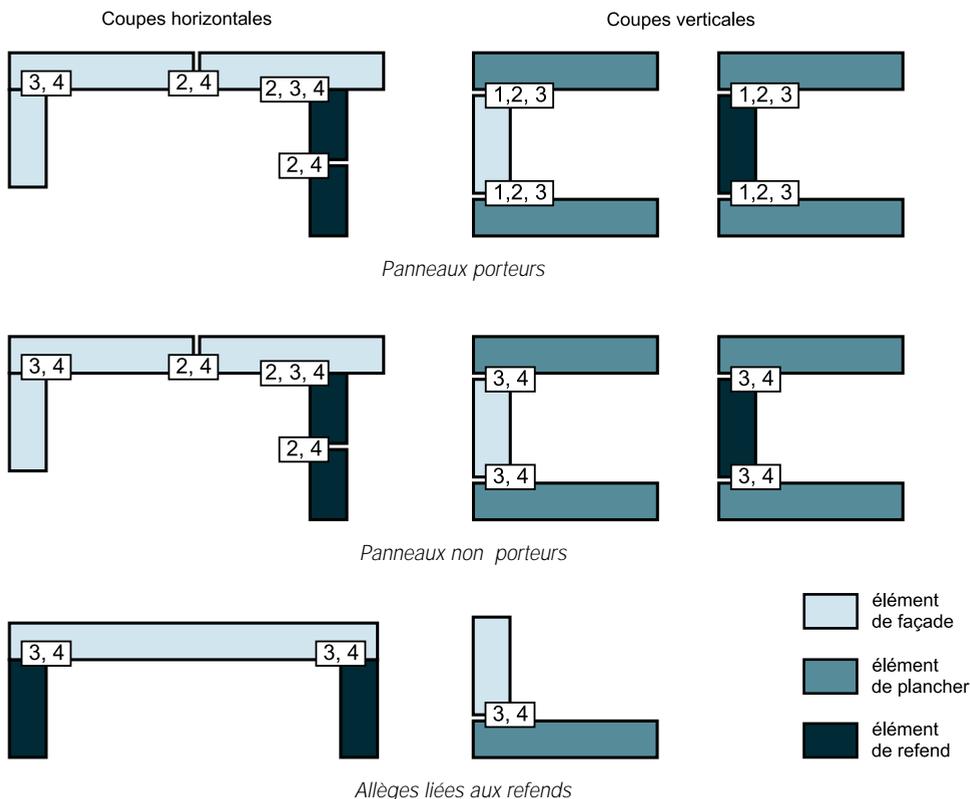
■ Association et choix des liaisons

Le choix et l'espacement des liaisons sont déterminés en fonction :

- des calculs de stabilité de l'ouvrage ;
- de la dimension des éléments ;
- du comportement mécanique des éléments (porteurs ou non) ;
- de la destination de l'ouvrage.

Les assemblages possibles entre deux éléments sont indiqués sur les schémas ci-dessous conformément à la norme P 10-210 (DTU 22.1). Par exemple 3,4 indique que les types de liaisons possibles pour ce cas sont les types 3 ou 4. Les types de liaison sont définis dans les pages précédentes et rappelés ci-dessous.

- Type 1 : joints de mortier continus
- Type 2 : liaisons continues bétonnées sans armature en attente
- Type 3 : liaisons continues bétonnées avec armatures en attente
- Type 4 : liaisons ponctuelles



Nota

- La mise en œuvre des assemblages et des joints est une opération qui nécessite l'intervention de personnel qualifié.
- Lorsque le fonctionnement de la structure le permet, il est préférable d'utiliser, pour les liaisons bétonnées, des assemblages ponctuels afin d'éviter un risque de salissure des parements à la mise en œuvre (utiliser un film de protection si nécessaire).

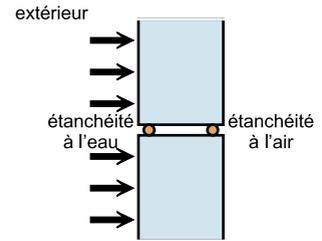
4.5 Joints d'étanchéité à l'eau et à l'air

En façade de bâtiment, les joints utilisés peuvent être à un ou deux étages. Toutefois, en France, l'emploi du joint à un étage est limité aux façades abritées ou ne présentant pas une exigence sévère vis-à-vis de l'étanchéité (cas des bâtiments industriels ou agricoles par exemple).

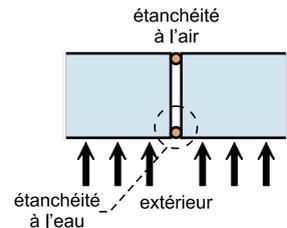
Les joints utilisés sont disponibles sous forme pâteuse ou en profilés extrudés.



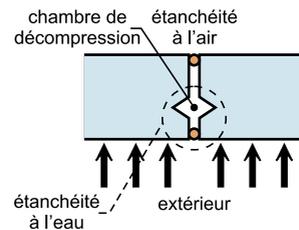
Daniel Kahane, logements, Porte d'Aubervilliers.
Détails de joints en façade.



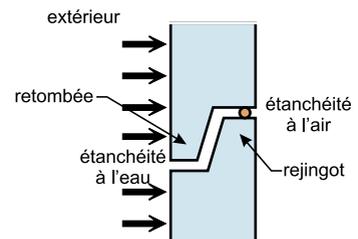
Joint horizontal à un étage



Joint vertical à un étage



Joint vertical à deux étages



Joint horizontal à deux étages

■ Mastics et fonds de joint utilisables

La réalisation d'un joint nécessite habituellement l'emploi de deux produits :

- **un fond de joint** qui sert de profil arrière pour la pose du mastic d'étanchéité et qui doit également permettre d'assurer le libre mouvement de celui-ci ;
- **un mastic d'étanchéité** qui peut être de type élastique (appelé souvent élastomère) ou plastique.

Les mastics peuvent nécessiter l'application sur la paroi de béton d'un primaire d'accrochage avant mise en œuvre.

Selon leurs caractéristiques physiques (l'allongement en particulier), les mastics sont classés en première ou en deuxième catégorie. Ils sont disponibles sous forme pâteuse ou en cordons préformés utilisés principalement pour la réalisation des joints horizontaux à deux étages. On emploie de plus en plus aujourd'hui les élastomères de première catégorie pour leur grande capacité de déformation.

<i>Nature des produits utilisés selon les conditions d'emploi</i>		
<i>Conditions d'emploi</i>	<i>Mastics</i>	<i>Fonds de joint compatibles</i>
Joint à un et deux étages	Élastomère première catégorie	Polyéthylène expansé Polyamide expansé
Joint à deux étages	Plastique première catégorie	Produits alvéolaires de polyéthylène de polyester ou de polyuréthane à cellules apparentes ouvertes

■ Largeur et profondeur d'un joint

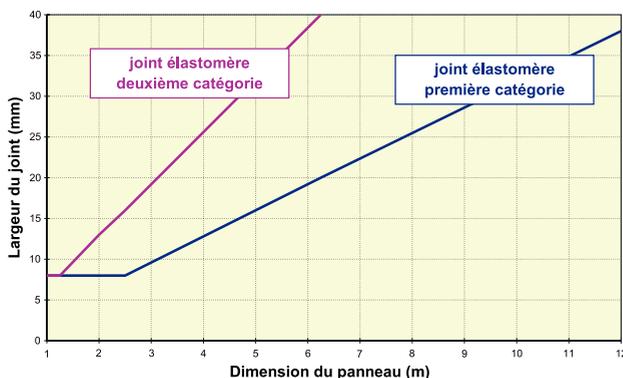
L'importance du joint à mettre en œuvre est fonction de l'amplitude des déformations supportées, liée à la dimension des panneaux adjacents.

L'abaque ci-contre précise la largeur du joint à mettre en œuvre selon sa catégorie.

Profondeur (P) du joint selon sa largeur (ℓ)

$$P = \ell \text{ pour } \ell < 12 \text{ mm}$$

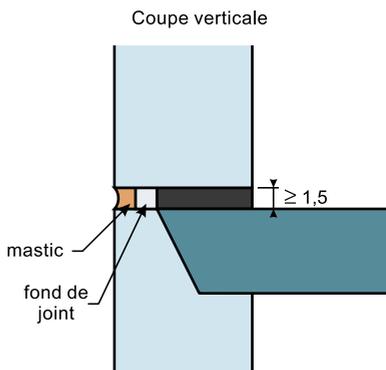
$$P = \ell / 2 \text{ pour } \ell > 12 \text{ mm}$$



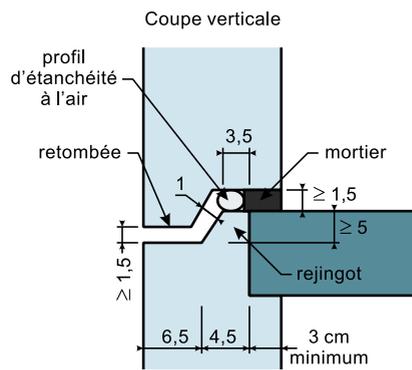
Nota

- Tous les produits utilisés doivent avoir le label SNJF (liste disponible auprès de cet organisme – voir l'annexe 6 « Adresses utiles »).
 - Il est possible d'utiliser des cordons de mousse ou des bandes d'étanchéité préformées expansibles pour constituer les joints à un ou deux étages. Ces profils sont collés ou rentrés en force dans le joint (Compriband par exemple).
 À la mise en œuvre, l'écrasement d'un cordon préformé doit être au minimum égal à 30 % de son épaisseur initiale.
 Section minimale du cordon : 2 cm².
 Pour les joints horizontaux, un calage doit permettre de limiter l'écrasement du cordon (calage minimum : 5 mm).

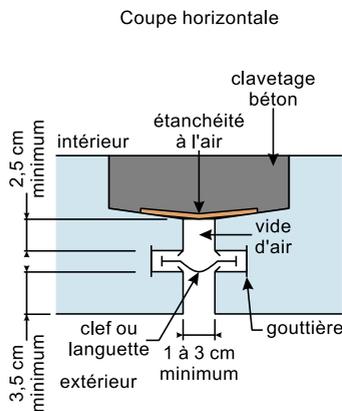
■ Géométrie des principaux joints d'étanchéité



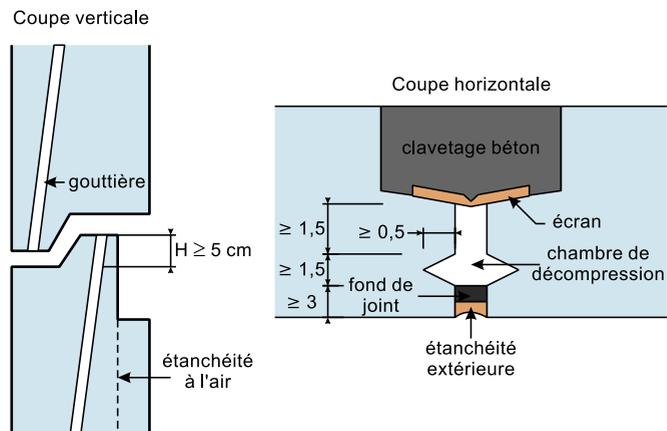
Joint horizontal à un étage.



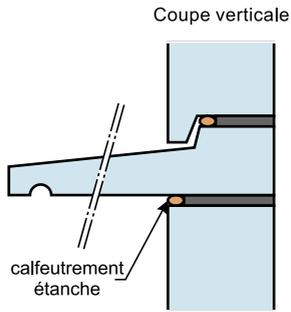
Joint horizontal à rebroussement et rejigot (joint à deux étages).



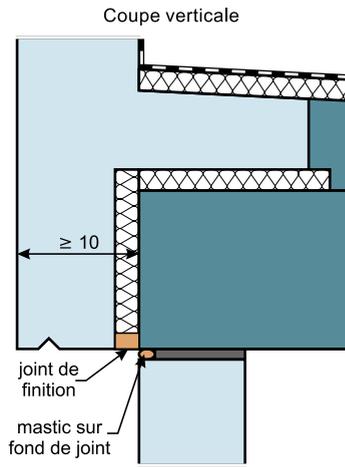
Joint vertical à glissières et languette.



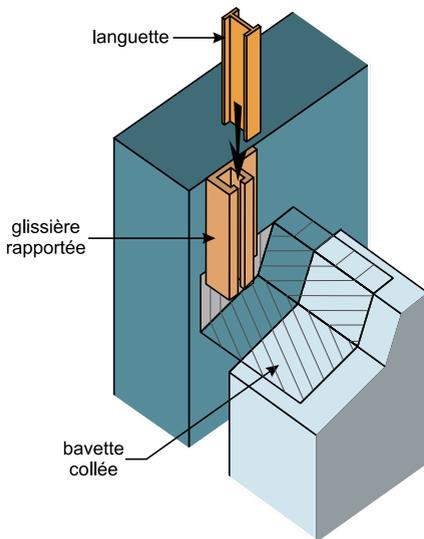
Joint vertical avec chambre de décompression.



Joint de balcon ou loggia.



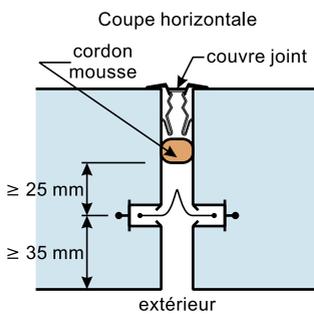
Joint sous bandeau ou acrotère saillant.



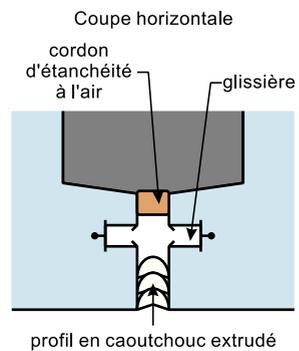
Joint avec partie coulée en place.



Partie supérieure d'allège.



Montage en panneau industriel.



Profil en caoutchouc extrudé (réparation ou remplacement d'une languette).

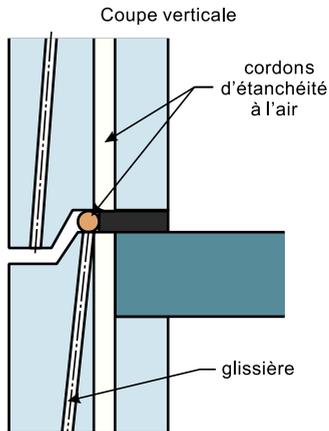
■ Croisement des joints

Les solutions suivantes sont utilisables :

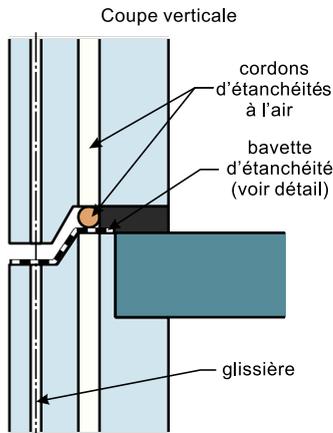
- **Systèmes à glissières et languette**

Dans le cas du montage « en tuile » (voir la figure ci-dessous), l'étanchéité est normalement assurée au croisement des joints.

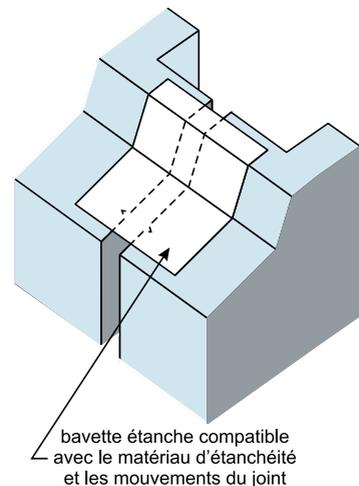
Lorsque les glissières sont droites et disposées dans un même plan, il est nécessaire d'intercaler une bavette d'étanchéité complémentaire en partie supérieure du panneau.



Montage en tuile



Montage droit

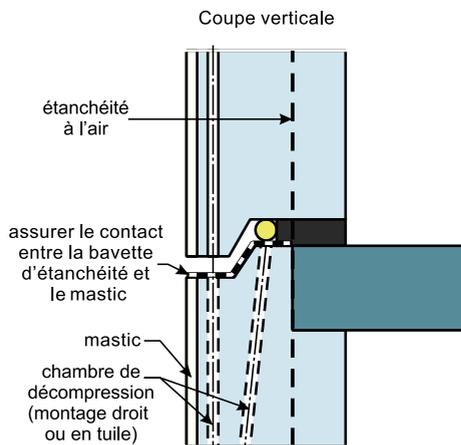


Détail de montage de la bavette.

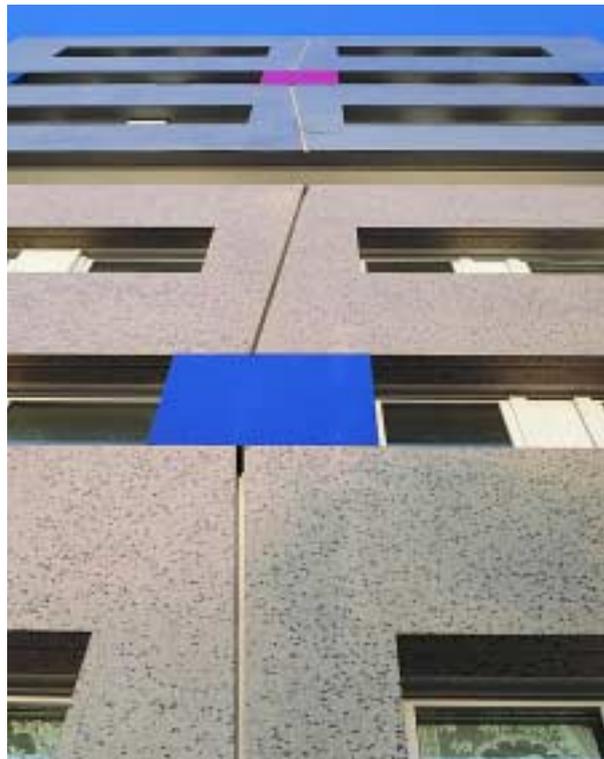
Montage avec système à glissières et languette.

• Systèmes avec chambre de décompression

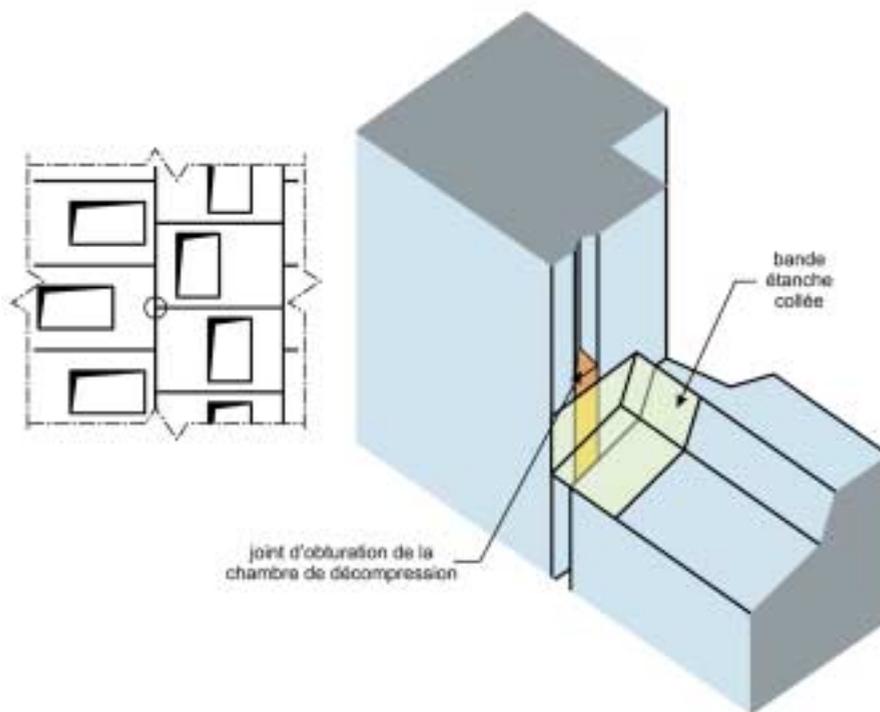
Les chambres de décompression peuvent constituer un montage « en tuile » ou un montage droit dans un même plan. Dans les deux cas, il faut prévoir une bavette d'étanchéité associée au dispositif d'étanchéité à l'air.



Montage avec chambre de décompression.



Atelier Tectône avec Pascal Chombart de Lauwe et Jean Lamude, logements ZAC de Bercy. Exemple d'étanchéité particulière réalisée par joints verticaux à glissières et languettes inclinées verticalement.

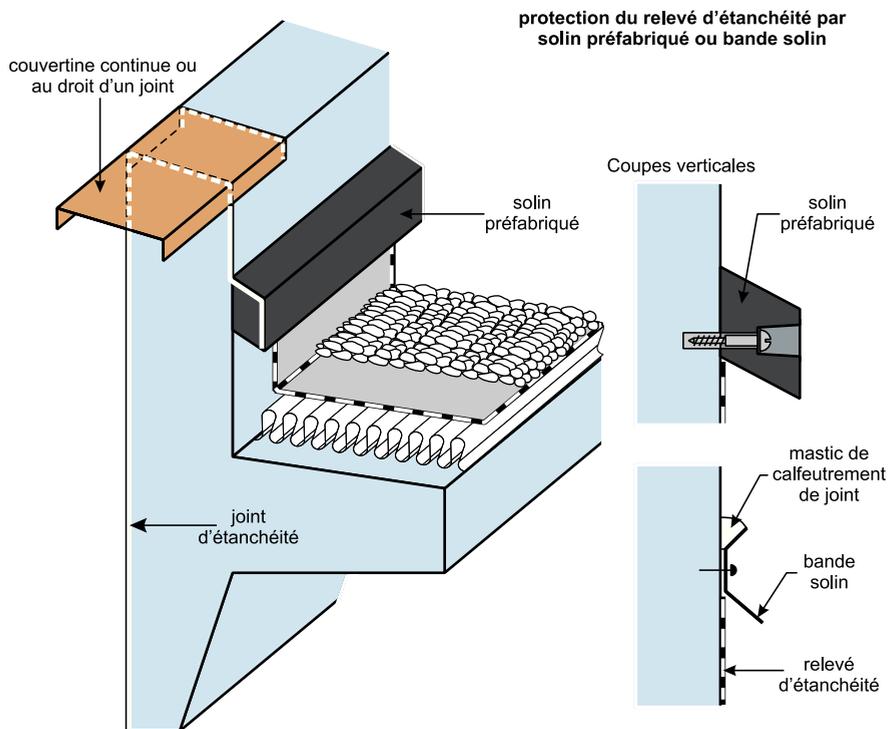


Traitement d'un croisement de joint particulier.

■ Joints en toiture

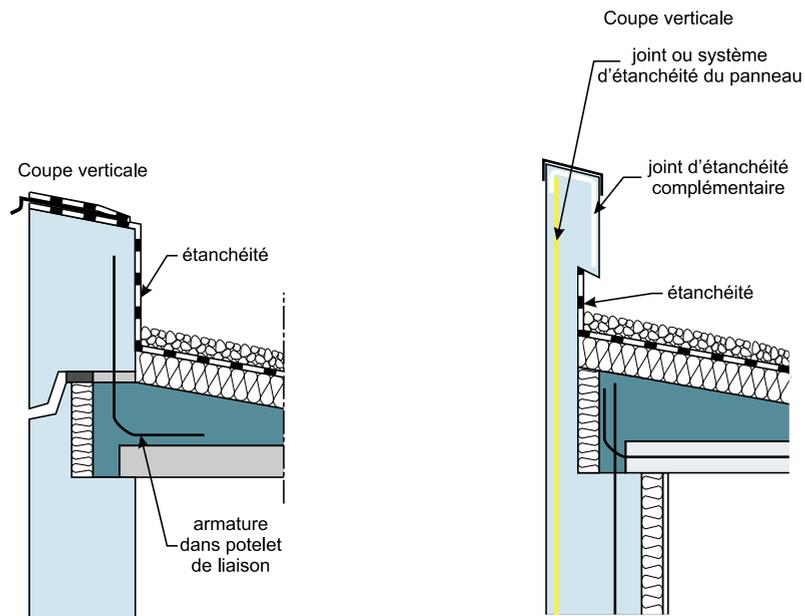
Cas des toitures-terrasses [norme P 10-203 (DTU 20.12)]

Le système d'étanchéité mis en place se termine sur les bords de la toiture par un relevé d'étanchéité venant en appui sur l'acrotère du bâtiment. Les acrotères sont des pièces complexes qu'il est préférable de préfabriquer en usine. Les solutions préfabriquées en béton architectonique sont en général plus économiques et plus performantes. Elles peuvent en effet incorporer, en plus du parement de finition, les larmiers et solins nécessaires à la bonne réalisation de l'étanchéité (parties difficiles à réaliser proprement sur chantier).



Acrotère : mise en œuvre des joints.

Après pose, un joint d'étanchéité doit être disposé entre les éléments d'acrotères. Une couvertine disposée en partie supérieure peut avantageusement compléter la finition pour améliorer la durabilité du joint.



Exemple d'acrotère préfabriqué rapporté.

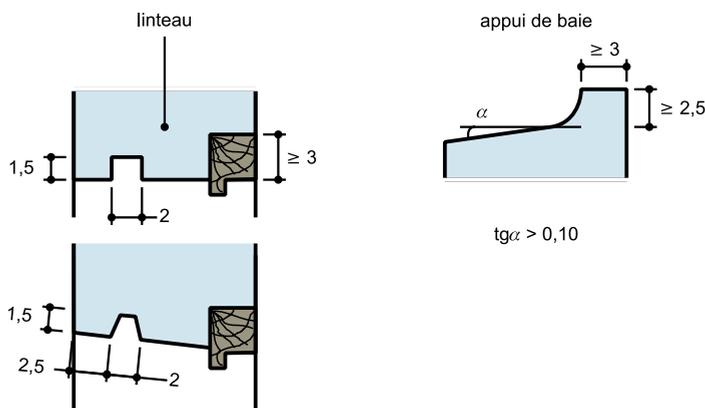
Exemple d'acrotère intégré au panneau.

Nota

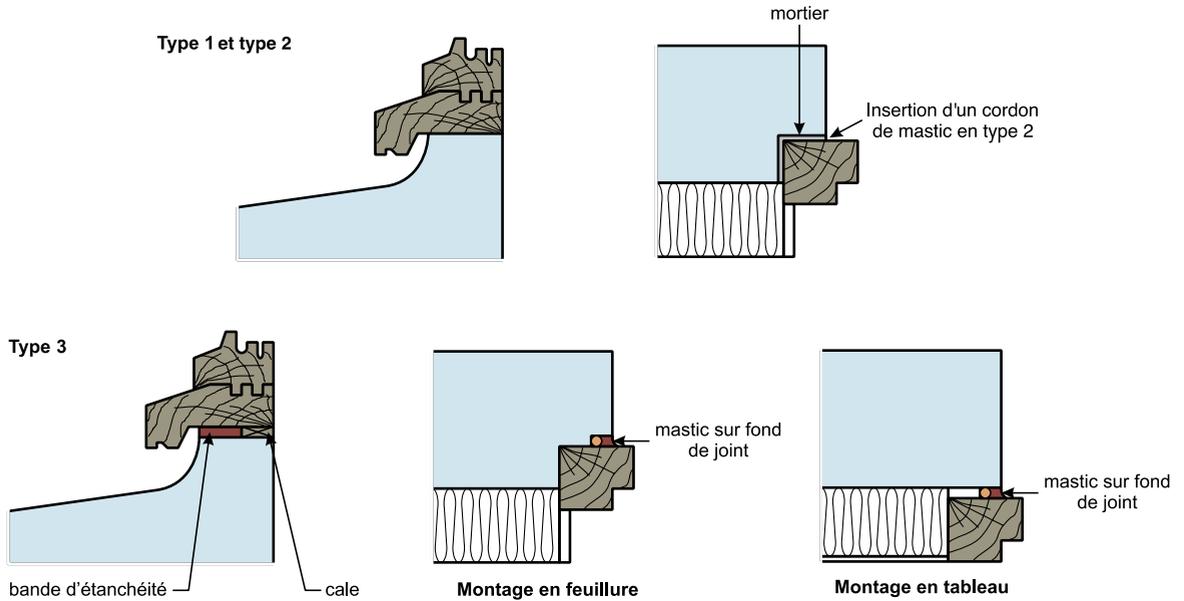
On rappelle que vis-à-vis de la sécurité d'utilisation, les acrotères doivent être conçus pour reprendre, le cas échéant, les sollicitations liées à la mise en place de nacelles ou d'échafaudages volants utilisés dans les travaux d'entretien.

■ Étanchéité des dormant de menuiseries [norme P 10-210 (DTU 22.1), norme P 23-201 (DTU 36.1) et norme P 24-203 (DTU 37.1)]

- Larmier sous linteau : il est nécessaire lorsque la sous-face du linteau présente une pente vers l'intérieur.
- Appui de baie : géométrie des appuis de baie selon le schéma.

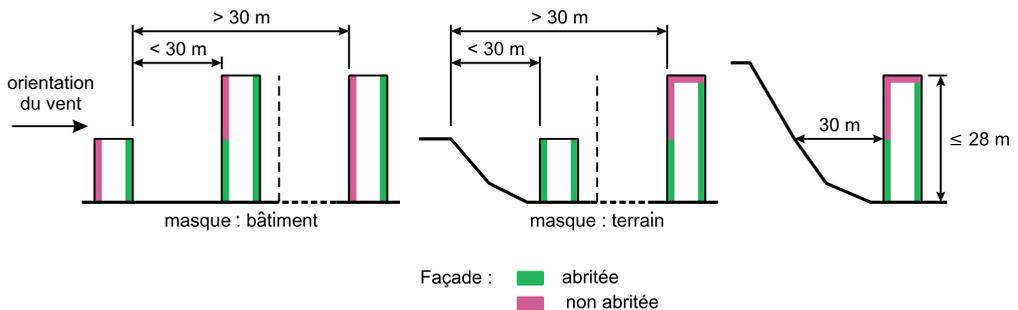


- Étanchéité des dormants : le type d'étanchéité dépend de l'exposition de la baie (façade abritée ou non) et de sa hauteur (voir le tableau ci-après).



