

## ARCHITECTURE : CONSTRUIRE EN BÉTON PRÉFABRIQUÉ

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



# **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

---

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

---

---

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

---

● <b>6 Éléments pour un CCTP</b>	111
----------------------------------	-----

---

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

---

● <b>8 Glossaire</b>	129
----------------------	-----

---

● <b>9 Bibliographie</b>	139
--------------------------	-----

---

● <b>10 Principaux textes de référence</b>	143
--	-----

---

● <b>11 Adresses utiles</b>	151
-----------------------------	-----

---

● <b>12 Annexes</b>	155
---------------------	-----

---



*J.-B. Bethgnies et S. Leclair, laboratoire de l'INRA, Avignon.  
Éléments de façades de l'étage préfabriqués en béton blanc.*

# 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 aux normes NF EN 12620 et XP P 18-545. 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 NF EN 1008. 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 conformes à la norme NF EN 934-2 et sont pour la plupart certifié NF. Les produits de cures sont conformes à la norme NF P 18-370. 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.



Catherine Furez, logements  
Zac Masséna, Paris.  
Façades composées de panneaux  
préfabriqués en béton beige poli.

## 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

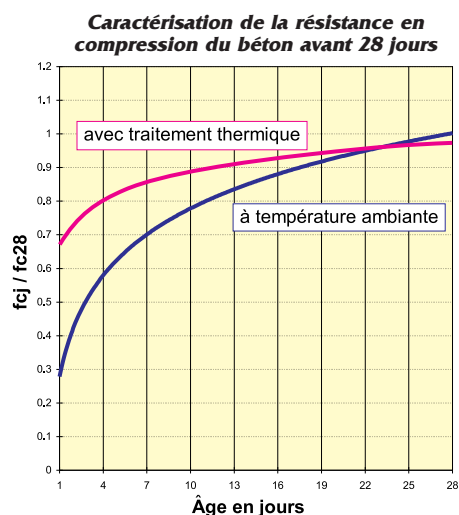
Masse volumique : 2 300 à 2 500 kg/m<sup>3</sup>.

Résistance en compression à 28 jours ( $f_{c28}$ ) : 30 à 80 MPa (1 MPa = 10 daN/cm<sup>2</sup>).

La résistance en compression avant 28 jours ( $f_{ci}$ ) 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.



Tadao Ando,  
plafond de  
l'espace  
de méditation  
de l'Unesco,  
Paris.

### Caractéristiques de quelques bétons spéciaux

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

## 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.



*Franck Hammoutène, IECB, Pessac.  
Panneaux de façade préfabriqués en béton blanc et éléments de parement en béton préfabriqué de teinte grise.*



*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'incrutant 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). Ils sont conformes à la norme NF EN 12878.

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.

<b>Tableau comparatif des différents pigments de coloration</b>		
<b>Catégories</b>	<b>Couleurs</b>	<b>Durabilité</b>
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).

<b>Teinte de quelques granulats en fonction de leur nature minéralogique</b>	
<b>Nature du granulat</b>	<b>Teinte</b>
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)**

<b>Couleur</b>	<b>Dénomination</b>	<b>Nature</b>	<b>Origine</b>
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	Tanus	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	Vœgtlinshofen	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 NF EN 12620 et XP P 18-545 pour l'attribution de la marque NF-granulats.