Types d'étanchéité des dormants		
Hauteur de la baie par rapport au sol	Façade abritée *	Façade non abritée
6 m	type 1	type 1, 2 ou 3 (bord de mer)
6 à 18 m	type 1	type 2 ou 3
18 à 28 m	type 1	type 2 ou 3
> 28 m	-	type 3

* Les parties de façades en fond de balcon ou de loggia situées à moins de 28 m de haut (sauf bord de mer) sont considérées comme abritées.



4.6 Dispositions constructives vis-à-vis de la durabilité et du vieillissement

Une attention particulière doit être portée à la conception des modénatures employées en façade. Elles doivent permettre d'évacuer l'eau de pluie tout en limitant le risque de salissures par ruissellement.

Les salissures sont principalement dues aux particules polluantes se trouvant dans l'atmosphère (poussières, fumées, gaz d'échappement, suies, etc.) ou à des micro-organismes (pollens, bactéries, champignons, etc.) qui viennent se déposer dans les pores du béton. Le ruissellement de l'eau de pluie sur la façade véhicule ces particules. Cette action de l'eau favorise le nettoyage de la surface. Elle peut toutefois causer des salissures localisées et inesthétiques lorsqu'un obstacle vient contrarier le ruissellement naturel de l'eau. Pour limiter ces zones de salissures, il est donc recommandé d'employer des dispositifs de rejets d'eau, des modénatures ou des formes géométriques particulières visant à faciliter l'évacuation de l'eau.

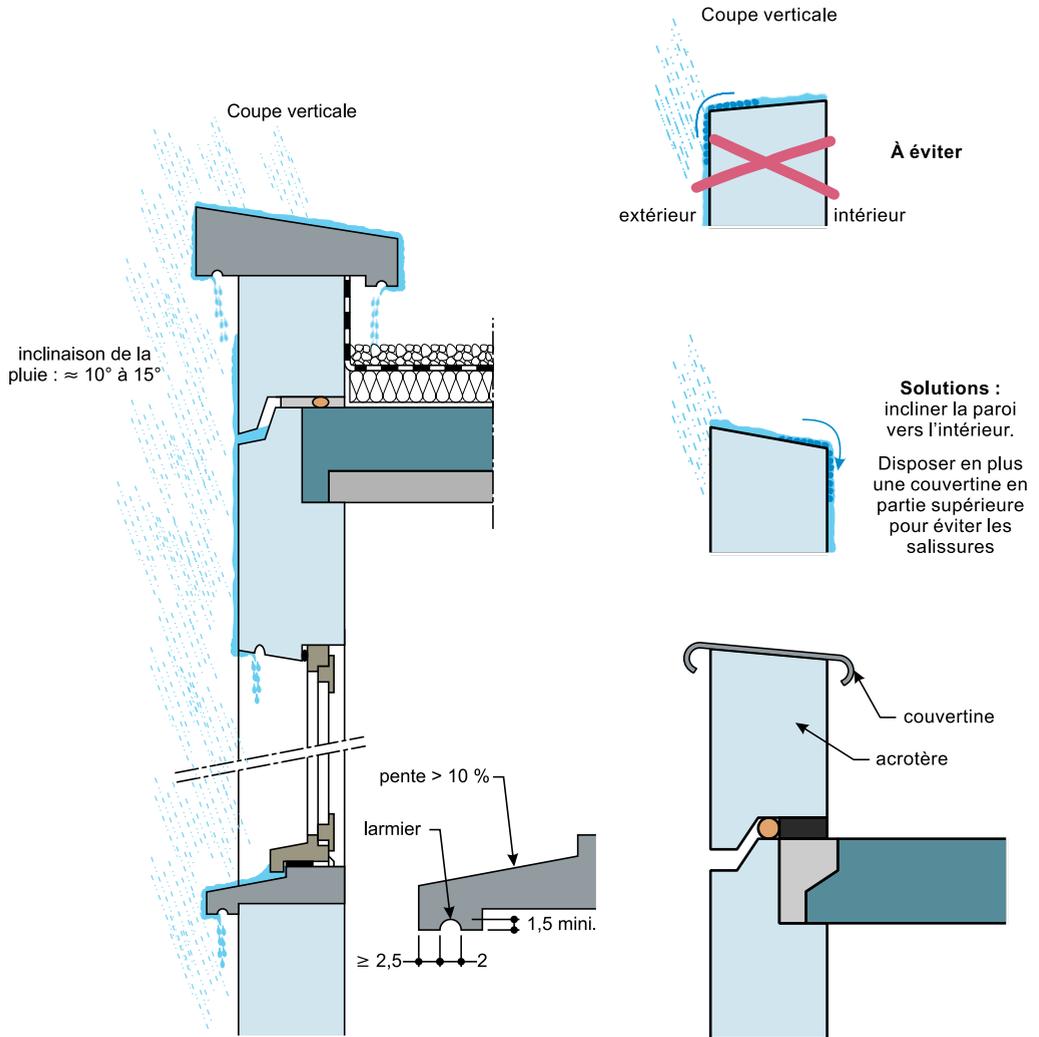
■ *Dispositifs de rejets d'eau*

Pour de grandes façades exposées à la pluie, il est conseillé de mettre en place de manière régulière (à chaque niveau par exemple) des systèmes de rejets d'eau tels que :

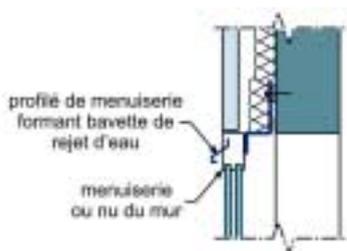
- des acrotères munis d'une couvertine débordante ;
- des corniches saillantes disposées en partie supérieure de l'édifice (cette partie pouvant être associée à l'acrotère) ;
- des bandeaux ou moulures saillantes ;
- des balcons qui écartent fortement la pluie de la façade ;
- des appuis de baies débordants ;
- enfin, tout système efficace pour éloigner l'eau de la façade.

Il convient d'incorporer en sous-face de ces dispositifs un larmier venant couper la continuité de ruissellement de l'eau.

Par ailleurs, il y a lieu d'éviter les formes propices à la stagnation de l'eau, favorables au développement de mousses telles que les saillies horizontales, en pente insuffisante ou en contre-pente.

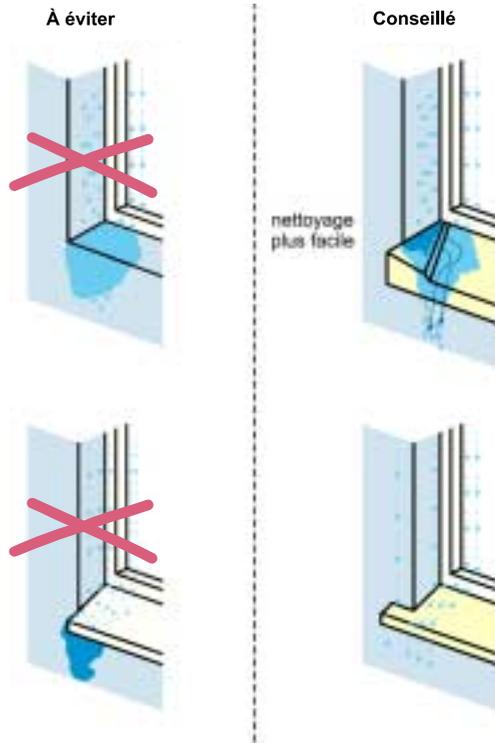


Principaux dispositifs de rejets d'eau.



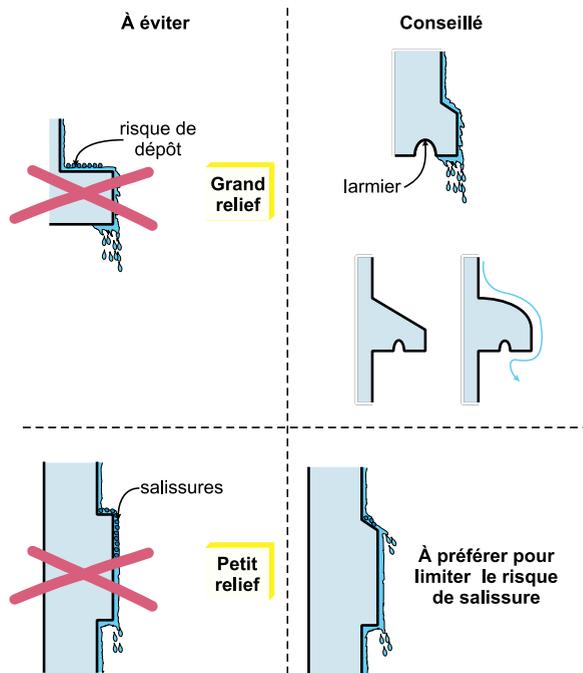
Nota

Pour les montages en mur rideau, il est impératif de mettre en œuvre des bavettes de rejet d'eau afin d'éviter le ruissellement de l'eau sur les vitrages et les menuiseries.



■ Formes géométriques des modénatures

En plus de leur aspect architectural, les modénatures peuvent être employées pour faciliter le rejet de l'eau de pluie. Les règles simples présentées ici sous forme de schémas explicatifs doivent permettre d'aboutir à ce résultat.





*Brigitte Hellin et Hilda Sebbag,
Institut universitaire de formation des maîtres (IUFM), Rennes.
Façade constituée d'éléments de parement en béton poli de
10 cm d'épaisseur, avec des briques de verre en incrustation.*

Principales familles d'éléments architecturaux

5.1 Classification

5.2 Les panneaux et voiles verticaux

- 5.2.1 Panneaux pleins ou nervurés
- 5.2.2 Panneaux sandwiches à voiles solidaires
- 5.2.3 Panneaux sandwiches à voile extérieur librement dilatable
- 5.2.4 Critères pour le choix d'un type de panneau

5.3 Les éléments de structure

5.4 Les éléments de toiture

5.5 Les escaliers

5.6 Les garde-corps, balustrades et jardinières

5.7 Les éléments de modénature

5.8 Les éléments pour le génie civil

- 5.8.1 Les parois et murs de soutènement
- 5.8.2 Les murs antibruit
- 5.8.3 Les éléments d'ouvrage d'art

5.9 Les produits pour les aménagements urbains et paysagés

5.1 Classification

Les éléments architecturaux utilisés en bâtiment ou en génie civil sont habituellement classés selon trois critères : forme géométrique, constitution interne de la partie courante, fonction mécanique remplie. Cette classification est celle habituellement utilisée par les textes de référence [norme P 10-210 (DTU 22-1), prescriptions techniques du GS1, règles BAEL 91].

■ *Formes géométriques*

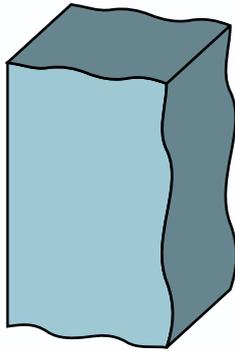
- **Éléments linéaires** : poutres et poteaux.
- **Éléments surfaciques** : dalles horizontales, voiles ou panneaux verticaux. Ils constituent la majorité des éléments architecturaux. On les emploie en particulier en bâtiment pour la réalisation de l'enveloppe, constituée d'une gamme de produits définis lors de l'opération de calepinage, comprenant par exemple : panneaux pleins, panneaux baies, allèges, trumeaux, linteaux, acrotères, garde-corps, etc. Ces éléments sont de plus en plus utilisés aujourd'hui, pour leur qualité esthétique, comme produits d'habillage et de décoration.
- **Éléments tridimensionnels** : il s'agit d'ensembles structuraux tels que loggia, éléments de coursive, acrotères, etc. Leur emploi est économiquement intéressant pour la facilité de mise en œuvre qu'il procure. Il faut toutefois envisager une répétitivité d'emploi suffisante pour permettre d'amortir le moule de fabrication.

■ *Constitutions internes*

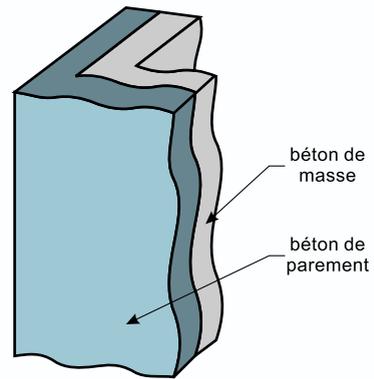
- **Éléments monocouches**, de formes simples ou nervurées.
- **Éléments bicouches**, alliant plusieurs bétons : un béton de masse et un ou plusieurs bétons de parement (cette solution permet de minimiser le coût des éléments en optimisant l'emploi du béton de parement, plus onéreux que le béton de masse associé).

• **Éléments sandwichs**, alliant plusieurs matériaux (ils sont surtout utilisés en éléments de façade et offrent un bon compromis coût-performances dans le secteur industriel et dans celui de l'habitat). Deux technologies sont possibles :

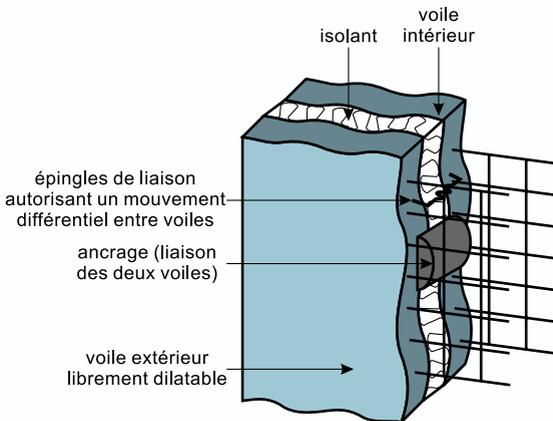
- le panneau sandwich à voiles solidaires,
- le panneau sandwich à voile extérieur librement dilatable.



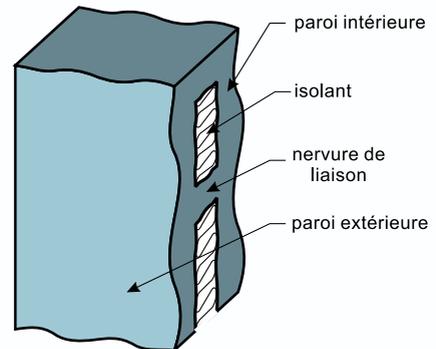
Élément plein ou monocouche.



Élément bicouche.



Élément sandwich à voile extérieur librement dilatable.

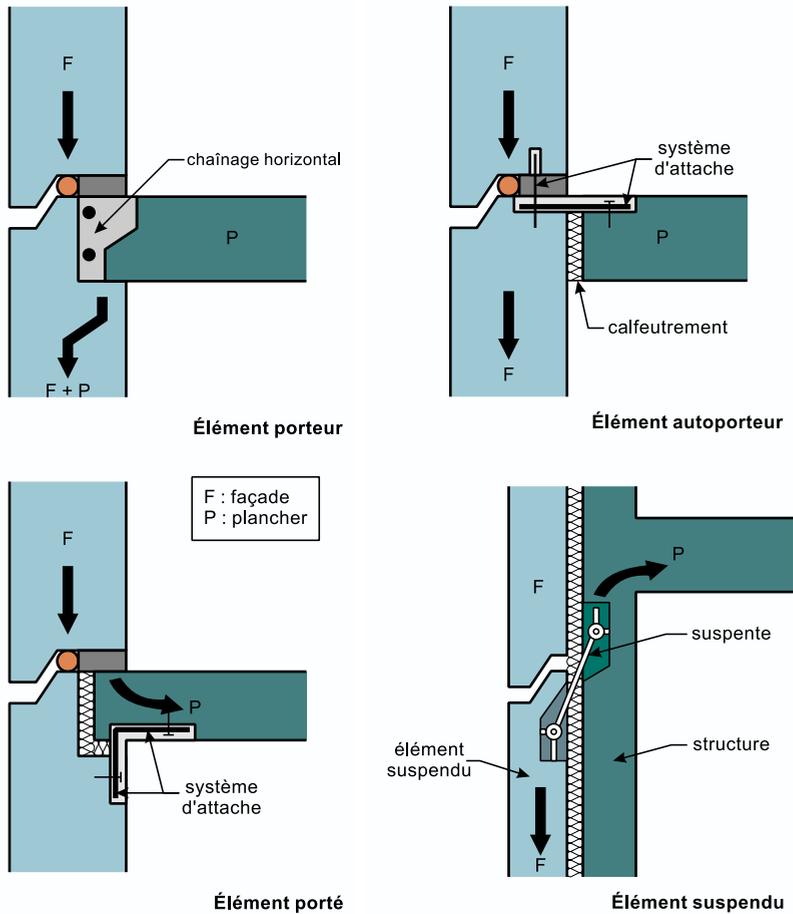


Élément sandwich à voiles solidaires.

Classification selon la constitution interne.

■ Fonction mécanique

On distingue, pour les façades en particulier, les éléments porteurs, autoporteurs, portés ou suspendus.



Classification selon la fonction mécanique.

Nota

Selon l'emploi visé, les éléments architecturaux peuvent être conçus pour contribuer à d'autres fonctions techniques importantes, telles que :

- la tenue aux séismes ;
- l'isolation thermique (intégrée ou rapportée, avec prévention des condensations) ;
- l'étanchéité à l'air et à l'eau ;
- l'isolation acoustique aux bruits extérieurs et intérieurs ;
- la sécurité incendie ;
- la qualité d'aspect.

5.2 Les panneaux et voiles verticaux

Ils constituent la plus importante famille d'éléments architecturaux utilisés. Les panneaux sont classés en quatre sous-familles selon leur constitution interne :

- panneaux pleins ;
- panneaux nervurés ;
- panneaux sandwichs à voiles solidaires ;
- panneaux sandwichs à voile extérieur librement dilatable.

Fonction mécanique offerte :

ils peuvent être porteurs, auto-porteurs, portés ou suspendus.

Principaux types d'assemblage :

voir le chapitre 4.



*Daniel Kahane,
ZAC Didot.
Éléments de façade
portés mis en œuvre
en fin de gros œuvre.*



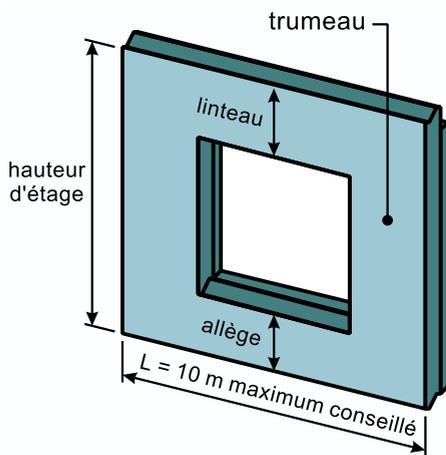
*Daniel Kahane,
EDF, Rueil.
Éléments de façade porteurs
mis en œuvre à l'avancement
du chantier.*



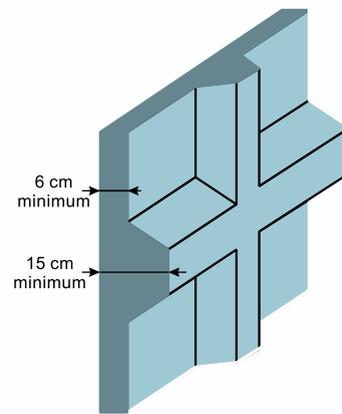
5.2.1 - Panneaux pleins ou nervurés

■ Géométrie

- Épaisseur (voir la courbe ci-dessous)
 - panneau plein : 12 cm minimum en élément porteur, 8 cm en non porteur ;
 - panneau nervuré permettant d'alléger le poids du produit : 6 cm en partie courante, 15 cm au droit des nervures.



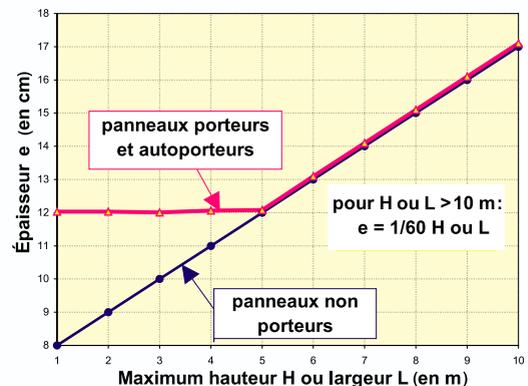
Panneau plein.



Panneau nervuré.

- Longueur maximale : de l'ordre de 10 m. Des longueurs plus importantes allant jusqu'à 12 m peuvent être envisageables.

- Hauteur : une hauteur d'étage, avec possibilité de compléter l'élément par un acrotère ou une retombée (plusieurs hauteurs d'étage sont envisageables avec un assemblage de liaison à chaque passage de plancher).



Épaisseur recommandée pour un panneau.

■ Certification

Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine.

■ Textes de référence

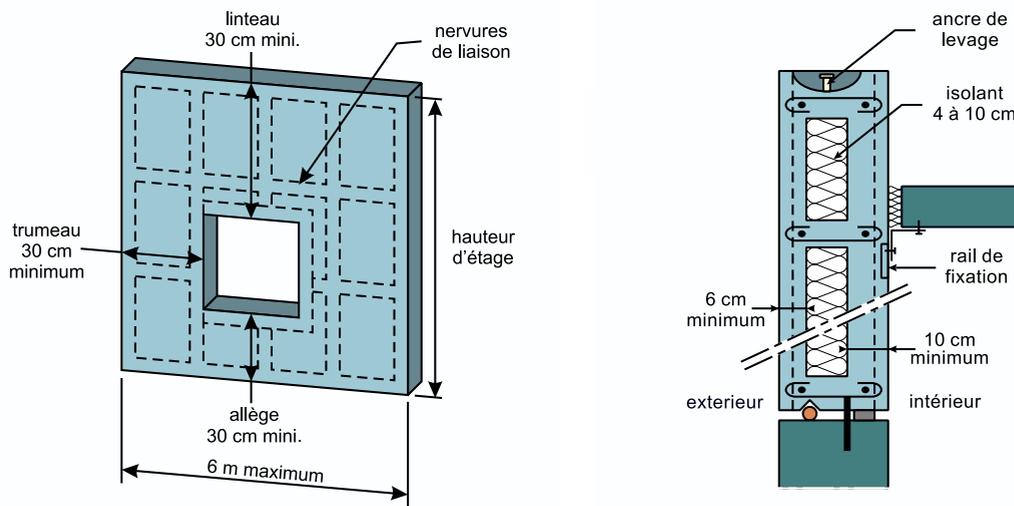
- P 10-210 « DTU 22.1. Travaux de bâtiment. Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire. Constituée par NF P 10-210 partie 1 : cahier des clauses techniques
NF P 10-210 partie 2 : cahier des clauses spéciales ».
- *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine.*

5.2.2 - Panneaux sandwichs à voiles solidaires

Les éléments de ce type sont considérés comme non traditionnels et peuvent faire l'objet d'un avis technique délivré par le Groupe spécialisé n° 1 (GS1). Ils sont la plupart du temps employés comme éléments de mur pour bureaux ou bâtiments industriels.

Ils peuvent être autoporteurs ou portés, avec une isolation thermique intégrée. Selon la région, une isolation thermique complémentaire peut être nécessaire pour corriger les ponts thermiques au niveau des nervures de liaison.

Ce sont des éléments d'un bon rapport coût-performances.



■ Géométrie

- Épaisseur : variable, selon l'isolation intégrée.
- Longueur maximale : 6 m.
- Hauteur : environ une hauteur d'étage (possibilité d'intégrer un acrotère).

■ Certification

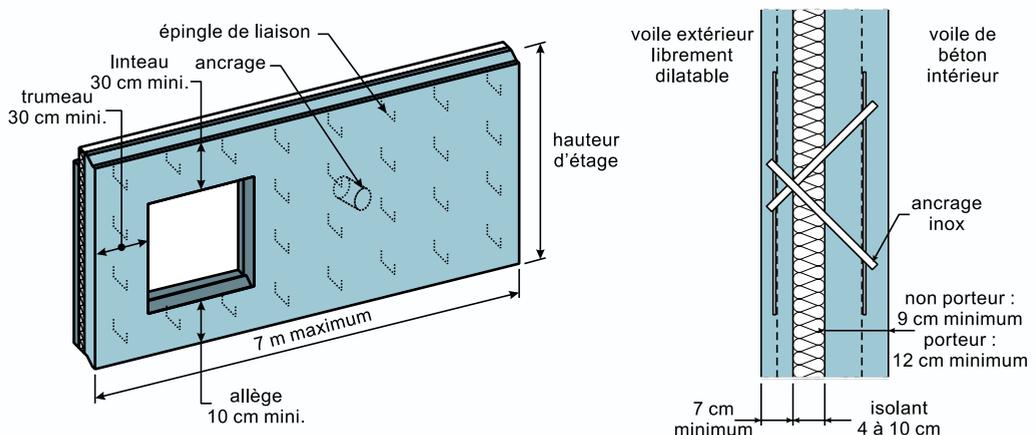
Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine.

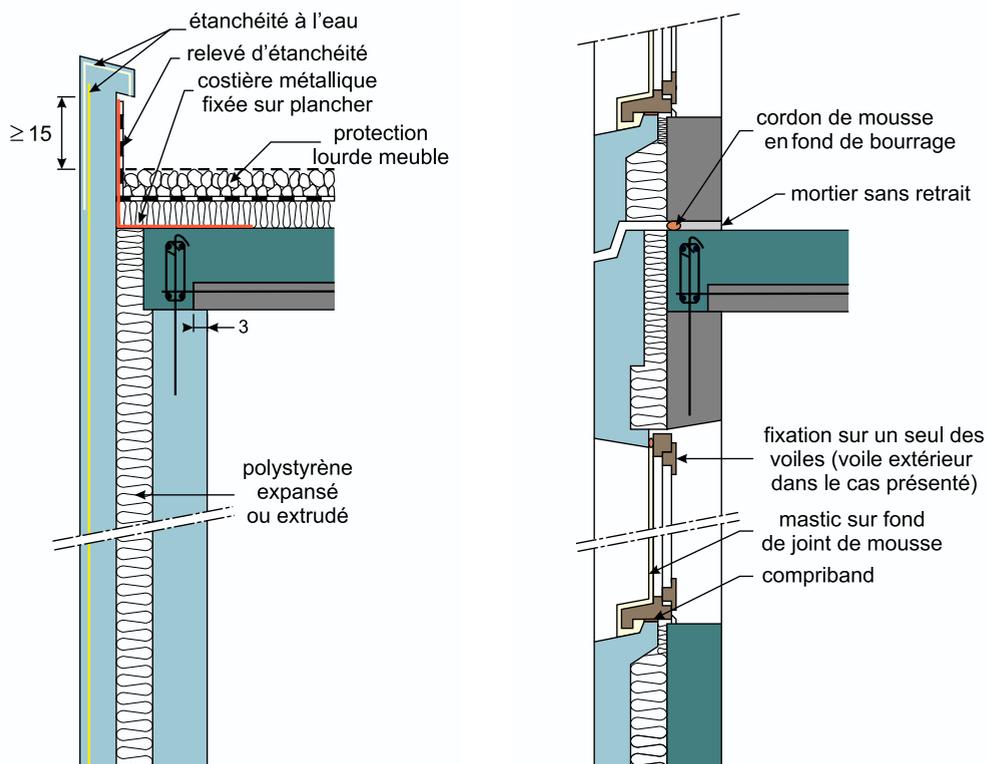
■ Textes de référence

- Prescriptions techniques communes aux procédés de gros œuvre du Groupe spécialisé n° 1.
- *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine.*

5.2.3 - Panneaux sandwichs à voile extérieur librement dilatable

Ces éléments sont considérés comme non traditionnels et peuvent faire l'objet d'un avis technique délivré par le Groupe spécialisé n° 1. Ils permettent d'obtenir une bonne isolation thermique intégrée au panneau. Le voile librement dilatable côté extérieur supprime pratiquement tous les ponts thermiques (en particulier





ceux de la liaison façade-plancher). Ils sont en général porteurs et offrent également un bon comportement acoustique. Leur emploi est limité à des éléments plans ou de faible courbure. Les joints du voile extérieur doivent garantir la libre dilatation (un jeu de 1 à 1,5 cm environ est à prévoir entre parois mitoyennes ; il est à vérifier au montage). Ces éléments sont d'un bon rapport coût-performances et offrent une bonne durabilité.

■ Géométrie

- Épaisseur : variable selon l'isolant intégré.
- Longueur maximale : 7 m.
- Hauteur : environ une hauteur d'étage (possibilité d'intégrer également un acrotère (voir la figure).
- Particularités de mise en œuvre : la fixation des éléments d'ouvertures (portes, fenêtres) doit respecter la libre dilatation des deux voiles. Deux solutions sont utilisables :
 - dormant fixé mécaniquement sur le voile extérieur ; cette disposition est préconisée pour des ouvertures appartenant à un seul panneau (joint extérieur peu sollicité aux déformations) ;
 - dormant fixé sur le voile intérieur ; cette solution est à utiliser lorsque l'ouverture est à cheval sur deux panneaux (prise en compte de la dilatation contraire des voiles extérieurs).

■ **Certification**

Qualif-IB éléments architecturaux en béton fabriqués en usine.

■ **Textes de référence**

- Prescriptions techniques communes aux procédés de gros œuvre du Groupe spécialisé n° 1.
- *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine.*

5.2.4 - Critères pour le choix d'un type de panneau



*Jacques Ripault, logements Quai-de-la-gare, Paris.
Lames horizontales contribuant à l'isolation acoustique du bâtiment.*

Choix selon la fonction mécanique utilisée

Type d'élément (constitution interne) Fonction mécanique	Voile plein	Voile nervuré	Panneau sandwich à voiles solidaires	Panneau sandwich à voile extérieur librement dilatable
Porteur	Oui	Oui. Permet d'alléger l'élément (facilité de transport et de mise en œuvre)	Oui	Oui
	Pas de surcoût pour la fonction porteuse, mais mise en œuvre devant suivre le gros œuvre			
Autoporteur	Oui	Oui. Permet d'alléger l'élément (facilité de transport et de mise en œuvre)	Oui	Oui
	Montage séquentiel (en fin de chantier). Meilleure planification. Pas de risques de salissures			
Porté ou suspendu	Oui	Oui	Non	Non
	Montage séquentiel (en fin de chantier). Meilleure planification. Pas de risques de salissures			

Choix selon la fonction technique recherchée*

Type d'élément (constitution interne) Fonction technique	Voile plein	Voile nervuré	Panneau sandwich à voiles solidaires	Panneau sandwich à voile extérieur librement dilatable
Tenue au séisme	Dimensionnement spécifique à prévoir (organisation des volumes du bâtiment, armatures complémentaires et joints appropriés)			
Isolation thermique	Rapportée intérieurement ou extérieurement		Intégrée (risques de ponts thermiques)	Intégrée (aucun pont thermique). Très bon confort d'hiver et d'été
Isolation acoustique	Assurée (loi de masse)		Assurée (loi de masse, ressort, masse)	
Sécurité incendie	Classification comme matériau incombustible pour le béton. Choix des isolants selon les règles de l'art			
Durabilité	Assurée avec les dispositions suivantes : forme des éléments facilitant le ruissellement ; emploi d'éléments spéciaux (acrotères, corniches) ; emploi d'un hydrofuge limitant la profondeur de carbonatation ; produits de protection facilitant l'entretien (antigrafitti par exemple)			

* Voir également l'annexe 2

5.3 Les éléments de structure

Les éléments linéaires de structures (poteaux et poutres) ainsi que les éléments de type dalles permettent de constituer l'ossature de la construction. Ces éléments sont en général porteurs et réalisés en béton armé ou précontraint. Ils peuvent également être employés comme éléments de coffrage pour réaliser des structures d'une grande qualité esthétique et compétitive sur le plan économique.



*SCPA François Marchand,
Daniel Relave et Ewa Bordas,
Hôtel des finances, Meaux.
Éléments structuraux associant
bétons brut, sablé et bouchardé.*

■ Principaux types d'assemblage

- Appuis simples.
- Appuis simples avec transfert d'efforts de cisaillement.
- Assemblages de continuité.
- Articulations utilisées généralement entre poteaux et poutres.
- Encastremets (avec transfert d'un moment) utilisés principalement en fondation.

■ Certification

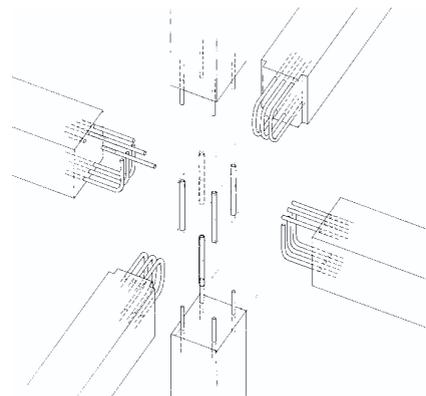
Produits sous avis techniques : certification CSTBAT délivrée par le CSTB.



Jean-Jacques Morisseau et Partenaïres, Centre culturel, Albertville. Éléments de structure en béton sablé.



3A – Durand-Ménard-Thibault, Crédit industriel de l'ouest, Nantes. Pour la réalisation de cette structure en béton poli, toutes les poutres sont descendues verticalement à leur position définitive, aucun déplacement transversal n'étant possible. Un micro-béton sans retrait est coulé en final dans le volume de scellement constitué par les abouts des différents éléments.



■ Textes de référence

- P 18-702 « Règles BAEL 91 – Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites. »
- Cahier des prescriptions techniques planchers, pour les produits relevant de la procédure d'avis technique du GS3.
- Cahier des prescriptions techniques structures, titre I, pour les produits relevant de la procédure d'avis technique du GS3.

5.4 Les éléments de toiture



*Christian de Portzamparc,
Palais de justice, Grasse.
Éléments de surtoiture en béton coloré.*

Ce sont des éléments porteurs assurant à eux seuls, ou par l'adjonction d'autres matériaux, les fonctions suivantes :

- résistance et stabilité ;
- sécurité en cas d'incendie ;
- étanchéité.

Ces éléments remplissent d'autres fonctions qui relèvent du confort des occupants :

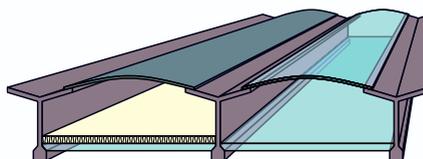
- éclairage zénithal ;
- isolation acoustique.

Ils confèrent une grande esthétique intérieure et d'ensemble à la construction.

Les éléments destinés à la couverture des locaux de grande dimension (bâtiment industriel, hall, bâtiment de prestige) sont généralement réalisés en béton précontraint. Leur portée va de 15 à 30 m.

■ **Formes géométriques**

Les éléments suivants sont utilisés pour la réalisation des toitures :



- pannes formant chéneau : elles peuvent être jointives ou séparées par des dômes translucides ;

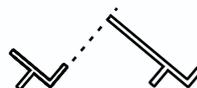
-
- éléments plissés, hauteur de 0,70 m à 0,85 m ;



-
- éléments en T évidés, largeur de 2,50 m en moyenne, ils peuvent être disposés en shed ;



-
- éléments nervurés à double pente, largeur d'environ 2,50 m ;



-
- éléments de coque, épaisseur des voiles de 6 cm minimum.



■ **Assemblages**

Ce sont en général des appuis simples brochés de manière à permettre la libre dilatation de ces éléments soumis à des écarts de température entre leur face supérieure et leur face inférieure.

■ **Textes de référence**

- P 18-702 « Règles BAEL 91 – Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites. »
- P 18-703 « Règles BPEL 91 – Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint selon la méthode des états limites. »
- P 06-002 « Règles NV 65 et annexes - Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes - Règles N 84 action de la neige sur les constructions. »
- P 06-006 « Règles N 84 - Actions de la neige sur les constructions. »
- P 84-204 « DTU 43.1. Travaux de mise en œuvre. Travaux d'étanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie. »

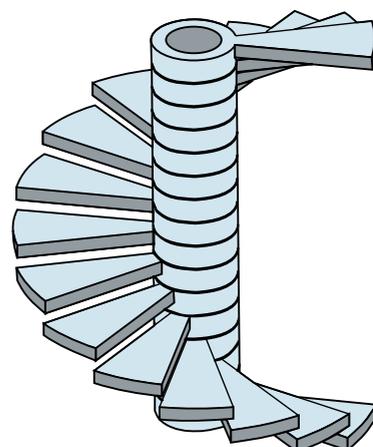
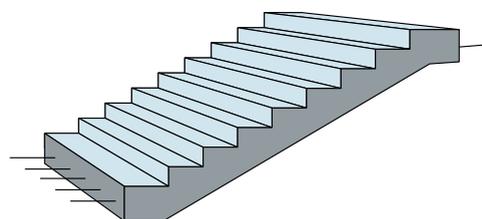
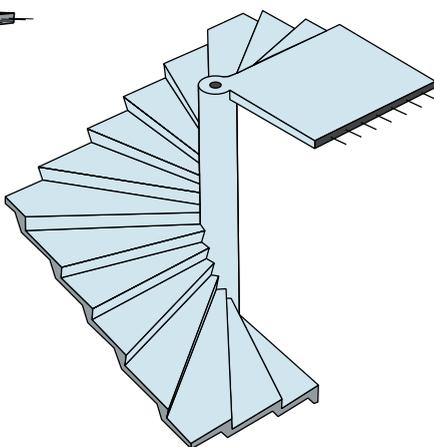
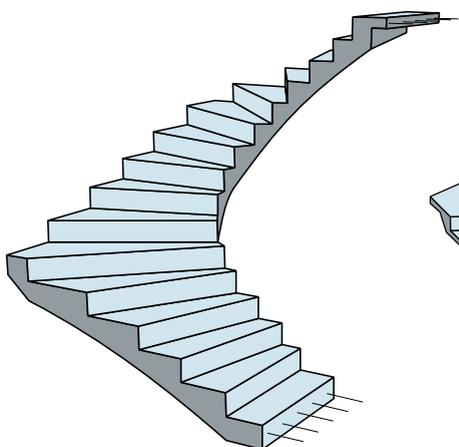
5.5 Les escaliers

Ils sont classés en deux grandes sous-familles :

- les escaliers monoblocs constitués d'une volée ou d'une fraction de volée (un quart, un tiers, un demi) ;
- les escaliers à marches indépendantes assemblées entre elles ou sur une ossature assurant la stabilité de l'ensemble.

■ Géométrie

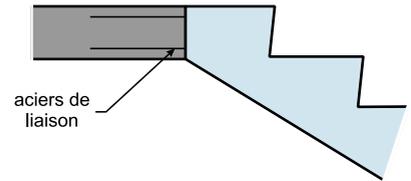
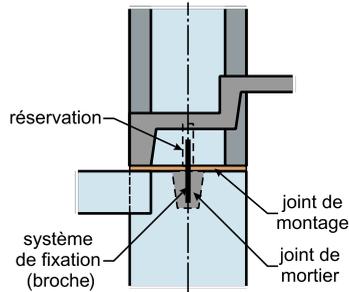
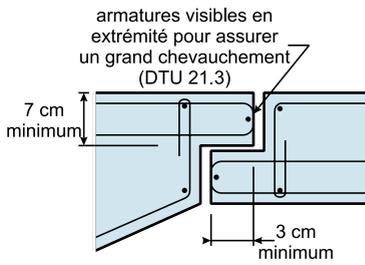
Leur forme permet de les diviser en trois grandes catégories : droits, hélicoïdaux, balancés.



Principales géométries des escaliers.

■ Principaux types d'assemblages

- Appuis simples.
- Assemblages bétonnés avec armatures en attente.
- Assemblages brochés.
- Assemblages spéciaux de désolidarisation antibruit.



Différents types d'assemblages utilisés en escalier.

■ Textes de référence

• Dimensionnement mécanique

- P 18-702 « Règles BAEL 91 – Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites. »
- P 19-201 « DTU 21.3 – Dalles et volées d'escalier préfabriquées, en béton armé, simplement posées sur appuis sensiblement horizontaux. »
- NF P 87-301 « Escaliers – Marches et contremarches en béton de ciment pour volées droites. »

• Sécurité d'utilisation

- Code de la construction et de l'habitat, article R 111-5 et NF S 90-311 « Dimensions d'encombrement d'un brancard ».
- Arrêté du 24/12/80 « Accessibilité des habitations aux handicapés ».
- Arrêté du 31/03/94 « Accessibilité des établissements recevant du public aux handicapés ».
- Code du travail, articles R 232 et R 235.

• Sécurité incendie

- Arrêté du 31/01/86 « Bâtiments d'habitation ».
- Arrêté du 25/06/80 « Établissements recevant du public ».
- Code du travail, articles R 232 et R 235.

■ Certification

Procédure de certification Qualif-IB en cours de mise en place.



Escalier hélicoïdal monobloc avec garde-corps incorporé.

5.6 Les garde-corps, balustrades et jardinières

Ces éléments peuvent être monoblocs ou en kit. De nombreuses formes de balustres permettent de répondre aux contraintes architecturales du projet, en neuf comme en réhabilitation. Ils sont réalisés la plupart du temps en béton blanc, avec une finition d'aspect pierre.

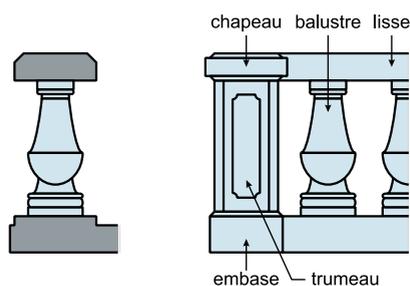
Les jardinières de balcon peuvent également remplir le rôle de garde-corps lorsqu'elles respectent les contraintes dimensionnelles définies par la norme NF P 01-012.

■ Géométrie

Leur hauteur et leur épaisseur sont définies par la norme NF P 01-012.

■ Principaux types d'assemblage

- Appuis simples (assemblages au mortier ou mortier colle).
- Assemblages bétonnés avec armatures en attente.
- Assemblages brochés.
- Assemblages boulonnés.



Exemple de profil de garde-corps.



■ Textes de référence

- NF P 01-012 « Dimensions des garde-corps. Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier. » (en cours de révision).
- NF P 01-013 « Essais des garde-corps – Méthodes et critères ».

5.7 Les éléments de modénature

La modénature de la façade peut être réalisée à partir d'éléments simples venant compléter la forme générale de l'enveloppe : règles, bandeaux, corniches, acrotères, génoises, solins, corbeaux, meneaux, colonnades. Une autre technique souvent complémentaire consiste à associer des bétons de teintes et de textures différentes.



*Régis Barrot, Maison du Temps libre, Paray-Vieille-Poste.
Panneaux de façade en béton poli noir et blanc, côte à côte et sans faux joint.*

Les éléments de modénature sont judicieusement utilisés pour masquer les joints structuraux ou définir une trame visuelle particulière (faux joints). Outre leur fonction esthétique, ils participent à la protection de la façade contre les intempéries (emploi de bandeaux, solins, acrotères, corniches, munis de larmiers permettant d'éviter le ruissellement de la pluie sur le parement). Ils peuvent être incorporés à l'élément principal de façade ou rapportés par fixation mécanique ou assemblage au mortier.



*Claude Parent, Hôtel de région, Marseille.
La modénature de cette façade permet de masquer les joints entre les éléments.*

Ces solutions sont très utilisées aujourd'hui en réhabilitation ou associées à des parties coulées en place. Les éléments de modénature rapportés peuvent être réalisés à la demande ou disponibles parfois sur catalogue. Les bétons utilisés sont très divers (bétons de fibres, de résine par exemple) et leur finition fait appel à toutes les techniques habituelles.



*Atelier d'architecture Chaix-Morel et associés : Philippe Chaix, Jean-Paul Morel, Remy Van Nieuwenhove, Technocentre Renault, Guyancourt.
Lignes horizontales d'allèges en béton préfabriqué rythmées par les cages d'escalier également préfabriquées.*

5.8 Les éléments pour le génie civil

5.8.1 - Les parois et murs de soutènement

En soutènement, deux types d'éléments en béton armé sont généralement utilisés :

- les parois de soutènement : elles peuvent être constituées de plaques ou « écailles » associées à des tirants ou enfichées directement dans le sol sur une hauteur d'ancrage permettant d'équilibrer les efforts de poussée ;
- les murs de soutènement : ils transmettent au sol les efforts de poussée (dus notamment à la terre) par l'intermédiaire d'une fondation. Ces éléments peuvent, compte tenu de leur stabilité propre, être utilisés aussi bien pour retenir des terres que pour stocker des matériaux d'origine diverse.

Les ouvrages sont constitués d'éléments juxtaposés, liaisonnés ou non entre eux et associés ou non à une fondation. Leur hauteur est en général inférieure à 5 m pour les ouvrages courants. La paroi verticale ou « voile » peut présenter ou non un fruit, être inclinée par rapport à la semelle ou encore être renforcée par des contreforts.

■ Formes géométriques

- Paroi simple.
- Mur en L.
- Mur en T inversé.

■ Pose des éléments

- Remblaiement : cette opération nécessite un soin particulier de la part de l'opérateur. Elle doit se faire par couches régulières, bien compactées.
- Drainage : il doit être assuré à l'arrière du mur. L'évacuation des liquides drainés est effectuée au moyen de tuyaux ou de barbacanes.
- Assemblages : liaisons mécaniques, assemblages bétonnés avec armatures en attente.
- Joints entre éléments : joint souple extrudé, joints préformés.

■ Certification

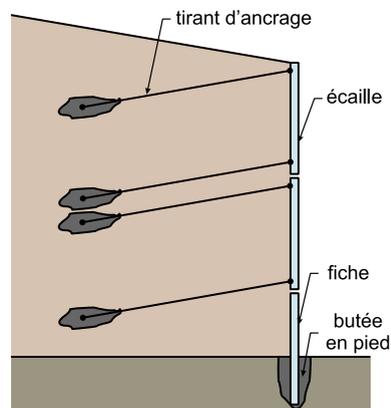
Qualif-IB produits d'environnement.

■ Textes de référence

- Eurocode 7 « Géotechnique », partie 1, règles générales.
- Cahier des charges référentiel FIB des produits d'environnement en béton.



Autoroute A 40. Mur de soutènement en éléments préfabriqués en béton.

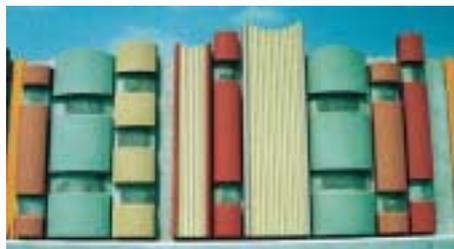


Principes de mise en œuvre d'un mur écaillé.

5.8.2 - Les murs antibruit

Pour protéger les populations des sources sonores provenant des infrastructures routières et ferroviaires, une solution consiste à mettre en place des murs antibruit, ou écrans acoustiques. Leur rôle est à la fois d'atténuer le bruit transmis à l'environnement et de limiter le bruit réfléchi vers la source.

Ces écrans peuvent présenter une faible inclinaison par rapport à la verticale et remplir une fonction de soutènement. Ils sont souvent réalisés en parement absorbant constitué, par exemple, d'un béton de bois, de billes de liège, d'argile expansée, etc.



Laurent Barbier, écran phonique, déviation RN 10, Angoulême.

■ Réglementation

Pour la construction des voies routières nouvelles et la transformation significative des voies existantes, le décret du 09/01/95 fixe les dispositions à respecter.

L'arrêté interministériel du 05/05/95 relatif au bruit du trafic routier précise les règles à appliquer et les niveaux sonores minimaux admissibles en façade, en fonction de la destination des bâtiments.



D'un point de vue technique, les écrans acoustiques doivent permettre de protéger les riverains situés derrière et devant l'écran. Ces éléments doivent donc présenter deux caractéristiques acoustiques :

- l'absorption ;
- l'indice d'affaiblissement.

Mur antibruit sur l'autoroute A 13, Garches.

■ Normalisation

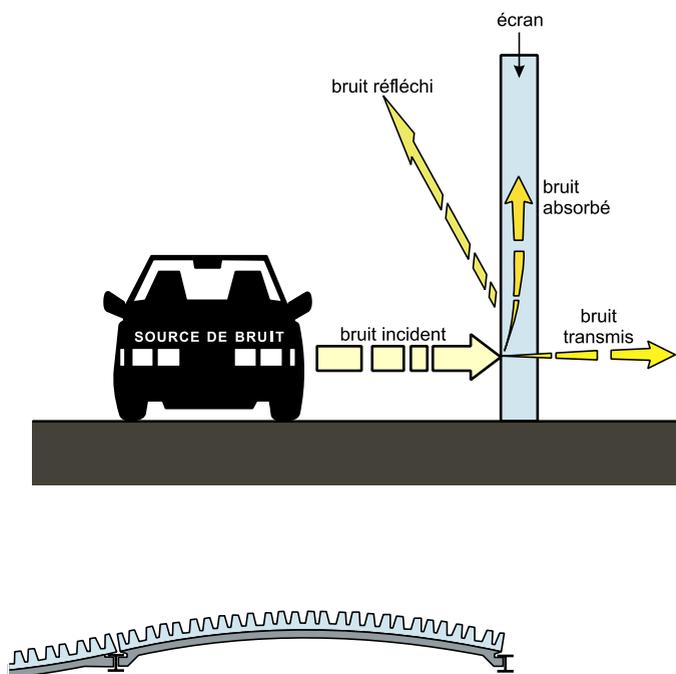
- Normes relatives aux écrans :
 - NF EN 1793-1 « Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. Partie 1 : caractéristiques intrinsèques relatives à l'absorption acoustique. »
 - NF EN 1793-2 « Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. Partie 2 : caractéristiques intrinsèques relatives à l'isolation aux bruits aériens. »
- Norme relative aux ouvrages :
 - NF S 31-089 « Acoustique. Code d'essai pour la détermination des caractéristiques acoustiques d'écrans installés en champ libre ». Cette norme est applicable en attendant la parution des normes européennes en cours de rédaction.
 - NF P 98-481 « Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Performances non acoustiques – Partie 1 : Performances mécaniques et exigences en matière de stabilité. »
 - NF P 98-482 « Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Performances non acoustiques – Partie 2 : Prescriptions générales pour la sécurité et l'environnement. »



*Douillet et Ritz, déviation de La Bergue (74).
Mur antibruit avec bardage absorbant.*

■ Autre texte de référence

Recommandations techniques pour la définition des cahiers des charges en matière d'écrans acoustiques ; ouvrage édité par le CERTU.



Éléments antibruit en forme d'onde.

5.8.3 - Les éléments d'ouvrage d'art

Beaucoup d'éléments architecturaux sont employés lors de la finition de la construction de ponts (corniches, parapets) ou utilisés comme parois de coffrage pour la réalisation de piles de pont et de viaduc, ou bien encore de voiles de soutènement. La mise en place d'un plan d'assurance qualité (PAQ) dans les unités de fabrication de ces éléments est obligatoire. Le *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine* sert habituellement de référence pour l'application de cette procédure (voir le chapitre 7).

■ Conception

Les éléments doivent satisfaire aux règles BAEL 91, ainsi qu'aux normes produits lorsqu'elles existent.

■ Mise en œuvre

Elle est réalisée selon les règles des fascicules 65 A, B et annexes.

*Cabinet Girard et Vahramian,
pont, La Minière
Éléments d'habillage.*



*SCPA Arretche - Karasinski,
passage dénivelé, Pont Charles-de-Gaulle
constitué d'éléments en béton poli.*

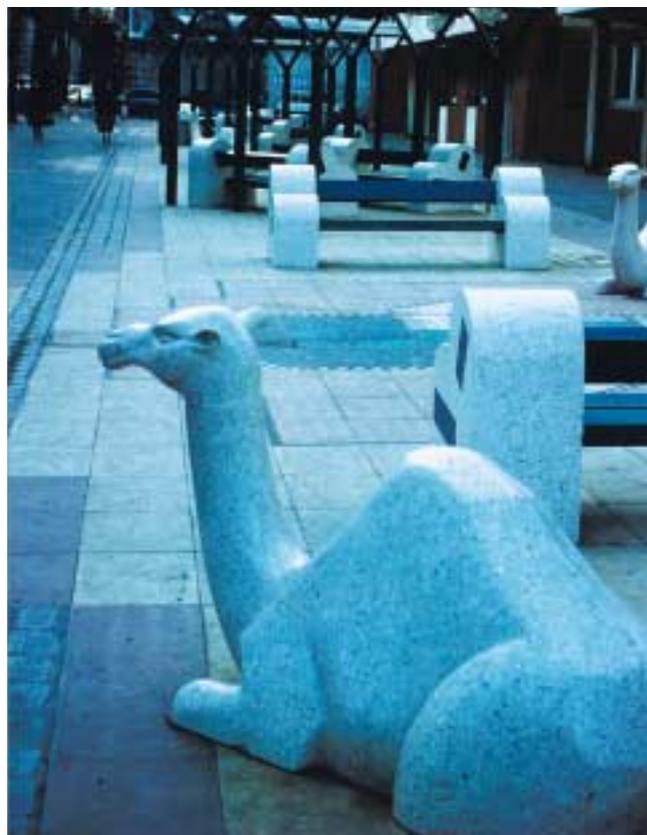
■ Textes de référence

- Norme P 98-405 « Barrières de sécurité routière. Garde-corps pour ponts et ouvrages de génie civil. Conception, fabrication, mise en œuvre. »
- Fascicules 65 A et B « Exécution des ouvrages en béton armé ou en béton précontraint par post-tension. »
- Norme P 18-702 « Règles BAEL 91 - Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé, suivant les méthodes des états limites. »

5.9 Les produits pour les aménagements urbains et paysagés

Les éléments de cette famille sont très diversifiés. On y trouve en particulier les jardinières, bornes, bancs publics, fontaines, colonnes d'affichage, lampadaires, sculptures, poubelles, tables, dallages, murs d'escalade, murets techniques, clôtures, bassins et fontaines, sanitaires, etc.

Le mobilier urbain en béton architectural offre une grande liberté d'expression : création de formes inédites ou issues d'un style existant, recherche d'aspects de surfaces innovants.



*Dromadaires,
Avenue Emile-Zola, Paris.*



*Sculpteur : M. Bahé.
Statues contemporaines, commissariat de Meaux.*

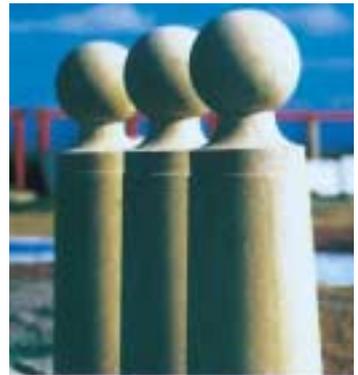
■ *Mise en œuvre*

Il n'existe pas de texte de référence relatif à la mise en œuvre du mobilier urbain. Les installations doivent se référer aux recommandations des fabricants.

■ *Maintenance*

Il convient de se reporter aux *Recommandations pour la maintenance du mobilier urbain en béton ou associé à d'autres matériaux*, ouvrage édité par la FIB. Ce document apporte des conseils au gestionnaire de site chargé de la maintenance du mobilier. Il traite des sujets suivants :

- maintenance préventive de surveillance ;
- maintenance préventive systématique ;
- nettoyage du béton ;
- traitement des taches sur le béton.



■ *Certification*

Qualif-IB produits d'environnement.





■ **Textes de référence**

- *Cahier des charges référentiel des produits d'environnement en béton.*
- NF P 99-610 « Mobilier urbain d'ambiance et de propreté. Bancs publics. Caractéristiques de robustesse et de stabilité des bancs publics ».
- *Recommandations pour la maintenance du mobilier urbain en béton ou associé à d'autres matériaux.* FIB, mars 1993.



■ **À consulter**

Aménagements urbains et produits de voirie en béton,
Cimbéton,
janvier 1997.



Éléments pour un CCTP

Lot éléments architecturaux en béton fabriqués en usine

- 1 - Objet
- 2 - Textes de référence relatifs
aux éléments architecturaux
- 3 - Documents et pièces à fournir
- 4 - Conception des éléments
- 5 - Choix du fabricant
- 6 - Réalisation des éléments
- 7 - Constituants du béton
- 8 - Conditions de réception en usine
- 9 - Conformité des éléments
- 10 - Marquage
- 11 - Stockage des pièces
- 12 - Transport et livraison des pièces
- 13 - Réception sur le chantier
- 14 - Manutention et stockage sur chantier
- 15 - Mise en place des éléments

Le texte qui suit constitue un cadre pour la rédaction du Cahier des clauses techniques particulières (CCTP) relatif à la construction d'ouvrages au moyen d'éléments architecturaux en béton. Le rédacteur l'adaptera en modifiant ou supprimant les articles proposés ci-dessous, en fonction du projet et des solutions envisagées.

CCTP

Lot éléments architecturaux en béton fabriqués en usine

1 - Objet

Ce document s'applique aux éléments architecturaux en béton fabriqués en usine et utilisés pour la réalisation d'ouvrages de bâtiment ou de génie civil. Il concerne la réalisation et la mise en œuvre de ces éléments.

2 - Textes de référence relatifs aux éléments architecturaux

- P 10-210 « DTU 22.1. Travaux de bâtiment. Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire. Référence commerciale des parties 1/2. Constituée par
NF P 10-210 partie 1 : cahier des charges
NF P 10-210 partie 2 : cahier des clauses spéciales. »
- « Prescriptions techniques communes aux procédés de mur ou de gros œuvre », *Cahier du CSTB n° 2 159*, livraison 279, mai 1987.

- Fascicule 65 A et additif « Exécution des ouvrages en béton armé ou en béton précontraint par post-tension (fascicule du CCTG applicable aux marchés publics). »
- Fascicule 65 B « Exécution des ouvrages de génie civil de faible importance en béton armé. »
- *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine*, FIB, 1996.
- Règlement particulier de la certification Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine, FIB, 1996.
- *Les Bétons de ciments blancs. Prescriptions techniques*, Bétocib, 1994.

3 - Documents et pièces à fournir

Documents et pièces à fournir	Réalisation		Validation
	par qui ?	quand ?	
Échantillons des parements et des tests de ragréages lorsqu'ils existent	industriel	à la signature du marché	architecte
Avis techniques des procédés utilisés, lorsqu'ils existent	architecte	à la signature du marché	-
Plan d'assurance qualité (PAQ) <i>Pour des éléments faisant l'objet de la certification Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine, le PAQ fait référence au règlement de la certification pour les spécifications couvertes par la certification et apporte les compléments nécessaires pour les autres</i>	industriel	à la signature du marché	-
Plan de calepinage définissant la géométrie, les dimensions, les traitements de surface de chaque élément	industriel	phase d'étude	architecte
Fiches de fabrication détaillées incluant, en plus des informations issues du calepinage, le plan de ferrailage établi par le BET *, les systèmes de fixation et les dispositifs de manutention	industriel, BET *	phase d'étude	architecte
Carnet d'assemblages et de joints	industriel	phase d'étude	architecte, BET*
Consignes de manutention et de stockage sur chantier, procédures de mise en œuvre par type d'élément	industriel	phase d'étude	entreprise
Planning d'exécution (établi en fonction du planning de mise en œuvre fourni par l'entreprise)	industriel	phase d'étude	entreprise, architecte

* Bureau d'études techniques de l'opération.

4 - Conception des éléments

Les éléments architecturaux en béton fabriqués en usine doivent être réalisés en respectant la totalité des critères de qualité techniques, dimensionnels et esthétiques souhaités.