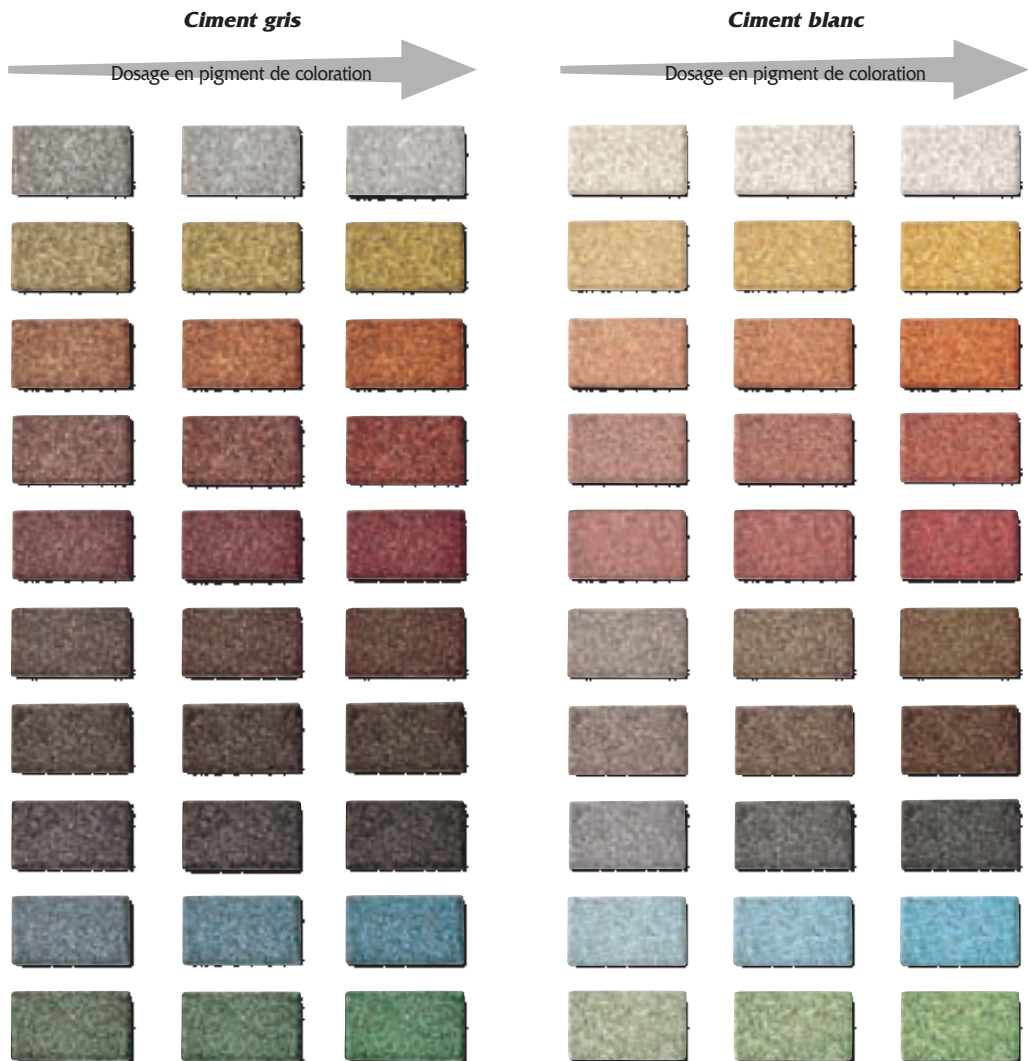
– Pour le choix des granulats, différents critères techniques liés à l'utilisation envisagée, à la durabilité et aux opérations d'entretien et de nettoyage sont à prendre en compte: gélivité, humidité, abrasion, chocs, agressions environnementales, comportement chimique en présence d'autres constituants. 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.



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



*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.*



## 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**.



*Vialet Architecture, laboratoire, Caen. Panneaux préfabriqués en béton, de deux tons différents, protégé par une lasure minérale.*

### ■ **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).

<b>Surfaces brutes</b>		
<b>Catégorie de surface</b>	<b>Type d'aspect</b>	<b>Obtention et description de l'aspect</b>
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

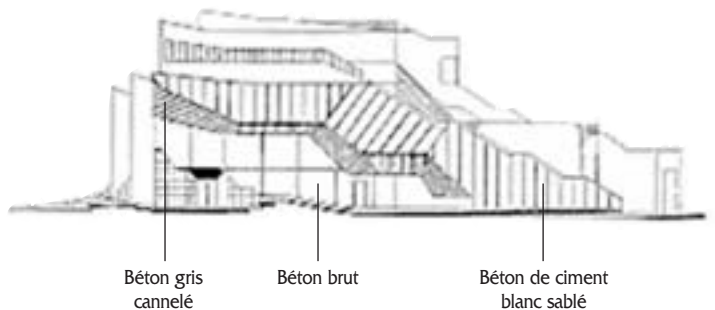
## ■ Les surfaces traitées

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.