En collaboration avec l'industriel fabricant, l'entreprise générale du présent lot met en place une procédure de maîtrise de la qualité concernant l'ensemble des tâches nécessaires à la réalisation des éléments préfabriqués avec leur étude, plans, adaptations, fabrication, transport.

L'annexe A du *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine* de la FIB sera utilisée pour préciser les exigences applicables aux éléments architecturaux.

L'annexe B du même Cahier des charges sera utilisée pour définir les parements employés. Un échantillon témoin sera réalisé pour chaque parement. Les échantillons témoins seront datés, identifiés et approuvés par la maître d'œuvre. Ils seront conservés pendant toute la durée de l'opération.

La formalisation de l'accord sur les échantillons témoins fait l'objet d'un procès-verbal d'acceptation établi et signé par les parties concernées, en conformité avec le *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine* de la FIB.

5 - Choix du fabricant

Le fabricant doit être soumis à l'acceptation du maître d'ouvrage selon les dispositions suivantes :

- les composants sont fabriqués dans une usine fixe, de préférence titulaire de la certification Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine ;
- la fabrication doit être couverte par un plan d'assurance de la qualité applicable aux éléments architecturaux en béton ;
- les références antérieures sont à indiquer lors de la remise de l'offre.

L'entreprise générale doit préciser, lors de la remise de son offre, le nom du fabricant à qui sera confiée la réalisation des composants préfabriqués. Le choix du fabricant est irréversible et ne pourra être mis en cause par l'entreprise générale lors de la mise au point du marché ou pendant le déroulement des travaux.

ANNEXE A

Grille de définition des exigences applicables aux éléments Architecturaux
Texte de Référence :

CAHIER DES CHARGES DES ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX EN BÉTON FABRIQUÉS EN USINE (09/96)

Référence :
Chantier :
Donneur d'ordre :
Nature des éléments :

1 - Classe de Tolérance Dimensionnelle
 (article 5.2 du cahier des charges)

A	<input type="checkbox"/>	B	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	---	--------------------------

2 - Catégorie d'état de surface (article 4.2)

Traité à l'état frais :	(*)
Brossé	
Lavé	
à l'état durci :	
Bouchardé	
Acidé	
Désactivé	
Eclaté	
Flammé-brûlé	
Poncé	
Grésé	
Poli	
Sablé	

Destiné à être peint ou revêtu

Revêtu

Brut contre moule

Durci-moule	<input type="checkbox"/>
Démoulage immédiat	<input type="checkbox"/>

Brut dessus de moule

Dressé	<input type="checkbox"/>
Taloché	<input type="checkbox"/>
Lissé	<input type="checkbox"/>
Feutré	<input type="checkbox"/>
Avec empreinte	<input type="checkbox"/>

(*) : préciser la (les) face(s) de l'élément recevant le traitement.
 Si un schéma est nécessaire à la compréhension, le joindre à la présente grille.

3 - Aspect de surface (article 5.3)

Référence de l'échantillon témoin :

Nuancier de référence	Teinte moyenne (surfaces destinées à rester vues)				
	Niveau de l'échelle				
	1	2	3	4	5
Gris "CIB"					
Gris					
Ocre					
Rouge					
Jaune sable					

Niveau de Qualité attendu			
Teinte		Texture	
pas d'exigence		pas d'exigence	
T(3)	<input type="checkbox"/>	E(1)	<input type="checkbox"/>
T(4)	<input type="checkbox"/>	E(2)	<input type="checkbox"/>
		E(3)	<input type="checkbox"/>
		E(4)	<input type="checkbox"/>
bullage moyen : échelle n°.....			
bullage concentré :%			

4 - Durabilité (article 5.4)

Résistance caractéristique du béton constitutif

30 MPa

Autre: MPa (si valeur supérieure à 30 MPa)

Absorption d'eau par remontée capillaire du béton

coefficient C moyen..... ≤ 3

aucune valeur individuelle..... > 3,5

Enrobage des armatures

Surface extérieure ou exposée aux intempéries : 25 mm Autres parties : 20 mm

Ouvrage exposé aux embruns ou brouillards salins - enrobage de la partie exposée mm (> 25 mm)

5 - Délai minimal de livraison (article 5.6) : jours après traitement

6 - Observation éventuelles

.....

.....

.....

Le : **à :**

Noms et signatures :

ANNEXE B

PROCÈS VERBAL D'ACCEPTATION DE PAREMENT EN BÉTON SUR ÉCHANTILLON

Texte de Référence:

CAHIER DES CHARGES DES ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX EN BÉTON FABRIQUÉS EN USINE (09/96)

Chantier (ouvrage) :

Donneur d'ordre :

DÉSIGNATION DES ÉLÉMENTS CONCERNÉS

- nature des éléments : **Quantité** :

- aspect de surface

. catégorie d'état de surface (Cf. art 4.2) :

. niveau de qualité spécifié (Cf. art 5.3.2.) : **Teinte : T3- T4 (*)**
Texture : E1- E2 - E3 - E4 - (*)

ÉCHANTILLON TÉMOIN

- dimensions : - référence :

- date de fabrication : - âge (après traitement) lors de l'examen : jours

EXAMEN

Texture			Homogénéité de la Teinte		Test de Réparation éventuel		
Anomalies	Conformité		Conformité		Type de réparation	Conformité	
	oui	non	oui	non		oui	non
bullage							
nids de cailloux							
fuite de laitance							
zone sableuse							
taches							
marbrure							

Nuancier de teinte choisi (Cf. art 5.3.1.2)

Référence :	niveau de teinte moyenne (*). 1 - 2 - 3 - 4 - 5
-------------	--

OBSERVATIONS ÉVENTUELLES

.....

.....

ACCEPTATION Le : à :

Noms et Signatures :

(*) rayer les mentions inutiles

6 - Réalisation des éléments

Le fabricant devra prévoir une visite de son unité de production pour permettre au maître d'ouvrage et au maître d'œuvre d'apprécier les conditions générales de fabrication (notamment les opérations de coulage et de finitions) et d'assurance de la qualité.

Les reprises et ragréages sont à proscrire. Néanmoins, et malgré les précautions prises, des réparations peuvent être nécessaires. Le fabricant définira et transmettra une méthodologie de réparation appropriée. Il procédera à des essais de réparation d'épaufrures sur un échantillon témoin qui devra être accepté par le maître d'œuvre.

L'usine aura un personnel adapté et une équipe spécialisée pour effectuer toute intervention sur le site en cas de réparation.

Il est bien entendu que le fabricant devra, à l'appui de son offre, fournir, en complément et dans les limites définies ci-dessous, les éléments suivants :

- l'étude des moules et matrices suivant l'expression architecturale des façades ;
- l'étude du nombre de moules et d'outillages pour répondre aux exigences du planning d'exécution ;
- l'étude de la composition des bétons.

■ *Plan d'assurance qualité*

De préférence, les éléments seront issus d'une usine titulaire de la certification *Qualif-IB éléments architecturaux en béton fabriqués en usine*. À défaut, la fabrication doit être réalisée selon un plan d'assurance qualité (PAQ) spécifique mis en place dans l'unité de production.

■ *Études*

Le fabricant doit fournir ou disposer de toutes les études relatives aux plans d'atelier (repérage, calepinage, carnet de détails, plans de coffrage et de ferrailage de chaque type d'élément).

■ *Moules*

Certaines pièces dont les séries ne dépassent pas une trentaine d'unités pourront être coulées dans des moules en bois. Au-delà, le fabricant utilisera des moules métalliques.

Le fabricant doit vérifier avant le bétonnage les points suivants :

- la conformité du moule vis-à-vis des exigences dimensionnelles et de parement ;
- la propreté des coffrages et la présence des cires de décoffrage ;
- la rigidité et l'étanchéité du moule ;
- la présence des dispositifs de sécurité du personnel ;
- la présence des dispositifs de calage et de stabilité du moule ;
- la conformité des arrêts de bétonnage et la présence des armatures de reprises de bétonnage ;
- la présence des réservations, fourreaux, inserts, mannequins, incorporations, décaissés, engravures, feuillures, etc.

■ **Armatures, inserts**

Les armatures principales seront façonnées suivant la fiche d'homologation des aciers utilisés.

Les épingles de levage et les aciers en attente seront de classe FeE235.

Les aciers incorporés aux bétons des éléments devront être parfaitement propres et exempts de toute trace de rouille pouvant par la suite tacher les parements.

Toutes les armatures seront de préférence soudées électriquement.

Toutes les incorporations nécessaires aux entreprises, en dehors de celles prévues dans le présent marché, sont mises en place au moment de la fabrication des pièces. Ces incorporations – fourniture et pose – sont à la charge des entreprises concernées.

Les différents inserts et douilles entrant en contact avec le béton ou les armatures des éléments doivent être de nature compatible sur le plan physico-chimique.

Le fabricant doit vérifier avant bétonnage la conformité des points suivants :

- les armatures (diamètres, nombre, enrobage, recouvrement, ancrages) ;
- la tenue du ligaturage ;
- la présence des réservations, fourreaux, inserts, etc. ;
- la présence des armatures de reprise de bétonnage ;
- la présence des dispositifs de manutention.

L'enrobage des armatures doit satisfaire aux exigences des règles FB pour le comportement au feu. Il ne doit pas être, en parement, inférieur à 2,5 cm. La valeur minimale d'enrobage permet le libre passage des granulats les plus gros pour l'obtention des parements souhaités.

■ **Bétonnage**

Le bétonnage fait l'objet des vérifications préalables ci-après :

- conformité du type de béton avec l'ouvrage concerné ;
- plasticité du béton ;
- stabilité, rigidité et étanchéité des moules concernés ;
- conformité des armatures et de leur calage (voir le paragraphe précédent).

Recommandations pour la mise en place du béton :

- serrage uniforme du béton mis en place avec les outils adaptés (table vibrante, vibreurs, aiguilles, etc.) ;
- diamètre des aiguilles défini en fonction de l'espacement des armatures et de l'épaisseur de l'élément ;
- respect des cycles de décoffrage prévus.

7 - Constituants du béton

■ **Ciment**

Le ciment doit être conforme à la norme NF P 15-301 qui définit principalement les différents types de ciments, leurs constituants, les classes de résistances ainsi que leurs désignations.

■ **Granulats**

Tous les granulats courants devront satisfaire à la norme XP P 18-540 (article 10 : « Bétons hydrauliques »).

Qualité et propreté : pour les bétons de parements, la norme P 18-597 s'applique.

Les granulats proviendront de roches stables, inaltérables à l'eau, à l'air et au gel.

Les granulats ne devront pas contenir d'impuretés telles que : charbon, pyrite, scories, gypse.

En règle générale, pour les bétons bruts de décoffrage, la dimension maximale des granulats ne devra pas dépasser 25 mm. Pour les bétons à traiter, la granulométrie sera fonction de l'aspect de surface recherché, de la densité des armatures incluses, de l'épaisseur de l'ouvrage et des résistances imposées.

■ **Sables**

Les sables seront de forme et couleur homogènes pour assurer une uniformité optimale de teinte et d'aspect. Ils auront une quantité suffisante et constante d'éléments fins et moyens.

L'équivalent de sable aura une valeur minimale de 75 pour les bétons de parement.

■ **Eau**

L'eau de gâchage devra répondre aux spécifications de la norme NF P 18-303. Elle ne doit pas contenir plus de 2 g de sels dissous par litre. De plus, il est important de s'assurer de l'absence de particules ferrugineuses en suspension.

■ **Adjuvants**

L'utilisation d'adjuvants sera admise dans les conditions suivantes : adjuvants admis à la marque NF-adjuvants ou conformes au DTU 21-4 (réalisation d'essais de convenance).

8 - Conditions de réception en usine

Le fabricant informera le maître d'œuvre de la réalisation de la première pièce et l'invitera à la réceptionner en usine. L'examen visuel doit être fait dans des conditions comparables aux conditions finales d'exposition des pièces (distance, inclinaison, etc.) en conformité avec le *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine*.

9 - Conformité des éléments

Les éléments réalisés doivent être conformes aux spécifications du *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine* et aux documents particuliers du marché.

■ **Tolérances dimensionnelles**

Elles seront conformes aux valeurs de la classe de précision mentionnée à la commande et définies dans le *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqué en usine*, paragraphe 5.2.1 « Dimensions ».

■ **Tolérances d'aspect**

Teinte : le maître d'œuvre définira avec le fabricant, à l'occasion de la réalisation des échantillons, les écarts de teinte admissibles en conformité avec le *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine*, paragraphe 8.3.

Bullage : le rebouchage est autorisé et ne devra pas être visible. Un bullage résiduel sera à définir avec le maître d'œuvre à partir du *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine*.

10 - Marquage

Chaque élément sera marqué avec les indications suivantes :

- identification de l'usine productrice ;
- date de fabrication et code de l'équipe responsable du moulage ;
- repérage de la pièce ;
- classes de performances : dimensions, teintes, textures ;
- marque de certification éventuelle.

11 - Stockage des pièces

Le fabricant disposera d'une aire de stockage suffisante et soigneusement entretenue. Il prendra toutes les précautions nécessaires à la bonne ventilation entre pièces et à leur conservation en état de propreté impeccable. Enfin, il s'assurera que le stockage garantit la sécurité des personnes et permet une pré-réception en usine.

12 - Transport et livraison des pièces

Toutes les mesures nécessaires seront mises en œuvre pour assurer une protection maximale des éléments pendant le transport. Elles seront comparables à celles prises sur l'aire de stockage. Une protection complémentaire contre les salissures pourra être exigée.

13 - Réception sur le chantier

Chaque élément doit être livré avec un bon de livraison comportant la déclaration de conformité aux spécifications de la commande. Il reproduit les indications du marquage, complétées par la mention du transporteur et la date de livraison.

Pour les éléments faisant l'objet de la certification Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine, l'apposition du sigle du certificat dispense de faire figurer la déclaration de conformité sur le bon de livraison et ne nécessite pas de contrôle de réception, dans la mesure où la certification couvre l'ensemble des spécifications de la commande.

Outre l'identification des éléments, la réception de ceux-ci par l'entreprise ou le maître d'œuvre comprend la vérification de non-dégradation ou dommages à la livraison sur chantier. Les dégradations doivent être mentionnées sur l'exemplaire du bon de livraison du transporteur.

14 - Manutention et stockage sur chantier

Les opérations de manutention, de stockage et de mise en œuvre devront se faire dans le respect des règles de sécurité applicables et selon les consignes de manutention et de stockage relatives aux éléments livrés.

15 - Mise en place des éléments

La mise en place, l'étalement des éléments ainsi que la réalisation des assemblages et joints sont à effectuer conformément aux spécifications mentionnées dans la procédure de mise en œuvre établie par type d'élément.

L'entreprise assurera la protection des parements destinés à rester apparents contre tout risque de salissure éventuel. Elle assurera également :

- le nettoyage et l'enlèvement de tous les gravats résultant des travaux ;
- le nettoyage de toutes les projections sur les parements destinés à rester apparents.

ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX EN BÉTON FABRIQUÉS EN USINE

CAHIER DES CHARGES

Édition de septembre 1996



FIB - ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX
pour la Construction

avec l'appui technique du CERIB
Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton

CERIB
BP 59 - rue des Longs Prés
92031 SERRON CÉDEX
tél : 02 37 15 40 00
fax : 02 37 33 63 46

SIB
5 rue Louis Léalard
92128 MONTCOUCÉ CÉDEX
tél : 01 49 65 09 09
fax : 01 49 65 08 61



Chapitre

7

Qualité et certification

7.1 Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine

7.2 Certification « Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine »

7.1 - Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine

Le *Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine*, édité par la FIB, définit la qualité technique de fabrication des éléments architecturaux. Il constitue aussi le référentiel technique de la certification de qualité des produits (Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine).

Il précise, en termes de performances (et non de moyens), les conditions permettant d'obtenir la qualité souhaitée par le client vis-à-vis de trois exigences :

- l'esthétique (aspect, teinte) ;
- la pose (tolérances dimensionnelles du produit, positionnement des inserts, des armatures notamment) ;
- la durabilité (enrobage des armatures, résistance mécanique du béton, absorption d'eau par capillarité notamment).

Pour chaque caractéristique, le Cahier de charges propose plusieurs niveaux de performances à sélectionner lors de la commande. Il spécifie aussi les techniques d'essais à adopter ainsi que les modalités d'identification des éléments.

Afin de faciliter le dialogue avec le concepteur, le Cahier des charges :

- définit une terminologie d'aspect de surface ;
- indique les équivalences de spécification ou de vocabulaire avec d'autres textes normatifs : DTU 21, fascicule de documentation P 18-503 ;
- comporte, sous forme d'annexes à reproduire, deux notes pratiques :
 - annexe A, un support d'aide à la prescription sous forme d'une grille à cocher reprenant toutes les exigences applicables aux éléments architecturaux (voir le CCTP),
 - annexe B, un modèle de procès-verbal pour l'acceptation des parements (voir le CCTP) ;
- apporte des réponses précises pour traiter de la question toujours délicate de la régularité des teintes : nuancier de teintes, teinte moyenne, outil de visualisation immédiate de la variation de teinte acceptable.

7.2 - Certification « Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine »

« Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine » est la certification de qualité des éléments architecturaux. Elle atteste que les éléments marqués du sigle de la certification sont conformes au Cahier des charges et aux exigences complémentaires éventuelles définies lors de la commande.

Elle est délivrée par la FIB, organisme certificateur de produits industriels accrédité sous le numéro 5-0003/96 par le COFRAC (Comité français d'accréditation).

Elle implique :

- la mise en place d'une assurance de la qualité du producteur, formalisée dans un manuel dont les exigences s'apparentent à la norme ISO 9002 ;
- des audits, contrôles et essais par le CERIB, gestionnaire de la certification et accrédité par le COFRAC ;
- un examen des dossiers de demande et de maintien par une commission tripartite composée d'utilisateurs (maîtres d'ouvrages publics et privés, architectes, bureaux d'études, entrepreneurs), d'organismes techniques ou administratifs (AFNOR, COPREC, CSTB, LCPC, BETOCIB, CERIB, etc.) et de fabricants ;
- un marquage des éléments certifiés :
 - usine productrice, date de fabrication,
 - repérage de la pièce,
 - classes (dimensions, teinte, texture),
 - sigle de la certification, représenté ci-contre.



Caractéristiques certifiées

Aspect : homogénéité de la teinte, de la texture.

Caractéristiques géométriques : dimensions, position des armatures, inserts, etc.

Durabilité : enrobage des armatures, absorption d'eau, résistance du béton.

Respect d'un délai minimal de livraison de sept jours après traitement.

Une certification de qualité reconnue et préconisée

Cette certification existe depuis 1986. Elle est reconnue et préconisée pour avoir l'assurance que les éléments sont conformes aux dispositions du Cahier des charges. Pour le bâtiment, la commission chargée de formuler les avis techniques de préfabrication lourde (le GS1) se réfère au Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine afin d'apprécier la qualité des produits. Pour le génie civil, le fascicule 65 A du CCTG applicable aux marchés publics de travaux stipule que, sauf disposition différente du marché, les éléments sont titulaires du certificat Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine.

Nota

La liste des produits certifiés est disponible sur le site web : www.cerib.com, rubrique « Productions certifiées » et sur simple demande auprès du CERIB.



*SARL d'architecture – A. Bical, L. Courcier, R. Martinelli,
lycée-collège, Varzy.*



Chapitre

8

Annexes

Annexe 1 Entretien du béton

**Annexe 2 Rappel des règles techniques
de conception et de dimension-
nement des ouvrages en béton**

Annexe 3 Glossaire

Annexe 4 Bibliographie

Annexe 5 Principaux textes de référence

Annexe 6 Adresses utiles

Annexe 1 • Entretien du béton

1. Origine et nature des altérations

2. Traitements des salissures et altérations des parements

Les graffiti

Coût de nettoyage

Taches diverses

Salissures d'origine bio-organique

Salissures liées à l'environnement

Fissures et écaillage dus aux cycles de gel-dégel

Efflorescences

Corrosion des armatures

Modifications de la teinte des parements colorés

Faiénçage des surfaces brutes de démoulage

1. Origine et nature des altérations

Les principales altérations rencontrées en parement peuvent être d'origine interne au béton (efflorescences par exemple), environnementales ou humaines. Une enquête menée par le CERIB montre que les altérations les plus fréquemment signalées sont, par ordre décroissant :

- les graffiti (28 %) ;
- les dégradations dues à des taches diverses (huiles, graisses, etc.) (20 %) ;
- les mousses et champignons (20 %) ;
- les poussières (15 %) ;
- les fumées et suies (8 %) ;
- les pluies acides (8 %).

La majeure partie de ces altérations peut être traitée de manière préventive (application d'un hydrofuge par exemple) ou curative, suite à des désordres.

La durabilité d'une surface est également fonction de sa finition, soit par ordre décroissant de durabilité : polissage, lavage, sablage, brut de démoulage ou bouchardage.

Quel que soit le mode de finition adopté, il est recommandé de recourir dans la mesure du possible à l'emploi de solutions préventives visant à protéger le parement (*voir le paragraphe 4.6*).

2. Traitements des salissures et des altérations des parements

■ *Les graffiti*

De nombreux produits sont utilisés pour réaliser des graffiti : encres traditionnelles, encres indélébiles, peintures en bombe aérosol, peintures à l'huile, craies, cirages, goudrons, etc. Les produits antigraffiti mis en œuvre peuvent apporter des solutions efficaces.

Le choix d'un produit antigraffiti va dépendre principalement :

- de la texture de la surface à protéger ;
- de la fréquence de réalisation des graffiti ;
- des risques de modification de teinte.

Les graffiti doivent être éliminés le plus rapidement possible (dans les 24 heures) afin d'éviter la migration des pigments dans la protection, voire dans le béton.

• Actions préventives

Appliquer un produit antigraffiti permanent ou temporaire (la protection est dite temporaire lorsqu'elle s'élimine avec les graffiti lors du nettoyage).

L'emploi d'un produit antigraffiti participe à l'entretien des parements grâce à des méthodes de nettoyage simples et non agressives. L'application d'un produit préventif est fortement conseillée sur les éléments architecturaux.

<i>Les antigraffiti</i>		
Famille de produit	Mode d'action	Type
Polyuréthane bi-composant	Filmogène (1) (nettoyage facile)	Permanent (60 nettoyages en moyenne)
Résine silicone	Bouche pore (2) (moins employé aujourd'hui)	Temporaire
Emulsion acrylique	Oléophobe (3)	Temporaire
Micro-cire	Filmogène et bouche pore	Temporaire

(1) *Forme une pellicule en surface qui s'oppose à la migration des colorants.*

(2) *Colmate la porosité superficielle et empêche la pénétration des agents tachants.*

(3) *Modifie la tension superficielle du matériau rendant impossible la pénétration des agents tachants.*

Coût approximatif de traitement : 70 à 90 €/m².

- Actions curatives

Nettoyage des graffiti selon l'aspect de surface du béton	
Aspect de surface	Actions curatives
Brut de démoulage	B D F G (1)
Lavé, désactivé	B D F
Sablé, grenailé	B D F
Bouchardé	B D F
Poli	B F G (1)
Hydrofugé (2)	B F
Traité antigraffiti (2)	B F

B = lavage à l'eau sous pression ; D = sablage humide ; F = nettoyage chimique (voir le paragraphe sur les taches diverses ci-dessous) ; G = brossage et ponçage.

(1) Méthode à utiliser si les autres ne sont pas satisfaisantes.

(2) Méthode à choisir selon les recommandations du formulateur.

Coût de nettoyage d'une surface préalablement protégée par un produit antigraffiti : 60 à 80 F/m².

■ Taches diverses

- Actions préventives

Emploi de produits filmogènes tels que les polyuréthanes (*voir le tableau concernant les antigraffiti*).

- Actions curatives (*voir le tableau ci-après.*)

- Techniques de nettoyage des taches

Identifier en premier lieu la nature de la tache.

Procéder ensuite à un essai de nettoyage avec le produit adapté.

Nettoyer le support selon l'une des méthodes du tableau ci-après.

Traiter par petites surfaces, en utilisant un minimum de produits.

Lors de l'emploi de produits attaquant le béton, la mise en contact ne doit pas excéder une minute. Rincer abondamment à l'eau dans la minute qui suit l'application ou le brossage.

Dans le cas d'utilisation de solvants, les rejets dans le milieu naturel sont à proscrire et doivent être récupérés.

Recommandations pour traiter les taches ou les salissures sur le béton			
Nature des taches	Action préalable	Produits à utiliser	Traitement
Asphalte et bitume	abrasion	benzol ◆ ou lessive chaude ▲	C S B R
Café, thé, boissons gazeuses	absorption (élimination du surplus)	trichloréthane ●	C S B R
Chewing-gum	refroidissement, grattage	chloroforme, tétrachlorure de carbone ●	A S B R ou C S B R
Chocolat	humidification	alcool ammoniacal	A R
Crayon	gommage	méthanol ●	C S B R
Créosote	abrasion	benzol ◆ ●	C S B R
Encre	humidification	mélange de : 100 g borate de sodium ou ammoniaque ou eau de javel 400 g d'eau 500 g de talc	C S B R
Fruits	humidification	lessives détergentes	A B R
Goudron de bois, de fumée	abrasion	benzol ◆ ●	C S B R
Graffiti	lavage ou gommage	chlorure de méthylène, ● xylène, méthyléthylcétone	A S B R
Graisses	grattage	eau savonneuse + phosphate trisodique	A R ou C S B R
Huiles minérales ou de synthèse	absorption (élimination du surplus)	benzol ◆ ou trichloréthylène ● ou lessive chaude ▲	C S B R
Huiles végétales	absorption (élimination du surplus)	mélange de : 100 g phosphate trisodique 100 g perborate de sodium 300 g talc + savon liquide	C S B R
Micro-organisme (traces de)	humidification	eau de Javel 5 %	A R ou A B R
Oxyde de cuivre	humidification	mélange de : ▲ 150 g ammoniaque ● 100 g chlore 400 g talc	C S B R

A = application ; B = brossage ; C = cataplasme ; R = rinçage ; S = séchage.

Nature des taches	Action préalable	Produits à utiliser	Traitement
Peinture	absorption (élimination du surplus)	agent détachant particulier selon type de peinture	
Rouille	humidification	acide oxalique 5 % ● ○ ▲ ou acide phosphorique 10 % ○ ▲	A B R ou C S B R
Sang	lavage à l'eau	potasse caustique ou eau oxygénée ▲	A B R
Sels d'aluminium	humidification	acide chlorhydrique 10 % ○ ▲	A B R
Tabac	abrasion	eau pure ou méthanol ●	A
Tanin	humidification	eau oxygénée 20 volumes	AR ou C S R
Tomate, vin	humidification	bisulfite de sodium 25 %	A B R
Urine	lavage à l'eau	détergents	A B R

Précautions d'emploi

◆ *Produit inflammable* : à manipuler loin de toute source de chaleur.

● *Produit toxique* : porter des gants et éviter d'inhaler les vapeurs.

▲ *Produit corrosif* : protéger la peau et les yeux et éviter les projections.

○ *Produit attaquant le béton.*

Remarque : pour les surfaces hydrofugées ou traitées antigraffiti, consulter les recommandations du formulateur.

■ Salissures d'origine bio-organique

Exemples : mousses, lichens.

Le développement de ces micro-organismes est conditionné par la présence d'eau et de végétation à proximité de la surface, par la température et la luminosité du support.

Ces salissures donnent au parement un aspect noir, rouge ou vert. Elles se développent localement et forment des surfaces circulaires ou coniques à l'endroit d'un passage d'eau par exemple.

• Actions préventives

Emploi d'un hydrofuge de surface (fongique éventuellement) ou d'un minéralisateur.

Coût approximatif de traitement : 35 à 55 F/m².

Les hydrofuges de surface			
Famille de produit	Durabilité estimée	Caractéristiques	Application
Silane	Bonne, > 10 ans	Importante profondeur de pénétration mais relativement volatile	Sur support sec ou humide
Oligomère de siloxane	Bonne, > 10 ans	Très bon pouvoir de pénétration Efficace après 4 à 5 heures	Sur surface encore un peu humides
Résine silicone	Bonne	Faible profondeur de pénétration Effet perlant important	Sur support sec
Siliconate	Moyenne	Polymérisation en présence de CO ₂ Moins employé aujourd'hui	Application difficile
Résine acrylique	Bonne, > 10 ans	Semi-filmogène. Frein à la pénétration du CO ₂ , SO ₂ , SO ₃ Résiste aux UV. Peut être colorée Bonne résistance à l'eau Également antigraffiti	Sur support humide
Résine organo-métallique	Moyenne	Bon pouvoir de pénétration	Sur support sec
Résine fluorée	Bonne	Profondeur de pénétration faible Antigraffiti et Fongicide suivant la formule	

LES MINÉRALISATEURS

Les minéralisateurs sont des solutions à base de silicates (d'éthyle, de potassium, etc.) qui agissent par imprégnation. Ce traitement a également la propriété de durcir le matériau sur l'épaisseur imprégnée. Il faut toutefois prendre garde au risque de modification de teinte pouvant éventuellement apparaître avec certains minéralisateurs. Cette protection a un caractère définitif.

Coût approximatif de traitement : 5 à 6 F/m².

- Actions curatives

Lavage à l'eau sous pression ou lavage à la vapeur.

Lavage à l'eau de Javel diluée à 5 % environ.

Utiliser si nécessaire un biocide (fongicide ou antimousse).

Appliquer éventuellement, après le nettoyage, un hydrofuge de surface.

LES FONGICIDES ET ANTIMOUSSES

Les fongicides et antimousses permettent d'éliminer les salissures d'origine biologique : mousses, lichens, champignons. Leur action, bien qu'efficace, reste temporaire. Les plus courants sont à base de sels d'ammonium ou de cuivre. Ce traitement pouvant toutefois entraîner la coloration du support, il est prudent d'effectuer un test préalable sur un échantillon ou une partie cachée de l'élément à nettoyer. De plus en plus, ces biocides sont associés à une protection hydrofuge qui empêche toute pénétration de l'eau dans les parements.