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



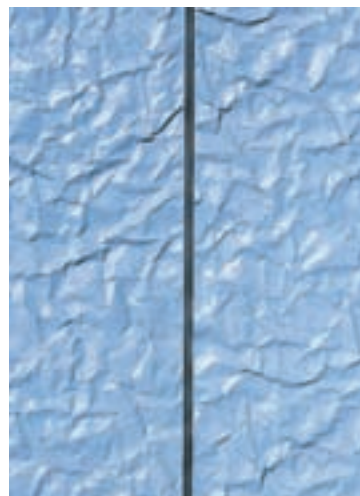
Monique Labbé, Joris Cherri, station de relevage, Villeneuve-Saint-Georges. Finitions multiples : béton gris cannelé avec arêtes désactivées associé au béton brut de la base du mur, béton de ciment blanc sablé ou désactivé en partie supérieure.





Atelier d'architecture Chaix et Morel et Associés, patinoire, Montpellier. Éléments de façade préfabriqués en béton bleu.

<b>Surfaces traitées à l'état durci</b>	
<b>Type d'aspect</b>	<b>Obtention et description de l'aspect</b>
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



*Détails des panneaux et des joints.*

*Détail des trumeaux  
et des bandeaux préfabriqués.*

## 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.



*B.-J. Hubert et M. Roy,  
siège social, Montreuil.  
Façade en panneaux  
de béton préfabriqués.*



*Un véritable procédé  
artistique : sur le fond de  
chaque banche huilée,  
des pigments ocre,  
jaunes ou rouges ont  
été jetés à la main.*