Coût approximatif de traitement : 20 à 30 €/m².

■ Salissures liées à l'environnement

Les poussières ou les salissures dues au gaz polluants forment de grandes zones sombres sur la surface (aspect sale) constituées de micro-particules solides ou liquides fixées sur la surface du béton. Ces particules peuvent être des cendres, du carbone amorphe, de l'oxyde de fer ou des sous-produits de combustion plus ou moins gras. Celles dues aux pluies acides peuvent provoquer un lessivage du parement accompagné d'une augmentation de la porosité.

- Actions préventives

Poussières, gaz polluants	Pluies acides
Emploi d'un hydrofuge de surface de type résine acrylique venant boucher partiellement les pores du matériau	Emploi d'une résine polyuréthane ou acrylique venant boucher partiellement les pores du matériau

- Actions curatives

Poussières, gaz polluants	Pluies acides
Nettoyage selon l'aspect de surface initial du béton (<i>voir le tableau ci-après</i>)	Nettoyage selon l'aspect de surface initial du béton (<i>voir le tableau ci-après</i>) Appliquer ensuite un produit de protection filmogène (résine acrylique, polyuréthane par exemple)

Nettoyage des salissures d'environnement selon l'aspect initial du béton		
Aspect de surface	Actions préventives	Actions curatives
Brut de démoulage	A B C E	B C D D' G (1)
Lavé, désactivé	A B C E (1)	B C D D' E
Sablé, grenailé	A B C E	B C D D'
Boucharde	A B C E	B C D D'
Poli	A B C E (1)	B C G
Hydrofugé (2)	A B E (1)	B E (1)
Traité antigraffiti (2)	A B E (1)	B F

A = lavage à l'eau du réseau ; B = lavage à l'eau sous pression ; C = lavage à la vapeur ; D = sablage humide ; D' = sablage à sec ; E = gommage (microbilles de verre) ; F = nettoyage chimique ; G = brossage et ponçage.

(1) Méthode à utiliser si les autres ne sont pas satisfaisantes.

(2) Méthode à choisir selon les recommandations du formulateur.

■ **Fissures et écaillage dus aux cycles de gel-dégel**

Ces risques de dégradation peuvent apparaître en situation de gel sévère (en montagne notamment) avec ou sans la présence de sels de déverglaçage.

• Actions préventives

Employer une formulation spéciale de béton : granulats de parement non gélifs, emploi dans certains cas d'un adjuvant entraîneur d'air adapté à la situation de risque (voir *le Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine*).

• Actions curatives

Appliquer, après élimination de la partie friable du béton, un produit normalisé de réparation de surface compatible avec la finition recherchée.

■ Efflorescences

Ce phénomène naturel est dû à la remontée d'eau chargée en chaux à la surface du béton, formant des cristaux blanchâtres de carbonate de calcium, après action du gaz carbonique de l'air.

- Actions préventives

Optimiser la quantité d'eau de gâchage et la compacité du béton.
Respecter les conditions de cure et de stockage des éléments fabriqués.
Employer un hydrofuge de masse ou de surface.

- Actions curatives

Saturer d'eau la surface à nettoyer et appliquer, à l'aide d'une brosse en nylon, l'agent de nettoyage (solution d'acide chlorhydrique ou d'acide sulfamique à 5%).
Rincer abondamment dans la minute suivante.
En cas de récurrence, terminer le nettoyage par l'emploi d'un hydrofuge de surface.

■ Corrosion des armatures

Si l'enrobage est insuffisant, les armatures peuvent se corroder lorsque le béton est exposé aux intempéries ou à des condensations. Cette corrosion produit un gonflement des armatures s'accompagnant d'un éclatement du béton d'enrobage.

Un béton trop poreux, un enrobage des armatures insuffisant ou la présence de fissures favorisent le développement de la corrosion. Un excès de chlorures d'origine naturelle (embruns marins, eau de mer, sels de déverglaçage, effluents) ou provenant des constituants du béton peut également provoquer la corrosion.

- Actions préventives

Prévoir un béton bien compacté et un enrobage adapté aux conditions d'utilisation (2,5 cm minimum en façade, voir *le Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine* et les règles BAEL 91).

Ne pas utiliser d'adjuvant contenant des chlorures pour le béton précontraint ou les éléments contenant des suspentes en acier inoxydable. Pour les autres utilisations, limiter à 0,65 % du poids du ciment la quantité d'ions chlore (voir *le Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine* et la norme P 18-203).

- Actions curatives

Éliminer les éclats de béton et les parties douteuses.

Nettoyer les parties corrodées par un procédé mécanique (brossage, meulage, sablage).

Protéger les armatures (coulis de protection contenant des inhibiteurs de corrosion).
Ragréer la partie endommagée à l'aide d'un béton chargé en résine si possible.

Effectuer les finitions appropriées.

■ **Modifications de la teinte des parements colorés**

Dans le cas d'une surface de béton brute, la peau riche en éléments fins (ciment, fines, pigments de coloration) se trouve progressivement érodée par le ruissellement de l'eau de pluie au cours du temps. Il en résulte un aspect de surface légèrement délavé. Ce phénomène est minimisé sur les parois de béton traité (lavage, sablage, polissage).

Certains pigments de coloration, et particulièrement les pigments organiques, sont susceptibles de vieillir rapidement sous l'effet combiné de la chaleur, de l'humidité et des rayons solaires. Ils sont donc à proscrire et à remplacer par des pigments d'origine minérale, d'une grande stabilité.

- Actions préventives

N'utiliser que des pigments de coloration d'origine minérale (*voir le paragraphe 1.2.3*).

- Actions curatives

Utiliser des traitements de surface ravivant les teintes.
Exemple : protection de surface à base de polyuréthane.

■ **Faïençage des surfaces brutes de démoulage**

Ce phénomène naturel se manifeste par un réseau de fines ouvertures qui n'intéresse que la couche superficielle de laitance du béton brut. Le faïençage est inesthétique mais ne réduit pas la durabilité des éléments.

- Actions préventives

Respecter les conditions de cure du béton.
Appliquer un traitement de gommage qui modifie très peu l'aspect brut s'il est souhaité ou utiliser un minéralisateur qui renforce la résistance en surface.

- Actions curatives

Appliquer un traitement de gommage ou un léger sablage.
Appliquer ensuite un minéralisateur ou un hydrofuge de surface.

Annexe 2 • Rappel des règles techniques de conception et de dimensionnement des ouvrages en béton

1. Résistance mécanique et stabilité des structures

- 1.1 Actions prises en compte
- 1.2 Principes de conception et de dimensionnement
- 1.3 Contreventement

2. Tenue aux séismes

- 2.1 La réglementation parasismique
- 2.2 La conception parasismique

3. Confort thermique

4. Isolation acoustique

- 4.1 Réglementation pour les bâtiments
- 4.2 Réglementation spécifique aux écrans antibruit

5. Sécurité incendie

Cette annexe constitue un rappel succinct des règles techniques de conception et de dimensionnement des ouvrages en béton armé. Elle ne permet pas de réaliser effectivement les calculs des ouvrages visés. Ceci demanderait des développements spécifiques plus importants, hors du champ visé par cette publication. La bibliographie fournira au lecteur intéressé une liste d'ouvrages permettant d'aller plus loin dans cette voie.

1. Résistance mécanique et stabilité des structures

Pendant sa durée de vie escomptée (de l'ordre de cinquante ans pour les structures courantes de bâtiment) et pour un coût de maintenance raisonnable, un ouvrage doit être conçu et réalisé de manière à :

- rester adapté à sa destination ;
- résister à toutes les actions susceptibles d'intervenir.

■ 1.1 - Actions prises en compte

Pour le dimensionnement de la structure et de ses composants, il y a lieu de considérer l'ensemble des actions susceptibles de se produire :

- en situations transitoires (levage, stockage, manutention, mise en œuvre) ;
- en situations durables (poids propre des éléments, charges d'exploitation, actions climatiques, entretien) ;
- en situations accidentelles (feu, chocs, explosions, séismes).

À titre indicatif les valeurs de quelques actions sont données dans les tableaux suivants.

Poids propre des éléments et des autres charges permanentes (NF P 06-004)

Elles sont fixées par les DPM (documents particuliers du marché). Au stade de l'avant-projet, on pourra prendre les valeurs données dans le tableau ci-contre.

Poids propre des éléments et charges permanentes (G)

Poids volumique de matériaux	G en kN/m ³
Acier	78,5
Aluminium	27
Asphalte coulé	18
Béton non armé	22
Béton armé	25
Marbre, granit	28
Poids surfacique de planchers	G en kN/m ²
Dalle pleine en béton armé, par cm	0,25
Planchers de dalles alvéolées	
- 16 cm	2,4 à 2,9
- 20 cm	2,8 à 3,3
- 24 cm	3,2 à 3,7
Poids surfacique de revêtements de planchers	G en kN/m ²
Carrelage, dallage collé, par cm	0,2
Chape flottante en asphalte, 2 à 2,5 mm	0,5
Dalle flottante en béton, sous-couche isolante comprise, par cm	0,22
Revêtements textiles ou plastiques, parquet mosaïque	0,08
Poids surfacique de toitures	G en kN/m ²
Couverture en tuiles mécaniques	0,45
Couvertures métalliques	
- zinc	0,25
- aluminium 8/10	0,17
- tôle ondulée d'acier galvanisé	0,06
Ardoise naturelle	0,28
Étanchéité multicouche, ép. 2 cm	0,12
Protection d'étanchéité (gravillons), par cm	0,2

Poids surfacique de maçonneries (sans enduit)	G en kN/m ²
Bloc plein en béton, épaisseur 20 cm	4,2
Bloc creux en béton, épaisseur 20 cm	2,7
Brique pleine, épaisseur 21,5 cm	4
Brique creuse, épaisseur 20 cm	1,75
Bloc plein de béton cellulaire à 600 Kg/m ³ , épaisseur 20 cm	1,6
Cloison de carreaux de plâtre, par cm	0,1
Enduit plâtre, par cm	0,1
Enduit hydraulique, par cm	0,18

Charges d'exploitation des bâtiments (NF P 06-001)

Elles résultent de l'usage normal de la construction (personnes, meubles, objets mobiles, etc.) – voir le tableau ci-contre.

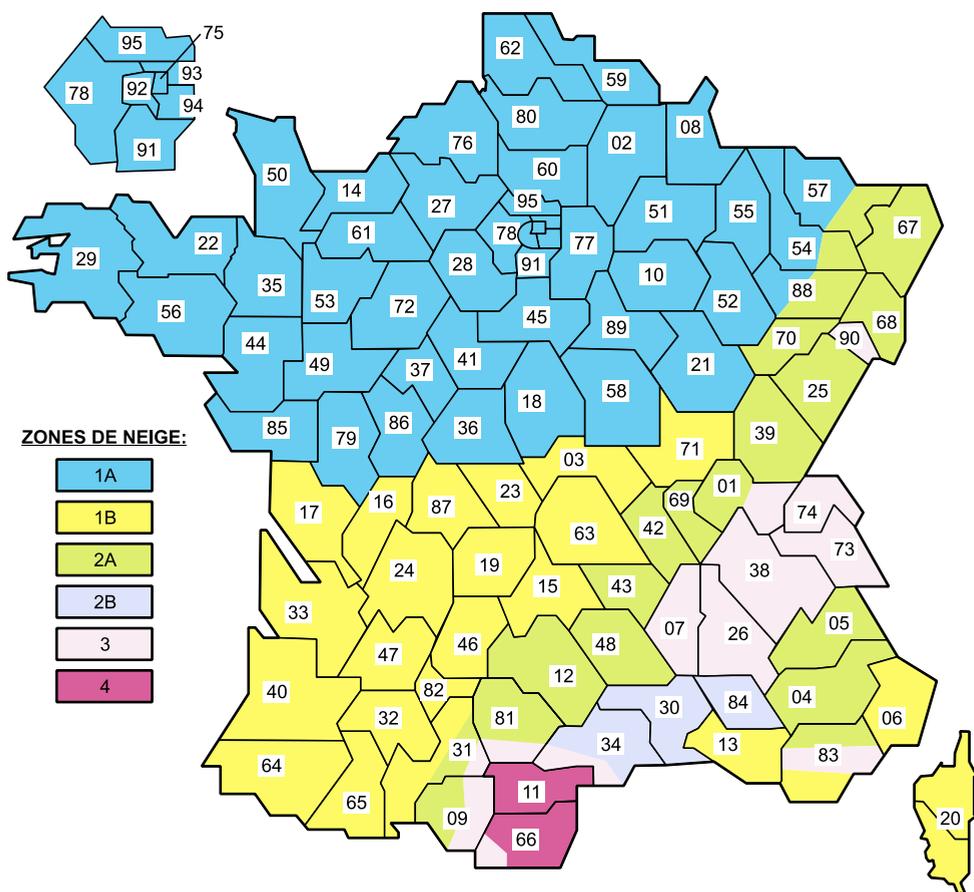
Charges d'exploitation des bâtiments (Q)

Charges d'exploitation	Q en kN/m ²
Cloisons de distribution	0,5
Bureaux	2,5
- bureaux paysagés	3,5
- circulations et escaliers	2,5
Habitations	1,5
- balcons	3,5
Lieux publics	4
Salles de danse	5
Garages, parc de stationnement	2,5
Tribunes, gradins (place debout)	6
Salles d'exposition	
- moins de 50 m ²	2,5
- 50 m ² et plus	3,5
Boutiques et annexes	5
Salles de lecture (bibliothèques)	4
Salles de conférences (avec sièges)	4
Cuisines de collectivités	2,5
Salles de sport	5
Toitures-terrasses	1,5
Charges d'entretien de toitures terrasses non accessibles (surface de 10 m ² , répartition la plus défavorable)	1
Bâtiments scolaires et universitaires	
- cuisines collectives	5
- circulations (dont escaliers)	4
- salles de réunion	4
- amphithéâtre	3,5
- laboratoires, ateliers	2,5
- hébergement individuel	1,5

Neige et vent (norme P 06-002 pour le vent et norme P 06-006 pour la neige)

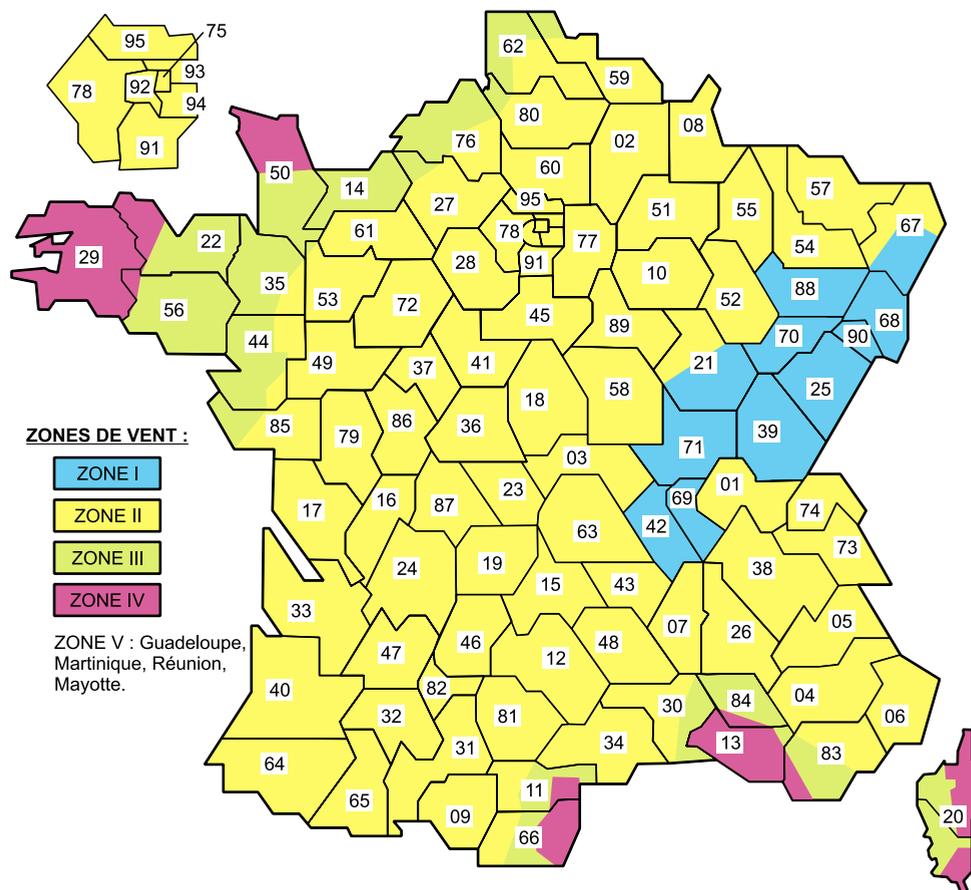
L'intensité des actions est fonction :

- de la région (*voir les cartes*) ;
- du site (abrité, exposé) ;
- de l'altitude ;
- de la configuration de la construction et de celle des constructions voisines.



Attention : nouvelle carte

(décision du CGNORBAT de juillet 1999)



Actions thermiques

Trop souvent négligées, elles peuvent provoquer des désordres importants dans la structure (déplacement d'appuis, contraintes imposées dans les éléments).

On peut admettre, en référence aux règles BAEL 91, les écarts de température (ΔT) entre les faces intérieures et les faces extérieures d'une structure :

- $\Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ en variation de courte durée ;
- $\Delta T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ en variation de longue durée .

Dans le cas d'éléments exposés (éléments de toitures par exemple, sans isolation thermique) des dispositions particulières sont à prévoir (appuis autorisant une dilatation).

Actions accidentelles

Feu et séismes : voir les paragraphes correspondants ci-après.

Chocs (P 08-302). On distingue deux types de chocs :

- le choc dur pouvant conduire à des poinçonnements locaux de l'élément ;
- le choc mou pouvant entraîner une rupture de l'élément et de ses liaisons.

Charges d'entretien

Elles sont dues au personnel et aux équipements nécessaires à l'entretien.

Dans le cas de panneaux formant acrotère, les fixations à l'ossature doivent permettre de reprendre, le cas échéant, les sollicitations liées à la mise en place de nacelles ou d'échafaudages volants, utilisés pour les travaux d'entretien de la façade.

■ 1.2 - Principes de conception et de dimensionnement des structures

Ils ont pour objet d'assurer :

- la résistance et la stabilité de la structure (états limites ultimes, ELU) ;
- l'aptitude au service de la construction (états limites de service, ELS).

Ces types d'états sont à considérer pour la structure prise dans son ensemble et pour ses différents éléments constitutifs compte tenu des assemblages utilisés.

Principaux états limites habituellement considérés

• États limites ultimes (ELU)

- Limite de résistance de la structure ou d'un de ses éléments (résistance à la flexion, à l'effort tranchant, etc.).
- Stabilité d'ensemble de la structure.
- Stabilité de forme (exemple : flambement d'un poteau, déversement d'une poutre).
- Transformation en mécanisme (exemple : grands déplacements).

• États limites de service (ELS)

- Limitation des déformations et des déplacements. Exemple : limitation d'une flèche de plancher de l'ordre de 1/500 de la portée en cas de revêtements ou de cloisons fragiles. Une valeur de 1/250 est à considérer comme une limite supérieure.

- Limitation des contraintes dans les matériaux : contrainte dans le béton inférieure à 0,6 fois sa résistance caractéristique à la compression à 28 jours (f_{c28}) pour éviter les phénomènes de fluage.
- Limitation de l'ouverture des fissures. Cette limite a pour objet de se prémunir de la corrosion des armatures. Vis-à-vis de la réglementation française (règles BAEL 91), elle se traduit en termes de limitation de contrainte au niveau de l'acier, selon la situation de l'ouvrage (fissuration peu préjudiciable, préjudiciable ou très préjudiciable).

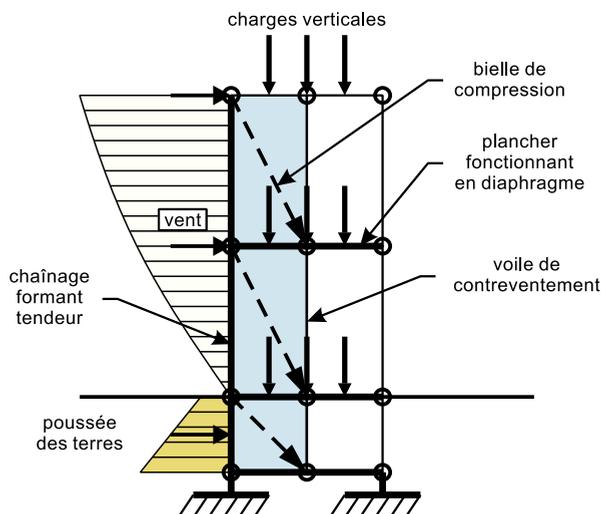
D'autres états limites peuvent être à considérer (par exemple les vibrations). Ils doivent, dans ce cas, être indiqués dans les DPM (documents particuliers du marché).

- Actions à considérer vis-à-vis des états limites

Elles sont données dans la réglementation sous forme de combinaisons d'actions (règles BAEL 91).

■ 1.3 - Contreventement

Le contreventement d'une construction a pour objet d'assurer sa stabilité vis-à-vis des actions appliquées.

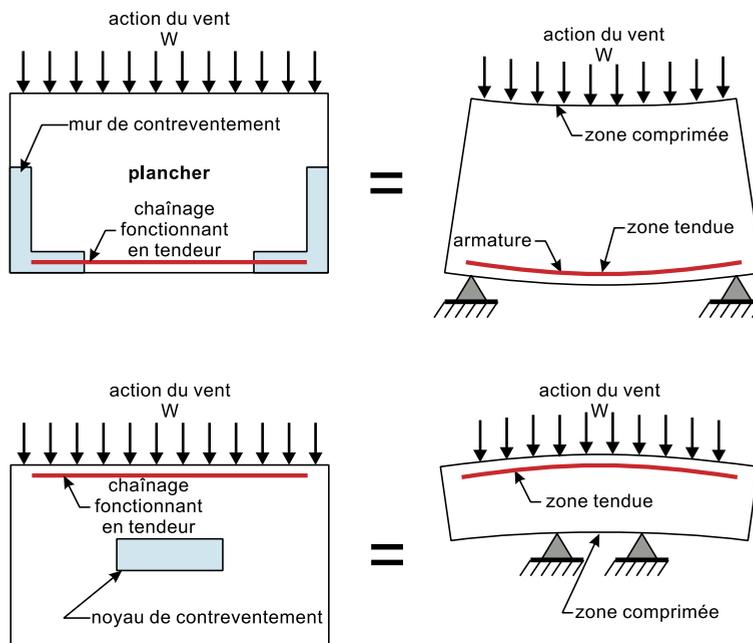


L'objet du contreventement est de descendre jusqu'au plan de fondation l'ensemble des actions appliquées.

Différents dispositifs, qu'il est possible d'associer, sont utilisables :

- murs porteurs implantés suivant une ou plusieurs directions (murs de refend, murs pignons, murs de façades) ;
- noyaux de contreventement constitués notamment par les parois des cages d'escalier ou d'ascenseur ;
- portiques superposés dans les constructions à poteaux et poutres.

Les efforts horizontaux sont transmis par les planchers qui doivent être rendus indéformables dans leur plan (fonction diaphragme). Ces efforts sont transmis à chaque étage, depuis le niveau de la toiture jusqu'à la fondation, par les liaisons entre les planchers et les éléments de contreventement verticaux.



Principe de chaînage d'un plancher fonctionnant en diaphragme

Les chaînages constituent un réseau d'armatures mécaniquement continu, dont l'objet est :

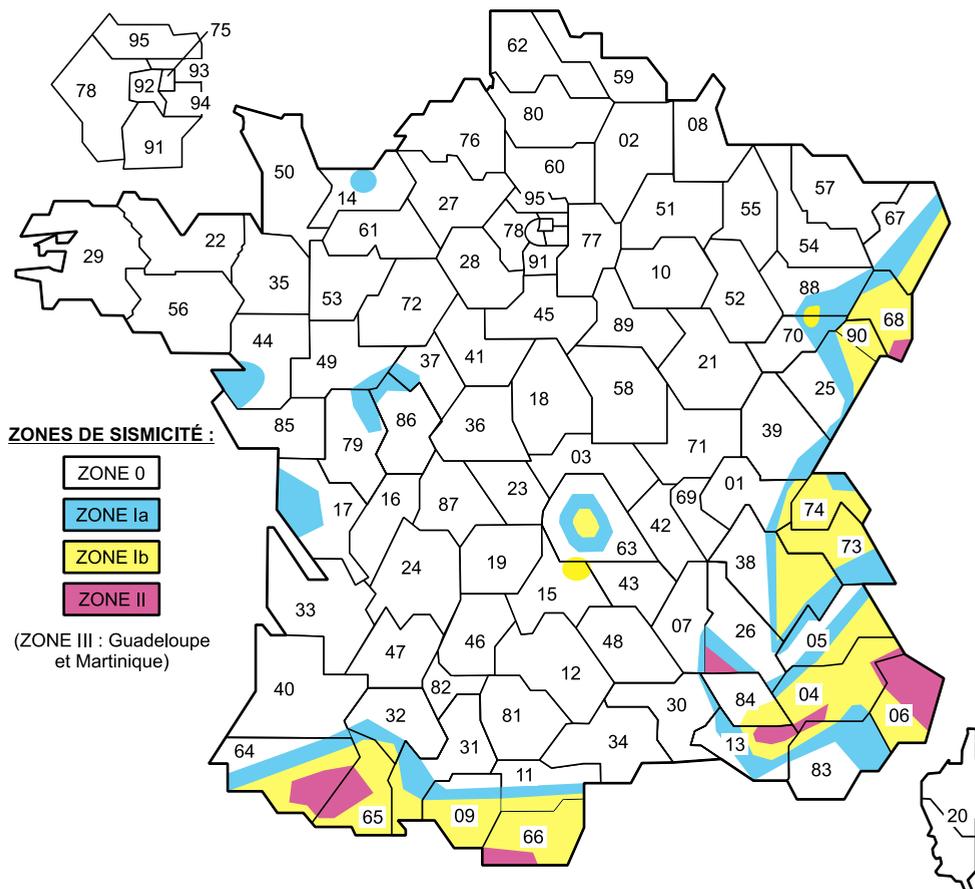
- de servir de tendeur vis-à-vis de la fonction diaphragme des planchers (voir la figure ci-dessus) ;
- de constituer les tirants des murs utilisés en contreventement ;
- d'assujettir les contreventements verticaux entre eux (blocage des déplacements relatifs) ;
- enfin, d'assurer le monolithisme d'ensemble de la construction.

2. Tenue aux séismes

■ 2.1 - La réglementation parasismique

Lorsqu'elles sont situées en zones sismiques, les constructions doivent être rendues parasismiques (arrêté du 29 mai 1997).

En France, on distingue cinq zones de sismicité, la zone 0 étant considérée comme non sismique.



Les constructions sont, elles, classées en deux catégories : à risque normal et à risque spécial (centrales nucléaires, par exemple).

Classement des bâtiments à risque normal

En risque normal, les bâtiments sont répartis en quatre classes, selon leur activité humaine.

- Classe A : bâtiments dans lesquels l'activité humaine ne nécessite pas un séjour de longue durée.
- Classe B : bâtiments d'habitation, bureaux, lotissements industriels, pouvant accueillir au plus trois cents personnes.
- Classe C : les mêmes que ceux de la classe B mais pouvant accueillir plus de trois cents personnes.
- Classe D : bâtiments dont la protection est primordiale pour les besoins de la sécurité civile et sanitaire. À titre d'exemple, on peut citer les bâtiments sanitaires, les casernes de pompiers, les bâtiments destinés à la distribution de l'énergie, de l'eau, ceux assurant la maintenance des communications.

■ 2.2 - La conception parasismique

La conception parasismique des constructions relève des normes NF P 06-013 (dite règles PS 92) et NF P 06-014 (dite PS-MI, pour les maisons individuelles). L'arrêté du 29 mai 1997 a rendu leur application obligatoire.

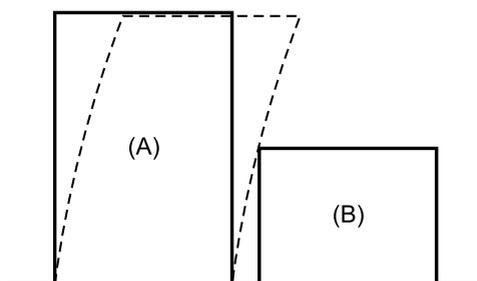
L'objet de ces règles est de proportionner la résistance des constructions exposées au risque sismique, de manière à leur conférer un comportement global satisfaisant, eu égard à la sécurité des personnes, et à limiter les dommages économiques.

L'effet de l'action sismique est à considérer sur le plan :

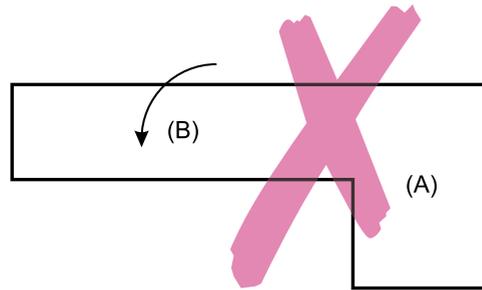
- de l'architecture d'ensemble de la construction ;
- de la conception mécanique de la construction, considérée dans son ensemble ;
- de la conception des éléments constitutifs de la construction et des liaisons mises en œuvre.

Vis-à-vis de la conception architecturale, les dispositions suivantes seront prises :

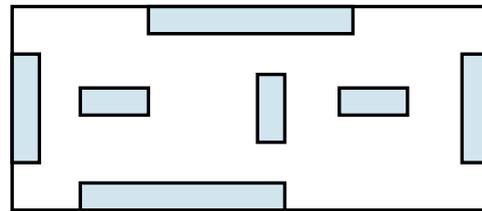
- Les partis architecturaux complexes peuvent conduire à un surcoût notable de l'ouvrage pour satisfaire aux règles parasismiques. La division de la construction en blocs indépendants peut apporter une réponse économiquement intéressante. Prévoir entre les blocs des joints suffisamment larges pour permettre le débattement des structures.



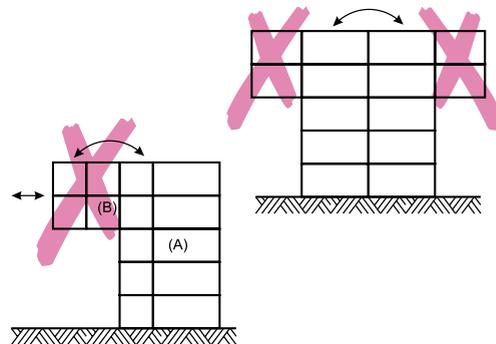
- Les formes en plan conduisant à une répartition fortement dissymétrique des masses sont à éviter.



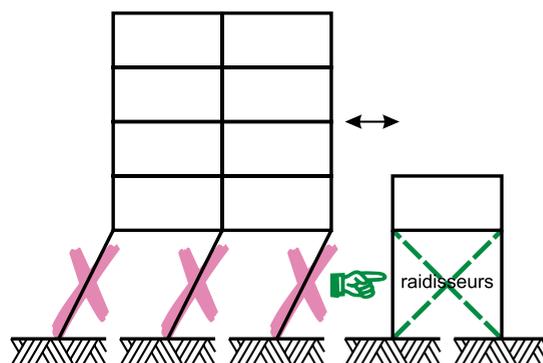
- En plan, une configuration sensiblement symétrique des éléments verticaux de contreventement suivant les deux directions orthogonales de la construction est à privilégier.



- La transmission à la fondation d'efforts excentrés en élévation conduit à des solutions onéreuses. Il en est de même lorsque la transmission des charges verticales se fait en ligne indirecte.



- En élévation, l'existence de transparence doit faire l'objet d'une attention particulière.



- Les structures doivent être conçues de manière à constituer des ensembles aussi monolithiques que possible. Dans le cas où la structure est réalisée avec des éléments préfabriqués, le monolithisme est obtenu notamment par la mise en œuvre de chaînages :
 - périphériques à chaque niveau de plancher et au niveau de la toiture ;
 - transversaux, jouant le rôle de tirants horizontaux, ancrés dans le chaînage périphérique ;
 - verticaux, utilisés comme armatures tendues pour les éléments verticaux de contreventement.

3. Réglementation confort thermique

La nouvelle réglementation thermique RT 2000 a fait l'objet de l'arrêté du 30 novembre 2000 ; elle est d'application obligatoire au 1^{er} juin 2001 pour les bâtiments neufs résidentiels et tertiaires. Les documents d'application en cours d'élaboration seront mentionnés dans la prochaine réédition du présent ouvrage.

• Option 1 : respect des solutions techniques MELATT-CSTB

Cette option concerne les maisons individuelles et les immeubles collectifs (≤ 50 logements). Elle offre la possibilité de satisfaire à la réglementation sans avoir recours à des calculs, à condition d'adopter les solutions techniques définies dans les documents de référence suivants :

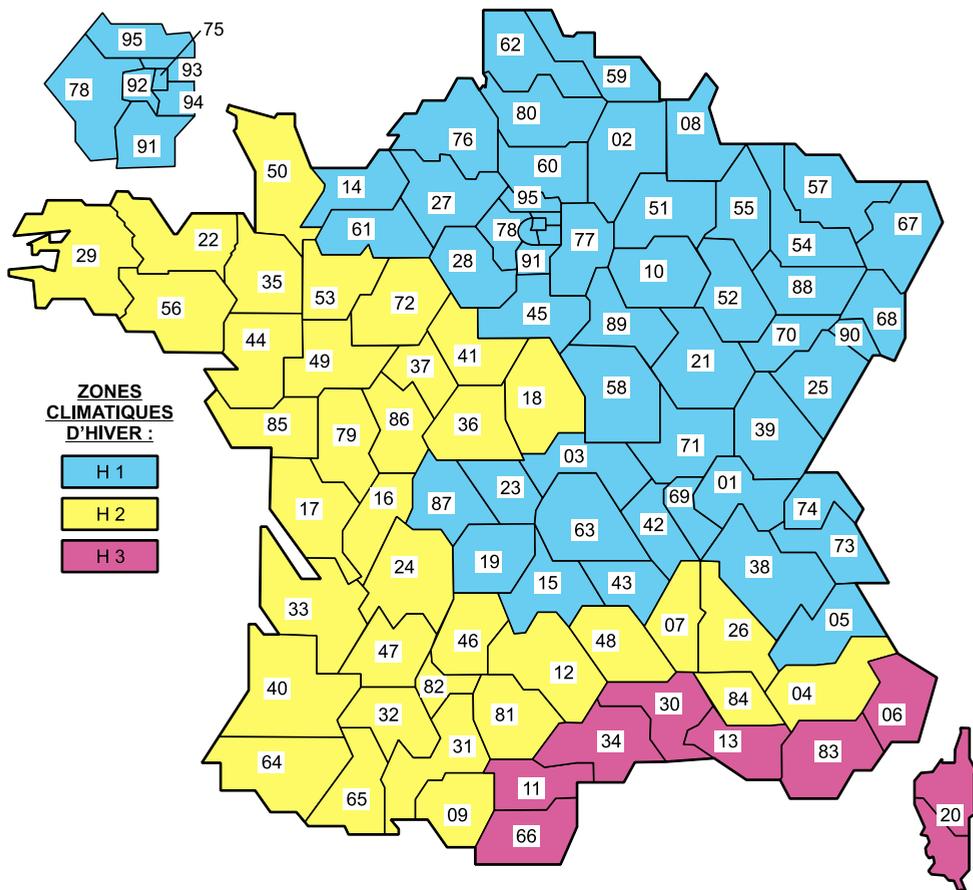
- « Les solutions techniques pour le respect du règlement thermique en maison individuelle », MELATT-CSTB ;
- « Les solutions techniques pour le respect du règlement thermique applicable aux immeubles collectifs ne comportant pas plus de 50 logements », MELATT-CSTB ;

Pour l'emploi de l'option 1, on distingue :

- trois zones climatiques : H1, H2, H3 (voir la carte) ;
- deux types de chauffage : électrique ou non.

La détermination de l'isolation thermique intérieure à mettre en place est évaluée forfaitairement en fonction des paramètres suivants :

- ensoleillement ;
- système de chauffage ;
- ventilation ;
- menuiseries.



Les solutions techniques résultantes sont définies à l'aide de six niveaux de performance correspondant aux résistances thermiques (R) des différentes parois utilisables.

• **Option 2 : calcul du coefficient GV (déperditions globales du logement)**

Deux exigences doivent être respectées :

- les déperditions thermiques du logement doivent rester inférieures à une valeur de référence GV_{ref} :

$$GV_{ref} = DP_{ref} + DR_{ref}$$

avec :

DP_{ref} : déperditions thermiques de référence par les parois,

DR_{ref} : déperditions thermiques de référence par renouvellement d'air ;

- le système de chauffage et d'eau chaude sanitaire doit correspondre à la configuration d'équipement de référence définie dans le décret du 5 avril 1988.

• **Option 3 : calcul du coefficient BV (besoins annuels de chauffage)**

Trois exigences doivent être respectées :

- les besoins thermiques du logement (BV) doivent rester inférieurs à une valeur de référence BV_{ref} ;
- le coefficient GV ne doit pas dépasser de plus de 15 % la valeur de référence Gv_{ref} ;
- appliquer, comme pour l'option 2, le décret du 5 avril 1988 pour définir le système de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

• **Option 4 : calcul du coefficient C (consommations globales du logement)**

Une seule exigence doit être respectée : le coefficient C du logement doit être inférieur à la valeur du coefficient C de référence (C_{ref}).

4. Isolation acoustique

■ 4.1 - Réglementation pour les bâtiments

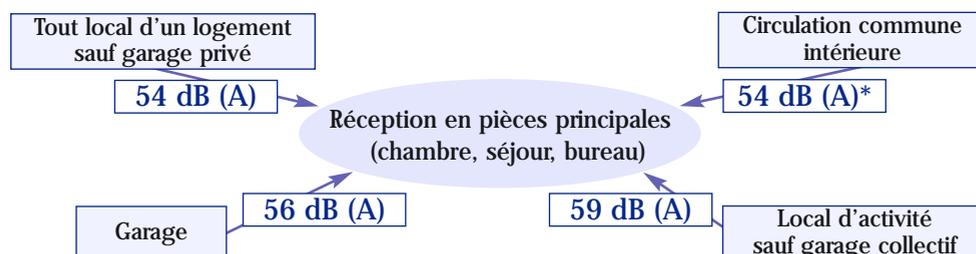
À ce jour, deux types de bâtiments sont soumis à des exigences réglementaires en matière d'acoustique :

- les bâtiments d'habitation ;
- les locaux scolaires.

• **Bâtiments d'habitation**

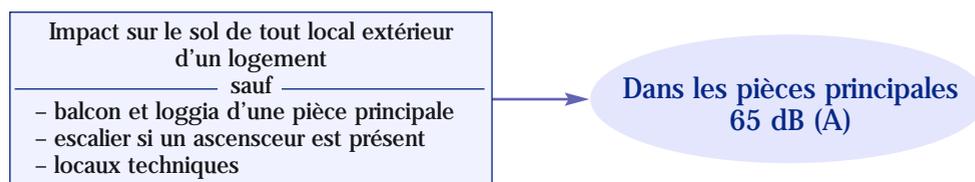
En application pour tous les permis de construire déposés depuis le 1^{er} janvier 1996, la Nouvelle réglementation acoustique (NRA) est définie par les deux arrêtés du 28 octobre 1994. Le premier arrêté fixe les caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation vis-à-vis des bruits intérieurs au logement. En ce qui concerne les bruits extérieurs, seul un isolement minimum est donné dans cet arrêté. Le second arrêté définit les modalités d'application de la réglementation acoustique.

Vis-à-vis du bruit aérien, les objectifs d'isolement acoustique normalisé par rapport à un bruit rose sont :

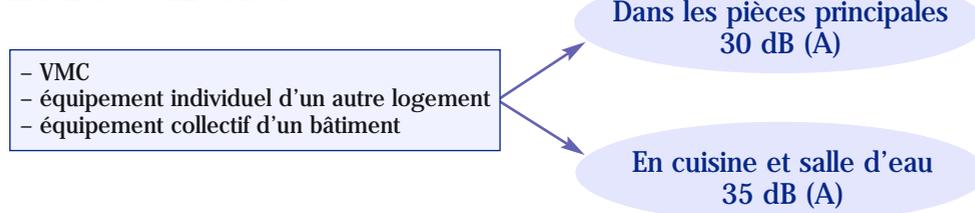


* valeurs ramenée à 41dB(A) avec une porte palière + éventuellement une porte de séparation. L'ensemble de ces objectifs est à diminuer de 3dB(A) pour une réception en cuisine et salle d'eau.

Vis-à-vis du bruit d'impact, les niveaux sonores maximaux dans les pièces principales doivent être :



Vis-à-vis du bruit des équipements, les niveaux sonores normalisés maximaux à obtenir sont de :



Vis-à-vis du bruit aérien extérieur, par rapport au bruit route :

- isolement minimum de 30 dB(A)
- isolement déterminé selon l'exposition sonore de la façade

Remarque : entre les pièces d'un même logement, d'autres limites concernant les équipements individuels de climatisation et de chauffage sont applicables (article 5 de la NRA).

L'arrêté du 30 mai 1996 définit les modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et les isolements acoustiques des bâtiments d'habitation affectés par le bruit.

L'isolation acoustique des pièces principales et des cuisines, vis-à-vis des bruits extérieurs des habitations admises dans les zones exposées au bruit des aérodromes, doit être égale à 35 dB(A) Rose.

Par ailleurs, l'association Qualitel fixe des exigences supérieures ou égales à celles de la réglementation, dans le cadre de l'attribution du label Qualitel (LQ) et du label Qualitel confort acoustique (LQCA).

Nota

Un certain nombre de modifications concernant les objectifs réglementaires sont en cours d'élaboration. Elles devraient être applicables au 1^{er} janvier 2000.

Rappel de quelques définitions

Bruit rose : bruit type défini comme constant par bande d'octave (ou un tiers d'octave) et en dB.

Bruit route : bruit type normalisé représentatif du bruit routier moyen. Le bruit route est « plus grave » que le bruit rose.

Isolement brut : c'est la différence de bruit entre un local d'émission et un local de réception. Un isolement entre deux locaux dépend des indices d'affaiblissement de chacun des constituants de la paroi de séparation (maçonnerie, vitrage, prise d'air, etc.) et de leur surface respective ainsi que de l'importance des transmissions latérales.

Isolement normalisé : c'est la différence de bruit entre un local d'émission et un local de réception corrigé pour tenir compte de la réverbération dans le local de réception (Tr).

Bruit d'impact normalisé : c'est le niveau de bruit dans un local de réception, généré par une machine à chocs normalisée sur un plancher supérieur ou contigu, et corrigé par le temps de réverbération (Tr) du local de réception.

Indice d'affaiblissement : c'est le rapport de l'énergie acoustique totale incidente sur l'énergie acoustique transmise par un élément. Cet indice caractérise le produit.

• **Locaux scolaires**

La réglementation relative aux établissements d'enseignement est définie par l'arrêté du 9 janvier 1995. Cette réglementation, applicable depuis le 10 janvier 1996, vise les écoles maternelles, les écoles élémentaires, les collèges, les lycées, les universités et les établissements d'enseignement supérieur, d'enseignement général, technique ou professionnel, publics ou privés.

Les principales exigences concernant les éléments architecturaux sont définies dans les articles suivants de l'arrêté du 9 janvier 1995.

- Article 2 : définition des valeurs d'isolement acoustique normalisé au bruit aérien des locaux, D_{NAT} , exprimées en dB(A). Ces valeurs sont présentées dans le tableau ci-après.
- Article 3 : définition du niveau de bruit d'impact normalisé maximal admis, L_{nAT} , dans les locaux définis à l'article 2 : $L_{nAT} \leq 67$ dB(A).
De plus, une étude spécifique est obligatoire lorsque le local d'émission est une salle de sport ou un atelier contigu à un local de réception, quel qu'il soit, sauf s'il s'agit d'un atelier, d'une salle à manger, ou d'un local d'activités pratiques.
- Article 5 : les valeurs d'isolement acoustique des locaux définis à l'article 2 vis-à-vis des bruits des transports terrestres sont les mêmes que celles imposées aux bâtiments d'habitation. En fonction de l'exposition du local aux bruits des aérodromes, les valeurs d'isolement à respecter sont les suivantes : 35 dB(A), 40 dB(A) ou 47 dB(A).

Exigences en matière d'isolement acoustique aux bruits aériens entre locaux scolaires			
D_{NAT} exprimées en dB(A)			
Local d'émission	Local de réception		
	Locaux d'enseignement, activités pratiques, bibliothèque, CDI, salles de musique, locaux médicaux, atelier calme, administration	Salle de repos	Salle à manger, salle polyvalente
Locaux d'enseignement, atelier calme, administration, salle d'exercice des écoles maternelles	44 (1)	52 (2)	40
Activités pratiques, salles de jeux des écoles maternelles, salles de musique, cuisine, locaux de rassemblement, salles de réunion, sanitaires	52	52 (3)	52 (3)
Salle à manger, salle polyvalente, salle de sport	52	52	-
Cages d'escalier	44	52	-
Circulation horizontale	28	40	28
Locaux médicaux	44	44	44
Ateliers bruyants (L_{NAT} supérieur à 85 dB(A))	56	(4)	56

(1) Un isolement de 42 dB(A) est admis en cas de porte de communication.

(2) À l'exception de la salle d'exercice attachée à la salle de repos.

(3) À l'exception de la cuisine ouverte sur la salle à manger.

(4) Étude spécifique à prévoir

• **Autres bâtiments**

D'autres textes réglementaires relatifs à l'isolation acoustique sont prévus. Ils concerneront les établissements de soins, d'action sociale, de loisirs, de sports ainsi que les hôtels et les établissements d'hébergement à caractère touristique.

■ **4.2 - Réglementation spécifique aux écrans antibruit**

Pour la construction des voies routières nouvelles et la transformation significative des voies existantes, le décret du 9 janvier 1995 fixe les obligations à la charge des maîtres d'ouvrages des infrastructures de transports. L'arrêté interministériel du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières précise les règles à appliquer.

Les limites de bruit en façade sont maintenant fixées de façon différenciée, selon la nature des espaces traversés et des bâtiments rencontrés, mais également de la qualité de l'ambiance sonore qui préexistait avant la voie nouvelle.

Limites admissibles de bruit en façade, LAeq, selon l'arrêté du 5 mai 1995		
	LAeq (6 h-22 h)	LAeq (22 h-6 h)
Établissement de soins et d'action sociale	60 dB(A)	55 dB(A)
Établissement d'enseignement à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs	60 dB(A)	-
Logements en zone d'ambiance sonore modérée	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux de bureaux	65 dB(A)	-

Les seuils d'exigences sont fixés à des niveaux très sévères et leur respect nécessite de mobiliser la totalité des ressources possibles, notamment l'emploi d'écrans acoustiques. D'un point de vue technique, les écrans acoustiques doivent permettre de protéger les riverains situés derrière et devant l'écran.

Ces éléments doivent donc présenter deux caractéristiques acoustiques :

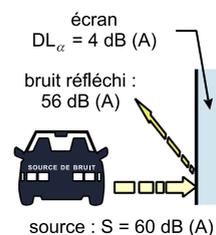
- l'absorption ;
- l'indice d'affaiblissement.

On notera, toutefois, pour ces caractéristiques une nuance entre l'élément constitutif de l'écran acoustique et l'ouvrage écran acoustique lui-même.

Les normes, homologuées en novembre 1997, traitant des « dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. » sont les suivantes : NF EN 1793-1, NF EN 1793-2 et NF EN 1793-3 (détaillées page 187).

Les normes relatives aux performances acoustiques de l'ouvrage sont en préparation. Toutefois, dans l'attente de ces normes, la norme française NF S 31-089 sert de référence. Les normes NF EN 1793-1 et 2 introduisent la notion de classes de performances. Pour la norme NF EN 1793-1, la classification d'un élément vis-à-vis de l'absorption acoustique s'effectue selon le tableau suivant.

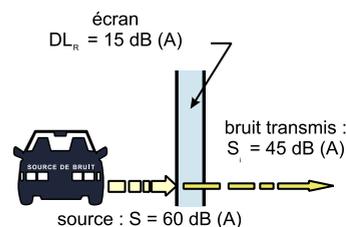
Classes d'absorption acoustique selon la norme NF EN 1793-1	
Catégorie	DL_{α} en dB(A)
A0	Non testé
A1	< 4
A2	4 à 7
A3	8 à 11
A4	> 11



Il est intéressant d'observer que déjà beaucoup d'écrans acoustiques en béton sont conformes à la catégorie A2.

Concernant la norme NF EN 1793-2, la classification d'un élément vis-à-vis de l'affaiblissement acoustique est définie selon le tableau suivant.

Classes d'affaiblissement ou d'isolation acoustique selon la norme NF EN 1793-2	
Catégorie	DL_R en dB(A)
B0	Non testé
B1	< 15
B2	15 à 24
B3	> 24



Un grand nombre d'écrans acoustiques en béton sont conformes à la catégorie B3.

5. Sécurité incendie

La réglementation française vise essentiellement à assurer la protection des personnes en cas d'incendie. Les mesures concernant la protection et l'évacuation des occupants sont adaptées en fonction du type d'établissement :

- établissements recevant du public (ERP) ;
- établissements industriels et commerciaux (EIC) ;
- bâtiments d'habitation (HAB) ;
- immeubles de grande hauteur (IGH) ;
- garages et parkings ;
- installations classées.

Stabilité au feu requise pour la structure, en heures selon les types d'établissements						
	0	1/2 h	1 h	1 h 1/2	2 h	3 et 4 h
Rez-de-chaussée seulement	ERP (5 ^e catégorie) Bureaux, industries	ERP (5 ^e catégorie) (3)				Isolement entre ERP et parc de stationnement (1)
H ≤ 8m	Bureaux, industries	ERP (2 ^e , 3 ^e et 4 ^e catégories) Habitation (2 ^e famille)	ERP 1 ^{ère} catégorie			
8 < H ≤ 28 m			ERP (2 ^e , 3 ^e , 4 ^e et 5 ^e catégories) Habitation (3 ^e famille) Bureaux, industrie (4)	ERP 1 ^{ère} catégorie		
28 < H ≤ 50 m				Habitation (4 ^e famille)	IGH classes W, O, R, U, Z (2)	Isolement ; entre IGH et ERP, IGH et parc de stationnement (1)
H > 50 m					IGH Classe A (2)	Isolement entre ERP et parc de stationnement (1)

1. Béton avec protection.

2. Classement des IGH :

A Immeubles à usage d'habitation.

O Immeubles à usage d'hôtel.

R Immeubles à usage d'enseignement.

S Immeubles à usage de dépôt d'archives.

U Immeubles à usage sanitaire.

W Immeubles à usage de bureaux.

Z Immeubles à usages mixtes.

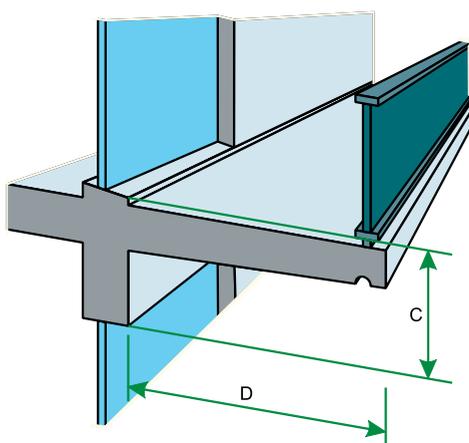
3. ERP avec locaux réservés au sommet au dessus du rez-de-chaussée.

4. Une demi-heure pour un plancher sur vide sanitaire non aménageable.

Pour satisfaire à cette exigence, les règles suivantes sont à appliquer pour le gros œuvre des bâtiments.

- **Exigence de stabilité au feu de la structure** selon le type d'établissement (*voir le tableau précédent*).
- **Conception des éléments** pour satisfaire aux critères de résistance au feu demandés .
- **Définition et implantation des dégagements** (escaliers notamment) selon le type d'établissement.
- **Respect de la règle C + D** pour l'implantation des ouvertures en façade.

Règles C + D pour les façades comportant des baies			
	Valeur du C + D en m selon la masse combustible mobilisable M en MJ/m²		
	M ≤ 25	25 < M ≤ 80	M > 80
HAB famille 3A	0.6	0.8	1,10
HAB famille 3B	0.8	1	1,30
HAB famille 4	0.8	1	1,30
ERP	1	1	1.30



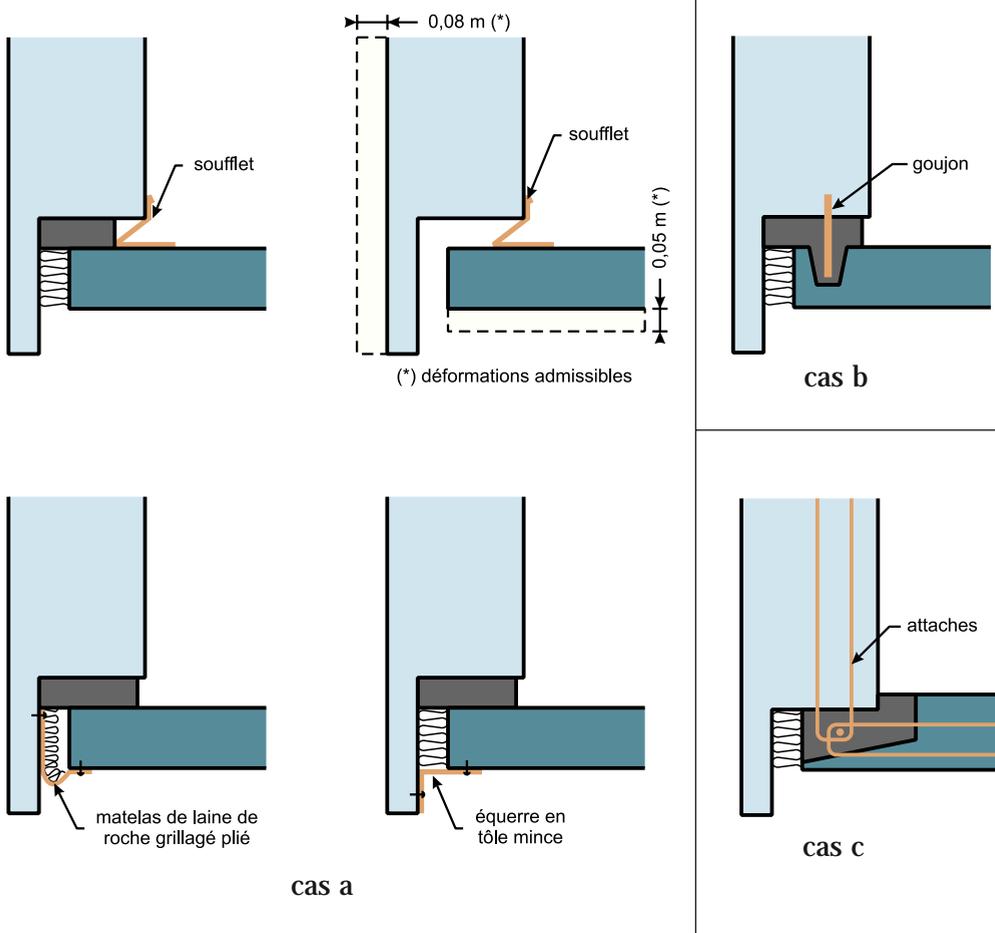
- **Pour les ERP et IGH** : étanchéité de la jonction panneau-plancher réalisée selon l'une des dispositions de la circulaire n° 249 pour assurer l'étanchéité au feu.

Deux cas sont visés :

1. Le plancher repose sur un panneau inférieur : pas de disposition particulière.

2. Le plancher ne repose pas sur un panneau inférieur (cas des allèges préfabriquées notamment). Dans ce cas, pour éviter l'ouverture des jonctions sous l'effet du gradient thermique, trois dispositions sont applicables (déformations à prévoir : 8 cm vers l'extérieur pour le panneau, 5 cm vers le bas pour le plancher) :

- cas a : réaliser un soufflet ou un calfeutrement par contact élastique en laine de roche par exemple ;
- cas b : utiliser un dispositif qui ne s'oppose pas au déplacement vertical du plancher ;
- cas c : utiliser un dispositif qui s'oppose à tout mouvement relatif.



Annexe 3 • Glossaire

A

accélérateur de durcissement

n. m. Adjuvant*. Introduit dans l'eau* de gâchage, il raccourcit la durée de la phase de durcissement* du béton.

accélérateur de prise

n. m. Adjuvant*. Introduit dans l'eau* de gâchage, il diminue les temps de début et de fin de prise* du ciment* dans le béton, en favorisant l'hydratation* du liant*.

acidé (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton durci par application d'une solution d'acide puis rinçage à l'eau pour faire apparaître les grains fins ou les gros granulats.

addition

n. f. Matériau minéral finement divisé, ajouté au béton pour modifier certaines de ses propriétés. On distingue les additions calcaires, les additions siliceuses, les cendres volantes, les fumées* de silice et le laitier* de haut fourneau. Les additions sont normalisées.

adjuvant

n. m. Produit chimique incorporé à faible dose (moins de 5 % de la masse du ciment*) dans le béton ou le mortier*, afin de modifier certaines de ses propriétés. L'incorporation se fait soit avant, soit pendant le mélange, soit au cours d'une opération supplémentaire de malaxage*. Selon l'effet recherché, on peut distinguer, trois grandes familles d'adjuvants :

- action sur les délais de prise* et de durcissement* : ce sont d'une part les accélérateurs* de prise et les accélérateurs* de durcissement, d'autre part les retardateurs* ;
- action sur la plasticité et la compacité* : ce sont les plastifiants* et les superplastifiants* ;
- action sur la résistance aux agents extérieurs : ce sont les entraîneurs* d'air, les antigels*, les antigélifs et les hydrofuges* de masse.

affaissement au cône d'Abrams

n. m. Valeur, exprimée en centimètres, obtenue par un essai normalisé, dit « essai d'affaissement » ou « essai au cône d'Abrams » (du nom de son inventeur), ou encore « slump test », effectué sur un moule tronconique rempli de béton frais*. On apprécie ainsi la consistance, donc l'ouvrabilité* du béton. Un béton très ferme aura un affaissement infé-

rieur à 3 cm, un béton très plastique (pour voiles et dalles armés), un affaissement supérieur à 16 cm.

agrégat

Terme impropre. voir Granulat.

aiguille vibrante

voir Pervibrateur.

antigel

n.m. Adjuvant évitant le gel du béton frais grâce à une accélération de la prise et du durcissement du ciment.

antigélif

n.m. Adjuvant entraîneur d'air protégeant le béton durci contre les effets du gel (éclatements, écaillage).

apparent (béton -)

adj. Béton dont la peau* n'est revêtue d'aucun parement* qui viserait à occulter son aspect.

architectonique (béton -)

adj. Béton qui, par sa forme, sa teinte et sa texture, participe pleinement de la qualité architecturale d'un ouvrage, par opposition à un béton caché, dont le rôle ne serait que structurel.

armatures

n. f. pl. Éléments en acier noyés dans le béton afin de lui conférer une résistance à la traction. L'ensemble des armatures d'un élément de construction en béton armé constitue le ferrailage*.

armé (béton -)

adj. Béton dans lequel des armatures* d'acier – fils, ronds, barres, treillis soudés, etc. –, judicieusement disposés, reprennent les efforts de traction.

autoplaçant (béton -) (BAP)

adj. Béton qui n'a pas besoin de vibration* pour être mis en place, du fait de sa grande ouvrabilité*. Il est également nommé béton autocompactant, autonivelant (BAN).