# Chapitre 1 • Le béton, matériau de structure et d'expression architecturale



Blanc brut



Rose brut



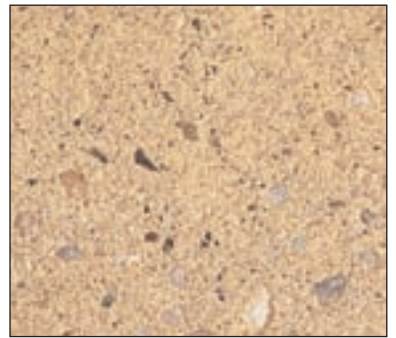
Jaune lavé



Beige brut



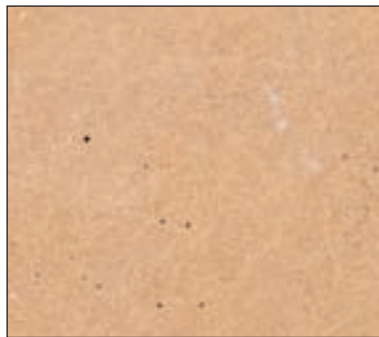
Rouge brut



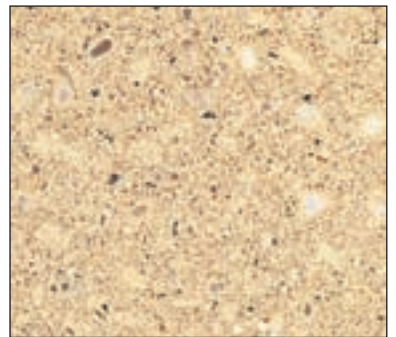
Jaune sablé



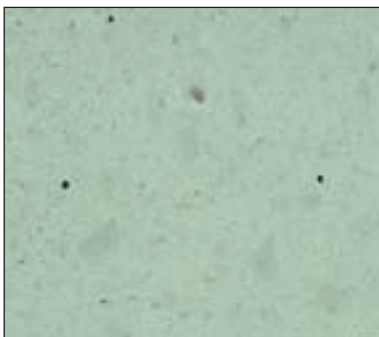
Bleu brut



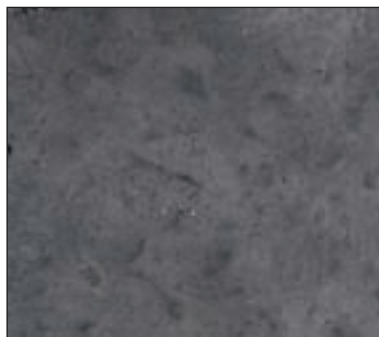
Ocre brut



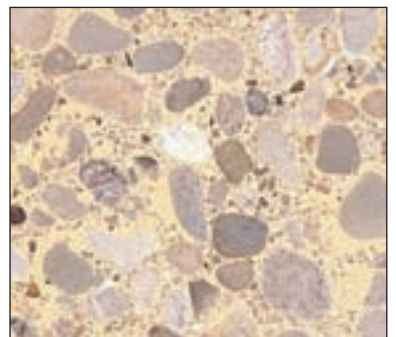
Jaune acidé



Vert brut



Noir brut



Jaune poli mat





Blanc lavé



Rose lavé



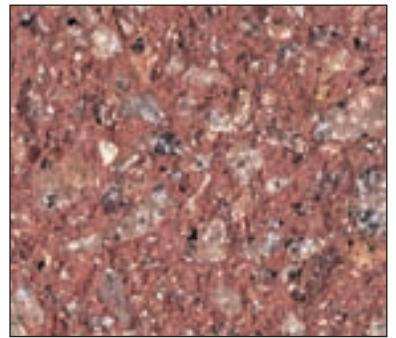
Rouge lavé



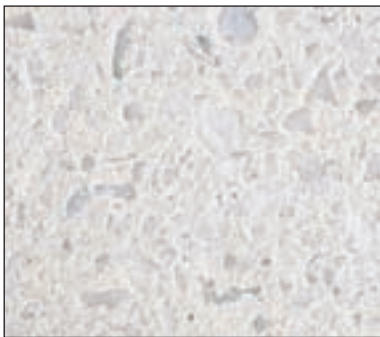
Blanc bouchardé



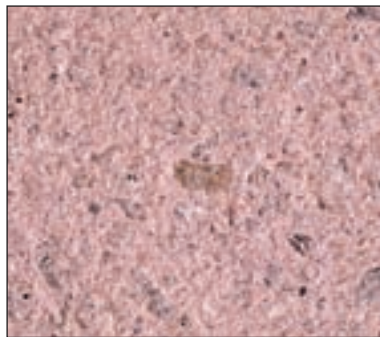
Rose bouchardé



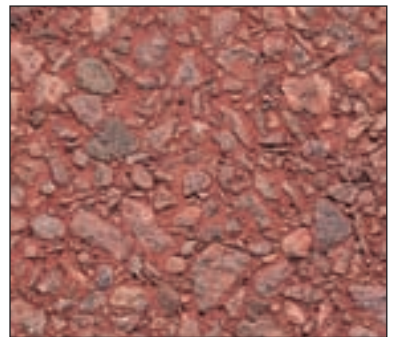
Rouge bouchardé



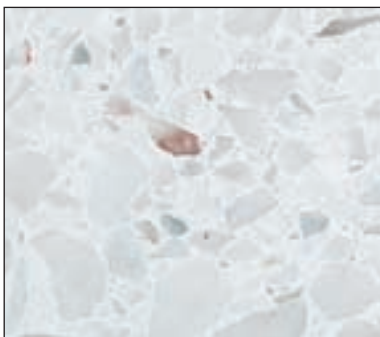