B

BAEL 91 (Règles)

sigle. Abréviation pour « béton armé aux états limites ». Recueil des règles techniques fran-

çaises pour la conception et le calcul des ouvrages en béton armé suivant la méthode des états limites ; dernière édition : 1991.

banche

n.f. Élément modulaire de coffrage*, généralement vertical, utilisé pour réaliser des murs, voiles, refends ou, éventuellement, des poteaux.

banché (béton -)

adj. Béton coulé, puis généralement vibré entre deux banches* de coffrage*.

béton

n. m. Matériau de construction formé par le mélange de ciment*, de granulats* et d'eau*, éventuellement complété par des adjuvants* et des additions*. Ce mélange, qui est mis en place sur le chantier ou en usine à l'état plastique, peut adopter des formes très diverses parce qu'il est moulable ; il durcit progressivement pour former finalement un monolithe. Selon sa formulation*, sa mise en œuvre et ses traitements de surface, ses performances et son aspect peuvent considérablement varier.

BHP

sigle. Abréviation pour « béton à hautes performances ». Ce béton – rendu par sa formulation* particulièrement compact, donc de faible porosité – présente une résistance* mécanique (de 60 à 120 MPa) et une durabilité* très supérieures aux bétons courants.

blanc (béton -)

adj. Béton de teinte claire dont le liant* est du ciment* blanc, c'est-à-dire contenant très peu d'oxydes métalliques, et qui comporte également des sables* blancs, auxquels sont éventuellement ajoutés des fines* blanches ou de l'oxyde de titane.

bloc béton

n. m. Élément de construction pour maçonnerie, de forme parallélépipédique, couramment appelé « parpaing ». Un bloc creux pèse environ 20 kg, pour des dimensions de 20 x 20 x 50 cm.

bouchardé (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton durci par un traitement mécanique à l'aide d'une boucharde faisant éclater la surface du béton pour offrir un aspect rugueux plus ou moins prononcé. Ce traitement fait ressortir la structure interne des gros granulats.

C

bouchonnage

n. m. Opération intermédiaire du polissage et du sablage de la peau* du béton après durcissement*, qui consiste à boucher avec une pâte* de ciment* les petites cavités qui seraient apparues lors de ce traitement de surface.

BPE

sigle. Abréviation pour « béton prêt à l'emploi ». Béton frais* préparé dans une centrale* à béton, généralement extérieure au site de construction. Il est livré sur le chantier, dans des camions toupies, malaxé et prêt à être coulé.

BPEL

sigle. Abréviation pour « béton précontraint aux états limites ». Recueil des règles techniques françaises pour la conception et le calcul des ouvrages en béton précontraint suivant la méthode des états limites ; dernière édition : 1991.

BPR

sigle. Désignation commerciale abrégée pour « béton de poudres réactives ». Béton, qui représente un exemple de l'évolution la plus récente du matériau, composé de poudres (sables*, ciment*, quartz, fumées* de silice) dont la taille des plus gros grains est inférieure à 0,5 mm, et de micro-fibres métalliques. Il est fabriqué dans des conditions semblables à celles des bétons classiques, avec un E/C très faible. Sa performance mécanique, dans la version actuelle, est très élevée (environ 200 MPa).

brossé ou strié (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton frais par passage d'une brosse à poils durs faisant apparaître partiellement les granulats et formant sur la surface de fines cannelures.

brûlé (aspect de surface)

voir flammé

brut (béton -)

adj. Béton dont la peau* n'a reçu aucun traitement de surface après le décoffrage*.

bullage

n. m. Défaut de surface caractérisé par la présence de petites cavités sur la peau* du béton à l'issue du décoffrage*, lié à la persistance de bulles d'air dans le mélange.

calage d'armatures

n. m. Opération consistant à positionner les armatures conformément aux plans d'exécution, afin que lors du coulage elles ne bougent pas, et de s'assurer notamment que leur enrobage* reste suffisant. On a recours à de petites pièces en béton ou en plastique – nommées « cales », ou encore « distanciers » – qui sont ensuite noyées dans le béton. Dans des cas très particuliers, les cages d'armature peuvent être suspendues pour éviter tout contact avec le coffrage* ou le moule*.

calepinage

n. m. Établissement d'un calepin, c'est-à-dire d'un ensemble de dessins où sont réglés, pour les murs, l'implantation des divers joints* et trous de serrage des banches*, ainsi que les éventuelles plages d'enduit* ; pour les sols, l'organisation des dalles et joints*.

capillaire

n. m. Petit canal tubulaire (de la largeur d'un cheveu, d'où son nom) présent à l'intérieur d'un matériau. Les capillaires forment un réseau très ramifié reliant entre elles les petites cavités internes au matériau, lui donnant ainsi son caractère de plus ou moins grande porosité*.

capillarité

n.m. Phénomène physique se traduisant par la progression d'un liquide à travers les canaux les plus fins d'un corps ou dans des tubes fins ; ce phénomène est dû à la tension superficielle d'un liquide au contact d'une paroi.

carbonatation

n. m. Réaction chimique de combinaison de la chaux* libre du béton avec le gaz carbonique de l'air.

caverneux drainant (béton -)

adj. Béton dont la formulation* comporte peu ou pas de fines*, ce qui provoque un enrobage* partiel des granulats* par le liant*, donc la formation de vides d'air. Le béton devient dès lors poreux, et drainant.

CCV

Abréviation pour « composite ciment verre », dont l'équivalent anglais est le GRC (abréviation pour « glass reinforced concrete »). Béton de fibres* de verre, souvent utilisé pour

la fabrication d'éléments d'habillage (bardage, capotage).

cellulaire (béton -)

adj. Béton léger*, constitué de mortier* (mélange de sables* et de ciment*) dans lequel ont été créées artificiellement des bulles de gaz, ce qui a pour effet de l'alléger et d'améliorer sa résistance thermique. Il est produit industriellement en blocs ou en panneaux. Son poids spécifique est de 500 à 600 kg/m² (contre 2 300 kg/m² pour un béton courant).

centrale à béton

n. f. Équipement fixe de production industrielle de Béton prêt à l'emploi (BPE*).

chaînage

n. m. Élément de construction en béton armé*, qui solidarise les parois et les planchers d'un bâtiment. On distingue le chaînage horizontal, qui ceinture chaque niveau au droit des planchers ; et le chaînage vertical, employé aux angles d'une construction et au droit des refends.

chape

n. f. Ouvrage en mortier* de ciment*, coulé en faible épaisseur (3 à 5 cm) sur un plancher afin d'en assurer la planéité.

chaux

n. f. Liant* obtenu par la calcination de calcaires plus ou moins siliceux. On distingue les chaux aériennes, dont le durcissement* s'effectue sous l'action du gaz carbonique de l'air, et les chaux hydrauliques, dont la prise* s'effectue au contact de l'eau.

ciment

n. m. Liant* hydraulique en poudre. Mélangée avec de l'eau*, la poudre fait prise* et, en durcissant, solidarise sables* et granulats* pour constituer les bétons ou mortiers*. Le ciment Portland, mis au point au début du XIX^e siècle, résulte du broyage d'éléments où domine le clinker* (minimum 95 %) : c'est le « Ciment Portland », ou CEM I ; d'autres constituants* – laitier*, cendres volantes, fumées* de silice – peuvent être associés en remplacement du clinker pour obtenir les ciments Portland composés (CEM II/A ou B) les ciments de haut fourneau (CEM III/A, B ou C) les ciments pouzzolaniques (CEM IV/A ou B) et les ciments composés (CEM V/A ou B).

cire

voir Décoffrant.

ciré (béton -)

adj. Béton dont la peau*, après durcissement*, reçoit un traitement de surface par imprégnation d'une cire, généralement incolore.

clair (béton -)

adj. Béton dont le ciment* et les autres constituants* – éléments fins, sables*, granulats* – sont tous de teinte claire.

classe d'environnement

n. f. Élément d'un classement normalisé permettant d'apprécier l'agressivité physique et chimique d'un environnement auquel les constructions en béton sont exposées.

classe de résistance d'un ciment

n. f. Élément d'un classement normalisé, défini par la valeur minimale de résistance à la compression (exprimée en N/mm²) d'un ciment*. Elle est mesurée sur une éprouvette de mortier* de ciment 28 jours après sa confection. Il existe trois classes : 32,5 ; 42,5 ; 52,5.

clinker

n. m. Constituant du ciment*, qui est commun à tous les ciments courants, et qui prend la forme de granules durs résultant de la cuisson d'un mélange composé d'environ 80 % de calcaire et 20 % d'argile.

coffrage

n. m. Moule dans lequel est coulé le béton, qui est retiré après la prise* et le durcissement* de ce dernier.

coloré (béton -)

adj. Béton dont la teinte dépend de celles du ciment* et des granulats* qui le composent, auxquels peuvent être ajoutés des pigments* colorants.

compacité

n.f. Qualité témoignant du rapport entre le volume théorique absolu, c'est-à-dire sans vide, d'un corps sec et son volume apparent. Une compacité de 0,95 indique que 5 % de vides subsistent dans le matériau considéré.

compactage

n. m. Opération consistant à tasser mécaniquement un béton, par vibration* ou pilonnage, afin d'éliminer les vides présents dans le mélange, donc en augmentant la compacité*.

composition (du béton)

voir Formulation.

cône d'Abrams (essai au -)

voir Affaissement au cône d'Abrams.

cône de Marsh

n. m. Appareil permettant de mesurer la viscosité*, c'est-à-dire la capacité à s'écouler d'un coulis* de ciment*.

consistance

voir Ouvrabilité.

constituant du béton

n. m. Élément entrant dans la formulation d'un béton : ciment*, granulats*, eau*, adjuvants* ou addition*.

constituants du ciment

n.m.pl. Ensemble de matériaux définis par la norme NF EN 197-1 entrant dans la composition du ciment dans une proportion variant selon le type de ciment.

Les différents constituants sont le clinker Portland, le laitier granulé de haut fourneau, les pouzzolanes naturelles, les cendres volantes, les schistes calcinés, les calcaires, les fumées de silice.

corrosion des armatures

n. f. Phénomène chimique d'oxydation altérant la surface des armatures* d'acier, dû soit à une trop grande porosité* du béton, soit à un enrobage* insuffisant.

coulis de ciment

n. m. Mélange fluide de ciment, d'adjuvants et d'eau pour le remplissage des joints* et des fissures, ou l'injection dans des gaines de précontrainte*.

coulure

n. f. Défaut d'aspect d'une paroi en béton, dû au ruissellement des eaux salées sur une façade.

CP

sigle. Notation normalisée de ciments*, à teneur en sulfures limitée. Ces ciments sont essentiellement utilisés pour les bétons précontraints*.

cure

n. f. Opération de protection d'un béton pendant la phase de prise et de durcissement – par arrosage ou application de produits de cure –, pour éviter sa dessiccation*.

D

décoffrage

n. m. Opération d'enlèvement des coffrages* dans lesquels a été coulé le béton, après durcissement* de celui-ci.

décoffrant

n. m. et adj. Produit anti-adhérent - huile minérale, résine, cire* ou autre agent chimique - appliqué à la brosse ou pulvérisé avant le coulage sur les banches* ou peaux* de coffrage, afin de faciliter le décoffrage* et la réutilisation des coffrages.

démoulage

voir Décoffrage.

démoulant

voir Décoffrant.

désactivé (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu par la mise en place d'un désactivant lors du coulage. La surface est ensuite décapée au jet d'eau ou broyée pour faire apparaître les granulats.

dessiccation

n. f. Phénomène d'évaporation de l'eau contenue dans un béton. Cette phase ne doit pas intervenir trop vite, afin de ne pas interrompre les processus de prise* et de durcissement*.

distancier

voir Calage d'armatures.

dormante (phase -)

adj. Étape préalable à la prise* du ciment*, après son gâchage à l'eau*. Pendant une durée qui va de quelques minutes à quelques heures, la pâte semble rester inchangée.

dosage

voir Formulation.

drainant (béton -)

adj. Béton, utilisé en dallage ou en revêtement de chaussée, suffisamment poreux pour absorber l'eau de pluie et prévenir la formation de flaques.

dressé (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton frais par tirage d'une règle guidée par les joues du moule.

durabilité

n. f. Qualité caractérisant la tenue dans le temps sans altération ni détérioration d'un matériau.

durcissement

n. m. Étape dans l'évolution des mortiers* et bétons : après la prise*, le matériau passe de l'état plastique à l'état solide et acquiert sa résistance.

E
E/C

Expression désignant le rapport entre le poids d'eau* efficace et le poids de ciment* d'un béton.

eau de gâchage

n. f. Eau incorporée au mélange liant* et granulats* afin d'enclencher sa prise* et conférer au béton sa plasticité, donc son ouvrabilité*. La qualité de l'eau de gâchage doit répondre à une norme.

éclaté (béton -)

adj. Parement, obtenu par fendage de la surface, faisant apparaître l'ensemble des constituants, avec cassure des gros granulats.

efflorescence (du béton)

n. f. Défaut d'aspect affectant la peau* des bétons, mortiers* et enduits*, qui consiste en l'apparition d'un dépôt cristallin souvent blanchâtre dû à la carbonatation* de la chaux*.

enduit

n. m. Revêtement superficiel (environ 2 cm pour les enduits traditionnels) constitué de ciment* et/ou de chaux* hydraulique, destiné à recouvrir une paroi, afin d'en homogénéiser la surface et de l'imperméabiliser. On distingue les enduits traditionnels (qui nécessitent 3 couches), les bicouches, enfin les monocouches (à base de mortiers industriels et appliqués en 2 passes).

enrobage des armatures

n. m. Épaisseur de béton (généralement de 2,5 à 4 cm en bâtiment) entre une armature* et la peau* de la paroi coulée, qui permet d'assurer la protection contre la corrosion* du ferrailage*.

entraîneur d'air

n. m. Adjuvant*. Introduit dans l'eau* de gâchage, il provoque dans le béton ou le mortier* la formation de microbulles d'air. Réparties uniformément dans le mélange, elles améliorent la résistance au gel du béton après son durcissement*.

entrevous

voir Hourdis.

épaufure

n. f. Défaut de surface dû à un choc accidentel sur le parement ou l'arête d'un élément de béton durci.

équivalent de sable (essai d'-)

Test normalisé pratiqué sur un échantillon de sable* afin d'en mesurer la propreté.

ES

Notation désignant des ciments* utilisés pour les travaux en eaux à forte teneur en sulfates.

étuvé (béton -)

adj. Béton dont on a accéléré la prise* et le durcissement* en le chauffant dans une ambiance humide (c'est l'étuvage). Ce procédé, généralement destiné à la fabrication d'éléments industrialisés, permet de réduire les délais de décoffrage*.

F
faiénçage

n. m. Phénomène de microfissuration régulière et superficielle de la peau des enduits* et bétons, dû à un retrait* superficiel trop important ou rapide.

ferrailage

n. m. 1. Ensemble des armatures* d'acier d'un élément de construction en béton armé*. 2. Opération de mise en place de ces armatures dans les coffrages* avant le coulage.

feutré (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton frais par passage d'une brosse souple ou d'une plaque de polystyrène expansé.

fibres (béton de -)

n.f. Matériau composite formé de béton ou mortier* mélangé avec des fibres métalliques, de verre ou de synthèse, dont la section est de l'ordre du millimètre et la longueur de

quelques centimètres. Les bétons de fibres présentent une très bonne résistance* aux chocs et un comportement à la rupture supérieur à celui des bétons courants.

filler

n. m. Terme normalisé pour un granulats* finement divisé (inférieur à 2 mm) qui figure parmi les constituants* du béton.

finés

n. f. pl. Éléments fins – quel que soit le constituant* dont ils font partie (ciment*, filler*, sable*, addition*) – dont la dimension est inférieure à 0,063 mm. Ce terme n'est pas normalisé.

fissuration

n. f. Apparition de petites fentes à l'intérieur ou sur la peau* d'un enduit*, d'un mortier* ou d'un béton, dues aux phénomènes de dessiccation* et de retrait* ou à des sollicitations excessives. Des fissures prévues et contrôlées n'affectent pas la durabilité* d'un béton.

flammé (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton durci par éclatement superficiel de la surface sous l'action de la chaleur d'une flamme, faisant ressortir les granulats.

fluage

n. m. Déformation lente et irréversible d'un corps sous l'effet d'une force extérieure ou de son propre poids. Pour le béton, le risque de fluage – qui peut se manifester au jeune* âge – diminue très rapidement dans le temps, avec l'accroissement des résistances*. Les règles de calcul du béton armé prennent en compte forfaitairement les effets du fluage.

fluide (béton -)

adj. Béton d'une grande ouvrabilité*.

fluidifiant

voir Superplastifiant.

formulation

n. f. Opération consistant à définir le dosage – en poids plutôt qu'en volume – des divers constituants* d'un béton, afin de satisfaire aux exigences de résistance* et d'aspect souhaitées.

frais (béton -)

adj. Béton dans la phase qui suit le malaxage* et précède la prise*, c'est-à-dire dans un état plastique qui permet son transport et sa mise en place. On apprécie l'ouvrabilité* d'un béton

durant cette phase de sa fabrication, en soumettant un échantillon à un essai à l'affaissement* au cône d'Abrams.

fumées de silice

n. f. pl. Constituant* éventuel des ciments* et/ou addition* éventuelle des bétons, composé de particules très fines (de l'ordre de 0,001 mm, soit 1µ) présentant une très forte teneur en silice amorphe.

G

gâchage

voir Malaxage.

gâchée

n. f. Quantité de béton frais* obtenue en une seule opération de malaxage*.

gélivité

n. f. Sensibilité d'un matériau au gel. La durabilité* des bétons peut être affectée par les cycles de gel et dégel ainsi que par les sels de déverglaçage, du fait de leur porosité* plus ou moins importante. L'utilisation d'un entraîneur* d'air permet d'améliorer la tenue au gel d'un béton.

gommage

n. m. Opération de sablage extrêmement fin d'une surface de béton pour en homogénéiser l'aspect ou le nettoyer.

granularité

n. f. 1. Distribution dimensionnelle des grains d'un granulats*. 2. Distribution et proportion relative des différents granulats composant un béton.

granulat

n. m. Constituant* du béton. Ensemble de grains minéraux que l'on désigne, suivant leur dimension (comprise entre 0 et 125 mm) : fillers*, sablons*, sables* ou gravillons*. On distingue les granulats naturels issus de roches meubles ou massives lorsqu'ils ne subissent aucun traitement autre que mécanique et les artificiels lorsqu'ils proviennent de la transformation thermique ou mécanique de roches ou minerais. Les granulats naturels peuvent être roulés, de forme arrondie, d'origine alluvionnaire ou concassés, de forme angulaire, issus de roches de carrière. La nature des liaisons entre les granulats et la pâte de ciment* influence fortement la résis-

tance* du béton. À noter que, depuis 1983, le terme de granulats a remplacé, dans les normes, celui d'agrégat.

granulométrie

n. f. Mesure de la granularité* d'un granulats*, c'est-à-dire de l'échelonnement des dimensions des grains qu'il contient, par passage de celui-ci à travers une série de tamis à mailles carrées dont les dimensions sont normalisées.

gravillon

n. m. Granulats* constituant* du béton, dont les grains ont une dimension comprise entre 1 et 125 mm.

GRC

sigle. Abréviation pour l'anglais « glass reinforced concrete ». voir CCV et Fibres (béton de -).

grenailé (béton -)

adj. Béton dont la peau* a subi, après durcissement*, une projection violente de grenaille, c'est-à-dire de petites billes d'acier de dimension inférieure à 1 mm. Ce procédé décape le parement* et produit un effet qui rappelle celui du sablage*, en plus rugueux.

grésé (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton durci par abrasion à l'aide d'une meule pour faire ressortir la texture du béton. La surface est rugueuse et conserve les traces de l'outil.

gris (béton -)

adj. Béton dont le liant* est du ciment* de teinte grise. C'est la couleur des bétons courants.

H

hautes performances (béton à -)

voir BHP.

homogénéité (du béton)

n. f. Caractère d'un béton, qui désigne la qualité de cohésion entre ses divers constituants* et la régularité de leur mélange. L'homogénéité conditionne l'uniformité des propriétés physiques et chimiques du béton (résistance*, porosité*, aspect de surface, etc.).

hourdis

n. m. Corps creux de remplissage (également appelé « entrevous »), en béton, terre cuite ou polystyrène, posé entre les poutrelles* d'un plancher. Les hourdis en béton servent généralement de coffrage* à une dalle de compression solidaire des poutrelles ; dans d'autres cas, ils intègrent la dalle de compression et sont porteurs. Les hourdis en polystyrène, spécialement adaptés aux planchers sur vide sanitaire et hauts de cave, assurent une isolation thermique performante.

huile (de décoffrage)

voir Décoffrant.

hydratation (des ciments)

n. f. Phénomène chimique par lequel un ciment* fixe l'eau* de gâchage et enclenche les processus de prise* puis de durcissement*. Cette réaction s'accompagne d'un dégagement de chaleur plus ou moins important selon le type* de ciment.

hydrofuge de masse

n. m. Adjuvant*. Introduit dans l'eau de gâchage*, il réduit, après le durcissement* du béton, l'absorption de l'eau par capillarité*, et donc améliore l'étanchéité.

hydrofuge de surface

n. m. Adjuvant*. Appliqué à la brosse ou pulvérisé sur la peau* du béton après durcissement*, il l'imperméabilise superficiellement.

I

imprimé (béton -)

adj. Béton frais* sur la peau* duquel on a appliqué un colorant puis une matrice* pour reproduire en négatif le motif qu'elle porte en positif ; on peut ainsi obtenir, par exemple, un effet de pavés à la parisienne.

incrustation

n. f. Opération consistant à insérer des éléments décoratifs – galets, plaques métalliques, céramiques, etc. – dans le béton, soit avant le coulage en fond de coffrage*, soit après le décoffrage*, à l'intérieur de réservations* ménagées à cet effet.

insert

n. m. Élément fixé à l'intérieur du coffrage* ou du moule* avant le coulage du béton, destiné à assurer une fonction ultérieure dans la pièce produite : douille de fixation, rail d'ancrage, pièce de manutention, plaque de soudage, élément de levage, etc.

J

jeune âge (béton au -)

Expression. Phase au cours de laquelle les propriétés chimiques et physiques du béton, en cours de prise* et en début de durcissement, évoluent rapidement. Cette terminologie ne fait pas l'objet d'une normalisation.

joint de dilatation

n. m. Joint de structure, qui divise un ouvrage en plusieurs parties indépendantes de dimensions limitées, afin de reprendre les divers mouvements de la construction et éviter ainsi une fissuration* diffuse.

joint de retrait

n. m. Joint dont la fonction est de reprendre le retrait* lié à la prise* du matériau, en concentrant la fissuration* sur la ligne de faiblesse structurelle qu'il forme. Il est réalisé soit par réservation* avant le coulage (bague), soit par scellement de profilés perdus dans le support, soit par sciage a posteriori.

joint de rupture

n. m. Joint de structure ménagé entre deux parties distinctes d'une même construction, afin que les divers mouvements de chacune d'elles ne soient pas transmis à l'autre.

L

laitance

n. f. Mélange très fluide de ciment*, d'éléments fins et d'eau*, qui a tendance à migrer vers la peau et à couler dans les irrégularités, trous et interstices des moules, créant en surface des taches et auréoles dues à l'enrichissement en grains de ciment.

laitier

n. m. Sous-produit de la fusion en haut-fourneau du minerai de fer. Selon que l'on opère ensuite un refroidissement lent ou rapide à l'eau, on obtient du laitier cristallisé – que l'on utilise en granulats* — ou du laitier granulé – que l'on peut utiliser, après broyage, comme constituant du ciment* ou addition* du béton.

lasure (parfois orthographié lazure)

n. f. Solution translucide, le plus souvent à base de copolymères, appliquée au rouleau, utilisée pour protéger et décorer le béton. Généralement colorée, elle laisse apparaître la matière de la peau* du béton.

lavé (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton frais par lavage au jet d'eau pour faire apparaître partiellement les granulats.

léger (béton -)

adj. Béton dont la masse volumique est comprise entre 300 et 1 800 kg/m³ (contre 2 300 kg/m³ pour un béton courant), soit par une formulation* recourant à des granulats* légers, soit par la création de vides dans le matériau en provoquant une réaction chimique avec dégagement gazeux. Les bétons légers connaissent de nombreuses applications dans le bâtiment, qu'ils aient été produits industriellement ou coulés en place.

liant

n. m. et adj. Matière ayant la propriété de passer – dans certaines conditions (en présence d'eau* de gâchage pour les liants hydrauliques) – de l'état plastique à l'état solide, qui est donc utilisée pour assembler entre eux des matériaux inertes. Constituant* du béton qui, à la suite du processus de prise*, assure la cohésion des granulats*.

lissé (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton frais par passage d'une truelle ou d'une lisseuse.

lourd (béton -)

adj. Béton dont la masse volumique dépasse les 3 000 kg/m³ et peut atteindre 6 000 kg/m³ (contre 2 300 kg/m³ pour un béton courant), grâce à l'usage de granulats* très denses. Les bétons lourds sont utilisés notamment pour la réalisation de lests ou la protection contre les rayons radioactifs.

M

malaxage

n. m. Phase de la fabrication des bétons, au cours de laquelle sont mélangés les divers constituants* dans une bétonnière ou un malaxeur*.

malaxeur

n. m. Machine fixe servant à fabriquer du béton. Elle comporte une cuve équipée de palettes tournant sur un axe généralement vertical. Le malaxeur permet une meilleure homogénéité* du mélange qu'une bétonnière.

maniabilité

voir Ouvrabilité.

mannequin

n. m. Outil destiné à faire des réservations* dans des éléments préfabriqués ou dans des pièces en béton banché.

matrice

n. f. Panneau de matière plastique souple doté de motifs décoratifs en creux ou en relief, servant en peau* de coffrage ou fond de moule* pour couler des parois en béton architectonique*.

meulage

n. m. Opération d'affûtage ou de ponçage à la meule. S'agissant du béton, on le pratique sur la peau*, après durcissement*, pour obtenir les finitions suivantes : grésée*, adoucie et polie*.

modénature

n. f. Proportion et disposition de l'ensemble des éléments, des moulures et des membres d'architecture qui caractérisent une façade.

module de finesse

n. m. Valeur, exprimée en pourcentage, qui rend compte de la granularité* d'un granulats*, en réalité surtout utilisée pour les sables*. Son calcul est effectué à la suite du passage du granulats à travers une série normalisée de tamis.

monoton

voir Toron.

mortier

n. m. Mélange de ciment*, de sables* et d'eau*, éventuellement complété par des adjuvants* et des additions*. Il se distingue du béton par son absence de gravillons*. Préparés sur le chantier – à partir de mortier industriel sec prédosé ou en dosant et mélangeant tous les constituants* – ou livrés sur place depuis une centrale*, les mortiers sont utilisés pour la réalisation de joints*, d'enduits*, de chapes* et divers travaux de scellement, reprise et bouchage.

moulabilité

n.f. Aptitude du béton frais à épouser les formes d'un coffrage ou d'un moule et à en garder la mémoire, à l'état durci, après décoffrage ou démoulage.

moule

n. m. Modèle en creux dans lequel on coule un matériau fluide – en l'occurrence le béton – qui, après durcissement* et retrait du coffrage*, aura pris sa forme. Les moules sont métalliques, en bois ou en diverses matières de synthèse.

mur manteau

n. m. Système d'isolation par l'extérieur rapporté sur le gros œuvre et protégé par un revêtement de type bardage ou vêtue.

mur rideau

n. m. Paroi extérieure de façade composée de panneaux préfabriqués légers rapportés et suspendus à l'ossature d'une construction. Il diffère du panneau de façade car il file devant les abouts de plancher.

N

nettoyage du béton

n. m. Opération consistant à éliminer, après le décoffrage* ou avant la livraison de l'ouvrage, les éventuelles salissures dues au chantier : ruissellements accidentels, projections de mortier*, traces de rouille, etc.

O

ouvrabilité

n. f. Qualité rendant compte de l'aptitude d'un béton à être mis en œuvre. Pour les bétons courants, on l'apprécie par une valeur de

consistance, qui est déterminée par l'affaissement* au cône d'Abrams. Il permet de distinguer quatre classes normalisées de béton : ferme (F), qui correspond à un affaissement inférieur à 4 cm ; plastique (P) – affaissement 5 à 9 cm ; très plastique (TP) – affaissement 10 à 15 cm ; enfin fluide (FL), pour un affaissement supérieur à 16 cm.

P

parement

n. m. Face d'un élément de construction conçue pour rester apparente, qui peut faire l'objet de nombreux traitements mécaniques ou chimiques.

parpaing

voir Bloc béton.

pâte de ciment

n. f. Mélange – dans des proportions définies par les normes (pâte pure) – de ciment* et d'eau*, réalisé pour différents essais relatifs aux caractéristiques du ciment.

peau de coffrage

n. f. Surface interne du moule* dans lequel est coulé le mélange. Sa qualité et son aspect déterminent ceux de la peau* du béton.

peau du béton

n. f. Surface externe d'un élément de construction, qui peut faire l'objet de nombreux traitements afin de modifier l'apparence du béton.

pervibrateur

n. m. Outil, couramment appelé « aiguille vibrante », permettant la vibration* interne, sur le chantier, d'un béton frais* venant d'être coulé. Il s'agit d'un tube métallique (contenant un moteur et un élément vibrant), d'un diamètre de 25 à 100 mm, que l'on plonge manuellement dans le béton.

pigment

n. m. Produit colorant broyé en poudre, introduit dans le mélange des constituants* des mortiers* et bétons pour les teinter dans la masse. Il s'agit essentiellement d'oxydes minéraux ou métalliques, ou de poudres organiques de synthèse.