Blanc sablé



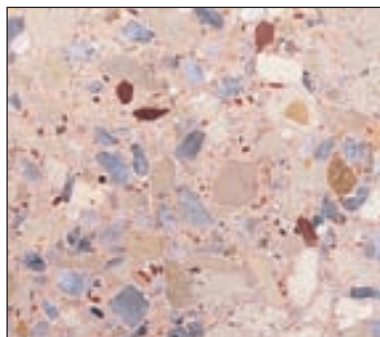
Rose sablé



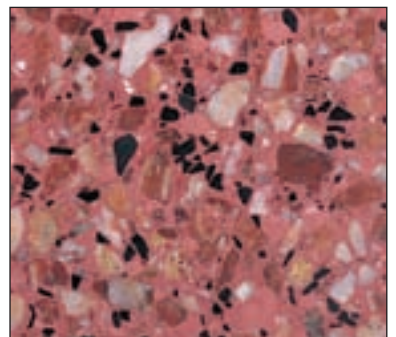
Rouge sablé



Blanc poli brillant



Rose poli brillant



Rouge poli brillant



# Chapitre 1 • Le béton, matériau de structure et d'expression architecturale



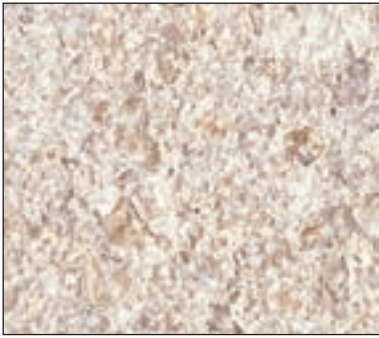
Beige lavé



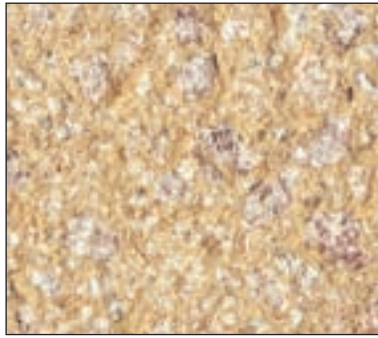
Ocre lavé



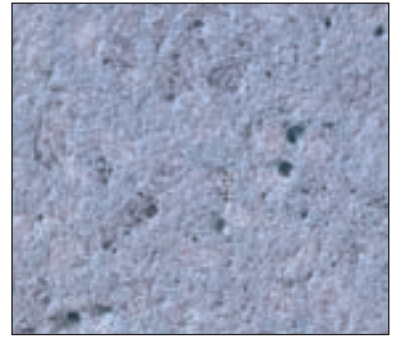
Bleu lavé



Beige bouchardé



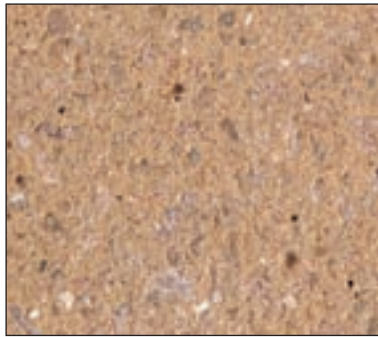
Ocre bouchardé



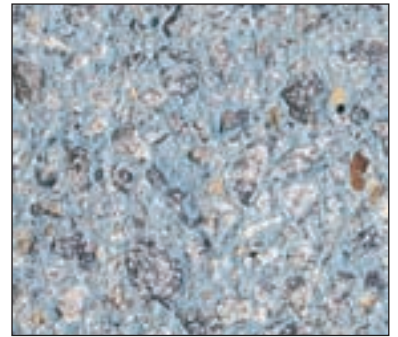
Bleu bouchardé



Beige sablé



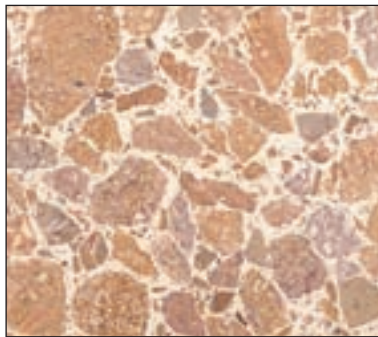
Ocre sablé



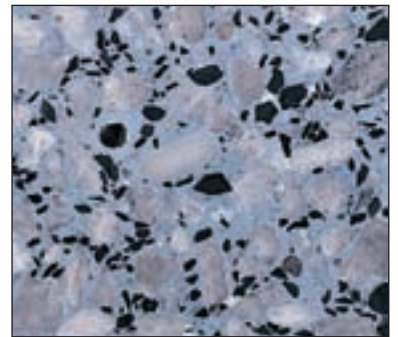
Bleu sablé



Beige poli brillant



Ocre poli brillant

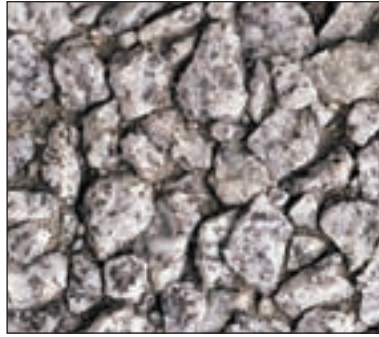