Plan d'assurance qualité (PAQ)

n. m. Document décrivant les dispositions particulières prises par le fabricant, sur une famille de produits, dans le but de réaliser des produits conformes aux commandes.

plastifiant

n. m. Adjuvant*. Introduit dans l'eau* de gâchage, il améliore l'ouvrabilité* d'un béton en diminuant les frottements entre les grains du mélange.

PM

Abréviation. pour « prise mer ». Désignation normalisée de ciments* pour les travaux réalisés en environnement marin.

poli (béton -)

adj. Béton dont la peau* a subi, après durcissement*, des meulages* successifs de plus en plus fins, généralement suivis d'un bouchonnage* et de l'application d'un produit de protection. Si l'on dépasse quatre passes, on parle de « poli marbrier », qui permet l'obtention d'une surface parfaitement lisse et brillante.

poncé (béton -)

adj. Parement, obtenu par abrasion superficielle de la surface à l'aide d'une meule, dégageant partiellement les sables.

porosité

n. f. Volume des vides d'une matière poreuse. On la mesure par un pourcentage rapportant le volume de pores remplis d'eau ou d'air par unité de volume du matériau.

post-tension

n. f. Technique de précontrainte* consistant à mettre en tension les armatures* de précontrainte – qui sont constituées de câbles d'acier à haute limite d'élasticité (HLE) coulissant à l'intérieur de conduits ou de gaines – après le durcissement* du béton, par actionnement progressif de vérins.

poudres réactives (béton de -)

voir BPR.

poutrelle en béton

n. f. Élément de construction préfabriqué en béton armé* ou précontraint*. Ce composant industrialisé de faible section est utilisé pour constituer la structure de planchers en béton.

précontraint (béton -)

adj. Béton qui a subi une technique de précontrainte, mise au point dans les années trente par Eugène Freyssinet. Le béton est soumis à des contraintes de compression préalable à sa mise en service ; ces contraintes s'opposent à sa mise en traction éventuelle par les charges d'utilisation, en maintenant dans le béton un état de compression. La précontrainte, qui est pratiquée sur le site en génie civil et pour des éléments de construction de grande portée, peut être mise en œuvre par pré ou post-tension* de câbles d'acier.

prédalle

n. f. Élément de construction préfabriqué en béton armé* ou précontraint*, de faible épaisseur (5 à 12 cm) pour une largeur d'environ 2,50 m. Les prédalles servent à la fois de coffrage* et d'armature* pour les dalles pleines en béton : elles sont complétées par un béton coulé sur le chantier, de façon à constituer des dalles dont l'épaisseur totale varie, selon leur portée, de 16 à 20 cm.

préfabrication

n. f. Réalisation de composants de construction hors de leur emplacement définitif, en usine ou sur un site à proximité de l'ouvrage. On peut préfabriquer en béton de nombreux composants de structure – poteaux, poutres, panneaux porteurs – ou d'enveloppe – panneaux de façade, bardages – ainsi que des éléments standardisés – blocs*, poutrelles*, prédalles*, dalles alvéolées, tuiles – et enfin des pièces de voirie, d'assainissement ou de mobilier urbain.

prêt à l'emploi (béton -)

voir BPE.

pré-tension

n. f. Technique de précontrainte* d'éléments préfabriqués, nommée également « par fils adhérents », consistant à mettre en tension les armatures* de précontrainte avant le coulage du béton. Après durcissement* de celui-ci, on libère la tension de l'armature, qui se transmet au béton par adhérence des fils ou torons* en engendrant, par réaction, sa mise en compression.

prise

n. f. Étape de l'hydratation* des pâtes* de ciment*, mortiers* et bétons, d'une durée comprise entre quelques minutes et quelques heures, durant laquelle le mélange des

constituants* se raidit et commence à acquiescer sa résistance*.

produit de cure

voir Cure.

projeté (béton -)

adj. Béton propulsé, après malaxage* par voie mouillée, ou par voie sèche, sur un support sous forme de jet, en couches successives. Il permet de réaliser les formes les plus complexes (dômes, coques, etc.). Il est également souvent utilisé dans les travaux souterrains.

propreté (béton de -)

Béton maigre (c'est-à-dire peu dosé en ciment*), étalé sur le sol naturel ou en fond de fouilles pour réaliser une aire de travail plane et non terreuse.

R

ragréage

n. m. Opération d'enduction partielle d'une maçonnerie ou d'un voile à l'aide d'un mortier* fin. On y a recours pour obturer le bullage*, les épaufrures* et les défauts de surface éventuels consécutifs au décoffrage*, et obtenir un parement* lisse.

rapport E/C

voir E/C.

réducteur d'eau (plastifiant-)

n. m. Adjuvant*. Introduit dans l'eau* de gâchage, il réduit, à ouvrabilité* constante, la teneur en eau, et par conséquent augmente les résistances* mécaniques des bétons, mortiers* et coulis*.

réfractaire (béton -)

adj. Béton pouvant résister à des températures très élevées (jusqu'à 1 800 °C). Sa formulation* fait appel à des ciments* et à des granulats* réfractaires. Il est utilisé par exemple pour réaliser des parois intérieures de fours ou des cheminées.

règle vibrante

n. f. Outil permettant la vibration* externe de chapes* et dalles de béton, constitué d'un profilé métallique équipé d'un vibreur, que l'on fait glisser sur la surface à traiter.

remontée capillaire

n. f. Phénomène physique de remontée d'humidité depuis les fondations par capillarité* des constituants* d'une paroi.

reprise de bétonnage

n. f. Étape de la mise en place du béton, postérieure à l'arrêt de coulage. Elle donne souvent lieu à des dispositions particulières : armatures* en attente, aciers de couture, repiquage de la surface.

réservation

n. f. Cavité ou décaissé ménagé, dans une paroi ou une dalle, avant ou lors du coulage, en prévision du passage de conduits ou de la pose d'un équipement.

résistance d'un béton

n. f. Ensemble des caractéristiques de comportement sous les sollicitations de compression, traction et flexion. En France, elle est conventionnellement vérifiée pour les ouvrages en béton 28 jours après leur mise en place. Aux États-Unis, ce délai est de 56 jours.

ressuage

n. m. Phénomène d'exsudation de l'eau* de gâchage d'un béton avant le début de prise*. Ce processus est souvent dû à une formulation* insuffisante en fines*.

retardateur de prise

n. m. Adjuvant*. Introduit dans l'eau* de gâchage, il augmente les temps de début et de fin de prise* du ciment* dans un béton, un mortier* ou un coulis*.

retrait

n. m. Contraction du béton, due à des phénomènes hydrauliques – évaporation ou absorption de l'eau* de gâchage avant et au cours de la prise* – et/ou thermiques – du fait du refroidissement postérieur à l'élévation de température qui accompagne l'hydratation* du ciment*, ou de variations climatiques.

rhéologie

n. f. Étude des caractéristiques de viscosité* d'un matériau fluide et donc, pour le béton, de son ouvrabilité*.

rouleau à empreintes

n. m. Rouleau passé sur la surface d'un béton frais pour reproduire par incrustation les empreintes de l'outil. Également appelé rouleau à boucharder.

S

sablage

n. f. Technique d'abrasion du parement* d'une paroi durcie par projection à l'air comprimé d'un jet de sable. Selon la durée, la pression et la distance de cette opération, généralement pratiquée manuellement, l'érosion des granulats*, donc l'homogénéité de la peau* du béton, est plus ou moins importante. Le sablage peut être utilisé pour le nettoyage et l'entretien des ouvrages.

sable

n. m. Granulat* constituant* du béton, résultant de la désagrégation naturelle d'une roche minérale ou de son concassage mécanique, dont les grains sont de dimension inférieure à 6 mm.

sablé (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton durci par décapage à l'aide d'un jet de sable faisant apparaître plus ou moins les granulats.

sable (béton de -)

n.m. Béton dont les granulats sont uniquement constitués par le sable. Généralement utilisé localement dans les régions pauvres en gravillons.

sablon

n. m. Granulat* constituant* du béton qui, du point de vue dimensionnel, se situe entre les fillers* et les sables*.

séchage (du béton)

Terme impropre.
voir Durcissement.

ségrégation

n. f. Phénomène de séparation des constituants* d'un béton frais*, qui peut être provoqué par un malaxage* insuffisant ou par une vibration* excessive.

serrage

n. m. Étape de la fabrication des bétons, qui consiste, essentiellement par vibration*, à chasser l'air et à optimiser l'arrangement des grains du mélange pour en améliorer la compacité*.

slump test

voir Affaissement au cône d'Abrams.

spectre des armatures

n. m. Défaut d'aspect de la peau* d'un béton, due à la présence d'armatures* trop proches de la surface, ou à leur mise en vibration*.

strié (aspect de surface)

voir brossé.

superplastifiant

n. m. Adjuvant*. Introduit dans un béton, mortier* ou coulis* peu avant le coulage, il améliore très nettement l'ouvrabilité* du mélange, à rapport E/C* constant. Les superplastifiants étaient auparavant appelés « fluidifiants ».

T

taloché (aspect de surface)

adj. Aspect de surface obtenu sur béton frais par passage d'une taloche.

teneur en eau

voir E/C.

toron

n. m. Ensemble de fils d'acier à haute résistance torsadés en hélice. Un câble est constitué de un (monotoron) ou plusieurs torons.

type de ciment

n. m. Élément d'une classification normalisée selon la nature des constituants* d'un ciment. On distingue cinq types : Portland ; Portland composé ; de haut fourneau ; pouzzolanique ; au laitier et aux cendres. Le marquage d'un sac de ciment précise également sa classe* de résistance.

V

vibration

n. f. Opération de serrage* du béton frais* après sa mise en place, afin d'en améliorer la compacité*. La vibration peut être interne ou externe au béton.

viscosité

n. f. Caractéristique d'un matériau fluide tendant à s'opposer à son écoulement par gravité. Plus la viscosité d'un béton est faible, plus son ouvrabilité* est bonne.

Annexe 4 • Bibliographie

Aménagement urbain et produits de voirie en béton, Cimbéton, janvier 1997.

Architectures en France, 1985-1995, (CD-Rom), AMC, Le Moniteur, 1997.

Bétons apparents, Cimbéton, 1996.

Bétons et mortiers, Cimbéton, 1995.

Bétons, matière d'architecture, Techniques et Architecture, 1991.

Conception des bâtiments d'industrie, de commerce et de stockage, Cimbéton, 1995.

Conception des bâtiments et ouvrages de génie civil, Lacombe, Techniques de l'ingénieur.

Constructions parasismiques, Zacek, Parenthèses, 1996.

Construire avec les bétons, Cimbéton, 1999.

Construire en béton clair, Bétocib, 1992.

Construire en béton. Synthèse pour architecte, Walther, Trelean, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1993.

Durabilité et entretien des parements en béton clair à base de ciment blanc, Bétocib, 1994.

Guide pour l'établissement des projets de bâtiments, Bonhomme, Le Moniteur.

Guide Véritas du bâtiment, Bureau Véritas, Le Moniteur.

« Isolation acoustique aux bruits d'impact », *Sycodés* n° 38, p. 32.

« L'imperméabilité des façades », *Sycodés* n° 16, p. 41.

« La conception technique des ouvrages », *Sycodés* n° 14, p. 61.

La préfabrication lourde en panneaux, J. Lugez, Eyrolles, 1973.

Le beau béton, Morog, Le Moniteur, 1981.

Le logement collectif, Arnold, Le Moniteur, 1996.

Les bétons de ciment blanc, Bétocib, 1994.

Les bétons de ciment blanc. Prescriptions techniques, Bétocib, 1997.

« Les bétons préfabriqués », *Construction moderne* n° 81, Cimbéton, 1994.

Les hydrofuges. Comment choisir un hydrofuge ?

A. Bouineau et D. Garnier, Icomos, 1996.

« Les mastics dans le bâtiment », *Sycodés*, n° 29, p. 38.

Les traitements de surface des produits en béton, J. Bresson, CERIB, monographie n° 11, 1994.

Manuel de conception et de dimensionnement des murs de retenue en béton manufacturé, J. Dardare, Publication technique CERIB, n° 97.

Planning and design handbook on precast building structures,

A. Van Acker, FIP, 1994.

Précis de bâtiment (conception, mise en œuvre, normalisation), AFNOR, Nathan, 1991.

Protection des bétons par l'utilisation d'hydrofuge de surface et d'antigriffiti ne modifiant pas l'aspect des parements, Bétocib, 1997.

Réussir l'acoustique du bâtiment, L. Hamayon, Le Moniteur, 1996.

Sécurité incendie, fiche d'information, Cimbéton, 1995.

« Toitures-terrasses non accessibles », *Sycodés* n° 30, p. 29.

« Traitement de l'interface menuiserie - gros œuvre », *Sycodés* n° 25, p. 43.

Annexe 5 • Principaux textes de référence

Domaines d'utilisation des textes

1 : ciment et béton ; 2 : calcul et conception ; 3 : étanchéité à l'eau et à l'air ;
4 : acoustique ; 5 : thermique ; 6 : résistance mécanique ;
7 : réalisation ; 8 : sécurité d'utilisation et incendie ; 9 : séismes.

Arrêté du 25 janvier 1979	Accessibilité aux handicapés des installations neuves ouvertes au public.	8
Arrêté du 18 octobre 1977	Réglementation applicable aux immeubles de grande hauteur (IGH).	8
Arrêté du 25 juin 1980 modifié	Réglementation applicable aux établissements recevant du public (ERP).	8
Arrêté du 24 décembre 1980	Accessibilité des bâtiments d'habitation aux handicapés.	8
Arrêté du 31 janvier 1986 modifié	Réglementation incendie applicable aux bâtiments d'habitation.	8
Cahier des charges FIB 1996	Cahier des charges des éléments architecturaux en béton fabriqués en usine.	1 et 7
Cahier des charges FIB 1999	Cahier des charges référentiel des produits d'environnement en béton.	1 et 7
Cahier des charges FIB 1999	Cahier des charges des escaliers en béton fabriqués en usine.	1 et 7
Code du travail	Articles R 235-4-8 et R 235-4-15 Aménagements des lieux de travail.	8
Fascicule 65 A et additif 1992	Exécution des ouvrages en béton armé ou en béton précontraint par post-tension (fascicule du CCTG applicable aux marchés publics).	1, 2 et 7
Fascicule 65 B 1992	Exécution des ouvrages de génie civil de faible importance en béton armé.	1, 2 et 7
Prescriptions techniques du GS1 1987	Prescriptions techniques communes aux procédés de mur ou de gros œuvre.	2, 3, 6 et 7
Prescriptions techniques planchers du GS3 1996	Cahier des prescriptions techniques communes aux procédés de planchers.	2, 6 et 7

Prescriptions techniques Bétocib 1994	Les bétons de ciments blancs. Prescriptions techniques.	1, 2 et 7
Recommandations FIB 1993	Recommandations pour la maintenance du mobilier urbain en béton ou associé à d'autres matériaux.	1
Recommandations SNJF	Recommandations pour la réalisation des joints de bâtiment.	3
NF P 06-001 1986	Base de calcul des constructions – Charges d'exploitation des bâtiments.	6
P 06-002 1998	Règles NV 65 et annexe – Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes – Règles N 84 action de la neige sur les constructions.	6
NF P 06-004 1977	Bases de calcul des constructions. Charges permanentes et charges d'exploitation dues aux forces de pesanteur.	6
P 06-006 1996	Règles N 84 – Actions de la neige sur les constructions (fascicule 61).	6
NF P 06-013 1995	Règles de construction parasismique. Règles PS applicables au bâtiment dites règles PS 92. (référence DTU règles PS 92)(remplace règle PS 69 et annexes (P06003), février 1972)	9
NF P 06-014 1995	Règles de construction parasismique. Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés – Règles PS-MI 89 révisées 92. Domaine d'application – Conception – Exécution. (remplace règles PS-mi 89 (P06008), mai 1990)	9

P 10-210	1993	DTU 22.1. Travaux de bâtiment. Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire. Constituée par NF P 10-210 partie 1 : cahier des clauses techniques NF P 10-210 partie 2 : cahier des clauses spéciales	2, 3, 6 et 7
NF EN 197-1	2001	Ciments – Partie 1 : Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants.	1
XP P 18-540	1997	Granulats. Définitions, conformités, spécifications.	1
P 18-702	1992	Règles BAEL 91 – Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé, suivant la méthode des états limites.	3 et 6
P 18-703	1992	Règles BPEL 91 – Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états limites.	3 et 6
P 20-201	1974	DTU 36.1 / 37.1. Choix des fenêtres en fonction de leur exposition. Mémento pour les maîtres d'œuvre.	3
P 84-205	1993	DTU 43.2. Travaux de bâtiment. Étanchéité des toitures avec éléments porteurs en maçonnerie de pente supérieure ou égale à 5 %.	3
P 92-701	1993	Règles de calcul. Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton. (changement de statut du DTU, règle de calcul FB 1987).	8

Autres textes utiles

Arrêté du 21 avril 1983	Détermination du degré de résistance au feu des éléments de construction.	8
Arrêté du 30 juin 1983	Classification des matériaux de construction selon leur réaction au feu (méthodes d'essais).	8
Arrêté du 31 mars 1994	Accessibilité des établissements recevant du public aux handicapés.	8
Arrêté du 31 mai 1994	Classement minimal des matériaux de revêtement des escaliers des lieux de travail.	8
Arrêtés du 28 octobre 1994	Nouvelle réglementation acoustique pour les bâtiments d'habitation (NRA) – deux arrêtés.	8
Arrêté du 9 janvier 1995	Réglementation acoustique applicable aux établissements d'enseignement.	4
Arrêté du 5 mai 1995	Bruit des infrastructures routières.	4
Arrêté du 30 mai 1996	Modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et isolements acoustiques des bâtiments d'habitation affectés par le bruit.	8
Arrêté du 29 mai 1997	Règles de construction dans les zones sismiques.	9
Brochure 1477	Sécurité contre l'incendie. Nouvelle réglementation pour les ERP.	8
Brochure 1540-1	Détermination de la résistance au feu des éléments de construction.	8
Brochure 1540-2	Classement au feu des matériaux.	8
Circulaire du 7 juin 1974	Désenfumage dans les IGH.	8
Circulaire du 3 mars 1975	Sécurité incendie. Règles applicables aux parcs de stationnement couverts.	8

Circulaire du 4 octobre 1982	Accessibilité aux handicapés des bâtiments collectifs neufs.	8
Circulaire du 4 novembre 1987	Sécurité incendie. Règles applicables aux parcs de stationnement couverts de 6 000 à 20 000 m ² .	8
Décret 95-21 du 9 janvier 1995	Classement des infrastructures de transport terrestre.	4
Décret 95-22 du 9 janvier 1995	Limitation du bruit des aménagements et des infrastructures de transport terrestre.	4
Eurocode 7	(Géotechnique) Eurocode 7. Géotechnique, partie 1. Règles générales.	6
Fiche E4F 0278 OPPBT 1990	Préfabrication lourde dans le bâtiment. Stockage, transport, mise en œuvre des éléments.	7
Fiche E4F 0181 OPPBT 1993	Préfabrication lourde dans le bâtiment. Fabrication et dispositifs de manutention des éléments.	7
Fiche E4 M01 82 OPPBT 1994	Manutention des éléments préfabriqués au moyen de boucles de levage.	7
Fiche E4 M01 77 OPPBT 1993	Manutention des éléments préfabriqués du bâtiment au moyen de dispositifs spécifiques.	7
Instruction technique 249 modifiée 1982	Instruction technique relative aux façades.	8
Manuel pratique n° 34 OPPBT 1982	Préfabrication lourde dans le bâtiment. Stockage, transport, mise en œuvre.	7
Prescriptions techniques Qualitel 1996	Exigences vis-à-vis du label « confort acoustique » des bâtiments d'habitation.	2 et 4
Règles UEATC 1966	Règles relatives aux procédés de construction par grands panneaux lourds préfabriqués.	2 et 6
Solutions techniques MELATT-CSTB	Solutions techniques pour le respect du règlement thermique applicable aux immeubles collectifs de moins de cinquante logements.	5

NF P 01-012	1988	Dimensions des garde-corps. Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier.	7 et 8
NF P 01-013	1988	Essais des garde-corps – Méthodes et critères.	6
P 05-321	1986	Norme de performance dans le bâtiment. Présentation des performances des façades construites avec des composants de même origine. (EQV ISO 7361)	6
P 08-302	1990	Murs extérieurs des bâtiments. Résistance aux chocs. Méthodes d'essais et critères.	6
P 08-321	1986	Façades construites avec des composants. Essais de résistance aux chocs.	6
P 08-322	1986	Façades construites avec des composants. Essais de résistance aux pressions et dépressions statiques engendrées par le vent.	6
P 10-203	1993	DTU 20.12. Maçonnerie des toitures et d'étanchéité. Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité. Constituée par NF P 10-203 partie 1 : cahier des clauses techniques NF P 10-203 partie 2 : cahier des clauses spéciales	3
P 18-203	1977	DTU 21.4. Utilisation du chlorure de calcium et des adjuvants contenant des chlorures dans la confection des coulis, mortiers et bétons.	1
NF P 18-010	1985	Bétons. Classification et désignation des bétons hydrauliques.	1
P 18-011	1992	Bétons. Classification des environnements agressifs.	1

NF P 18-201	1993	Travaux de bâtiments. Exécution des travaux en béton. Cahier des clauses techniques. (ref DTU 21)	1 et 7
NF P 18-210	1993	Travaux de bâtiments. Murs en béton banché. Cahier des clauses techniques. (ref DTU 23.1)	1, 2 et 7
NF P 18-303	1941	Béton. Mise en œuvre. Eau de gâchage pour bétons de construction.	1
P 18-503	1989	Surfaces et parements de béton. Éléments d'identification.	1
XP P 18-305	1994	Béton. Bétons prêts à l'emploi.	1
P 18-504	1990	Béton. Mise en œuvre des bétons de structure.	1
P 18-597	1990	Granulats. Détermination de la propreté des sables : équivalent de sable à 10 % de fines.	1
P 19-201	1970	DTU 21.3. Dalles et volées d'escalier préfabriquées, en béton armé, simplement posées sur appuis sensiblement horizontaux.	7
P 23-201	1984	DTU 36.1. Menuiseries en bois. Cahier des clauses techniques.	3
P 24-203	1993	DTU 37.1. Travaux de bâtiment. Menuiseries métalliques. Constituée par NF P 24-203 partie 1 : cahier des clauses techniques NF P 24-203 partie 2 : cahier des clauses spéciales	3
P 28-002	1996	DTU 33.1. Travaux de bâtiment. Façades rideaux, façades semi-rideaux, façades panneaux. Constituée par XP P 28-002 partie 1 : cahier des clauses techniques XP P 28-002 partie 2 : cahier des clauses spéciales	2 et 7

XP P 28-004	1995	Façades légères. Façades rideaux, façades semi-rideaux, façade panneaux. Performances de l'ouvrage fini.	2 et 7
NF S 31-089	1990	Acoustique. Code d'essai pour la détermination des caractéristiques acoustiques d'écrans installés en champ libre.	4
P 50-702	1997	Règles TH-K – Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles aux parois de construction.	5
P 50-703	1991	Règles TH-D – Règles de calcul des déperditions de base des bâtiments neufs d'habitation.	5
P 50-704	1988	Règles TH-G – Règles de calcul du coefficient GV des bâtiments d'habitation et du coefficient G1 des bâtiments autres que d'habitation.	5
P 50-707	1988	Règles TH-BV – Règles de calcul du coefficient de besoin de chauffage des logements.	5
Arrêté du 1^{er} décembre 2000		Règles TH-C – Méthode de calcul du coefficient C de consommation globale d'énergie du bâtiment.	5
Arrêté du 1^{er} décembre 2000		Règles TH-E – Méthode de calcul des températures intérieures d'été d'un bâtiment.	5
P 84-204	1994	DTU 43.1. Travaux de mise en œuvre. Travaux d'étanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie.	3 et 7
NF P 87-301	1976	Escaliers – Marches et contremarches en béton de ciment pour volées droites.	2 et 5
NF P 95-101	1993	Ouvrages d'art. Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie – Reprise du béton dégradé superficiellement – Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés.	2 et 7

NF P 95-103	1993	Ouvrages d'art. Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie – Traitement des fissures et protection du béton – Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés.	2 et 7
XP P 98-405	1998	Barrières de sécurité routière. Garde-corps pour ponts et ouvrages de génie civil. Conception, fabrication, mise en œuvre.	7
NF P 99-610	1991	Mobilier urbain d'ambiance et de propreté. Bancs publics. Caractéristiques de robustesse et de stabilité des bancs publics.	2 et 6
NF EN 1793-1	1997	Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. Partie 1 : caractéristiques intrinsèques relatives à l'absorption acoustique.	4
NF EN 1793-2	1997	Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. Partie 2 : caractéristiques intrinsèques relatives à l'isolation aux bruits aériens.	4
NF EN 1793-3	1997	Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. Partie 3 : spectre sonore normalisé de la circulation.	4

Annexe 6 • Adresses utiles

AFNOR

Association française
de normalisation
Tour Europe Cedex 7
92049 Paris-la-Défense
Tél. : 01 42 91 55 55
Fax : 01 42 91 56 56
Site web : www.afnor.fr

AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION

9, boulevard Malesherbes
75008 Paris
Tél. : 01 44 74 98 00
Fax : 01 47 42 81 71
e-mail : mediareg@Club-internet.fr

ATILH

Association technique de l'industrie
des liants hydrauliques
7, place de la Défense
La Défense 4
92974 Paris-la-Défense Cedex
Tél. : 01 55 23 01 30
Fax : 01 49 67 10 46
e-mail : ciment.atilh@wanadoo.fr

BÉTOCIB

Association pour la promotion
de l'architecture en béton
de ciment blanc
7, place de la Défense - La Défense 4
92974 Paris-la-Défense Cedex
Tél. : 01 55 23 01 15
Fax : 01 55 23 01 16

CÉRIB

Centre d'études et de recherches
de l'industrie du béton manufacturé
BP 59
28231 Épernon Cedex
Tél. : 02 37 18 48 00
Fax : 02 37 83 67 39
Site web : www.cerib.com
e-mail : ouvrages@cerib.com

CERTU

Centre d'étude sur les réseaux,
les transports, l'urbanisme
et les constructions publiques
9, rue Juliette-Récamier
69456 Lyon Cedex 06
Tél. : 04 72 74 58 00
Fax : 04 72 74 59 00
Site web : www.certu.fr

CIMBÉTON

Centre d'information sur le ciment
et ses applications
7, place de la Défense
La Défense 4
92974 Paris-la-Défense Cedex
Tél. : 01 55 23 01 00
Fax : 01 55 23 01 10
Site web : www.cimbeton.asso.fr
e-mail : centrinfo@cimbeton.asso.fr

COFRAC

Comité français d'acrédition
37 rue Lyon
75012 Paris
Tél. : 01 44 68 82 20
Fax : 01 44 68 82 21
e-mail : cofrac@club-internet.fr

CSTB

Centre scientifique et
technique du bâtiment
4, avenue du Recteur-Poincaré.
75782 Paris Cedex 16
Tél. : 01 40 50 28 28
Fax : 01 45 25 61 51
Site web : www.cstb.fr

EFB

École française du béton
(c/o Cimbéton)
7, place de la Défense
La Défense 4
92974 Paris-la-Défense Cedex
Tél. : 01 55 23 01 07
Fax : 01 55 23 01 10

FB

Fédération de l'industrie du béton
23, rue de la Vanne
92126 Montrouge Cedex
Tél. : 01 49 65 09 09
Fax : 01 49 65 08 61
e-mail : fib@wanadoo.fr

LCPC

Laboratoire central
des Ponts et Chaussées
58, boulevard Lefebvre
75732 Paris Cedex 15
Tél. : 01 40 43 50 00
Fax : 01 40 43 54 98
Site web : www.lcpc.fr

QUALITEL

Association Qualitel
136, boulevard Saint-Germain
75006 Paris
Tél. : 01 42 34 53 29
Fax : 01 40 46 93 76

SEC

Syndicat français
de l'industrie cimentière
7, place de la Défense
La Défense 4
92974 Paris-la-Défense Cedex
Tél. : 01 55 23 01 23
Fax : 01 55 23 01 24

SNJE

Syndicat national
des joints et façades
6-14, rue La Pérouse
75784 Paris Cedex 16
Tél. : 01 56 62 10 03
Fax : 01 56 62 10 01

STRRES

Syndicat national des entrepreneurs
spécialistes de travaux de réparation
et renforcement de structures
3, rue de Berri
75008 Paris
Tél. : 01 44 13 31 44
Fax : 01 45 61 04 47

SYNAD

Syndicat national des adjuvants
pour bétons et mortiers
3, rue Alfred-Roll
75849 Paris Cedex 17
Tél. : 01 44 01 47 48
Fax : 01 44 01 47 47

UNPG

Union nationale des producteurs
de granulats
3, rue Alfred-Roll
75849 Paris Cedex 17
Tél. : 01 44 01 47 01
Fax : 01 46 22 59 74

Crédit photographique

H. Abbadie, N. Borel, H. Chapon, A. Goustard, l'Image contemporaine, Y. Lainville, J-R. Landecy, O. Martin-Gambier, G. Maucuit-Lecomte, M. Moch, J.-M. Monthiers, P. Muller, M. Plemet, M. Robinson, Tricycle, O. Wogenscky, X... droits réservés.

Illustration de la couverture

A. Fabre

Mise en page et réalisation

Amprincipe Paris
R.C.S. Paris B 389 103 805

Photogravure

Atelier André Michel

Impression

Gibert Clarey S.A.

Réédition mai 2001