Bleu poli brillant





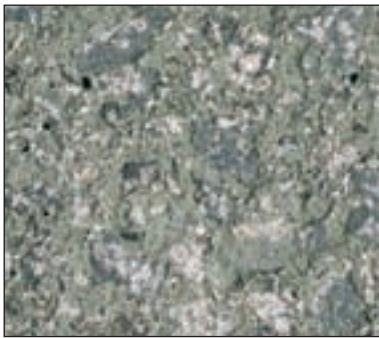
Vert lavé



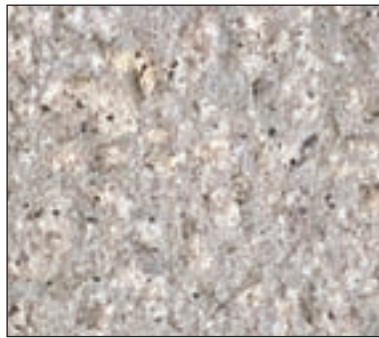
Gris lavé



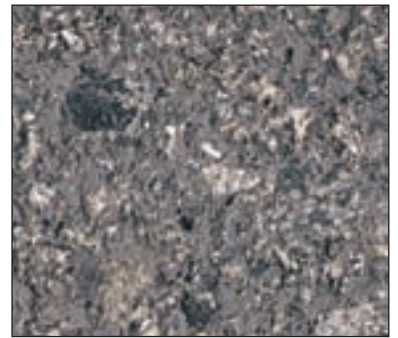
Noir lavé



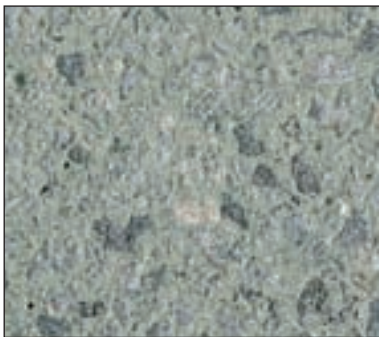
Vert bouchardé



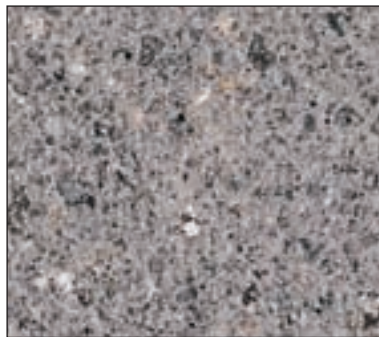
Gris bouchardé



Noir bouchardé



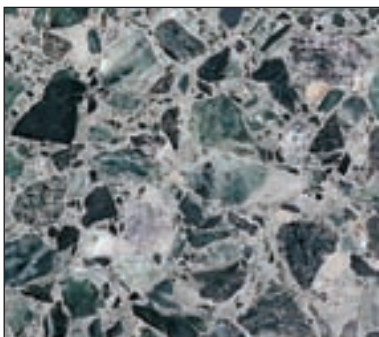
Vert sablé



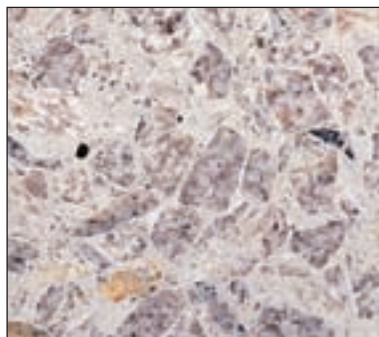
Gris sablé



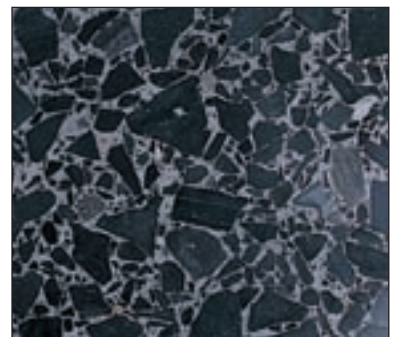
Noir sablé



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.



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



*B. Dollé et C. Labbé, Logements, Palaiseau. Éléments préfabriqués pour quadriller la façade.*



*C. Hauvette, bureaux, Paris.*



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

## ■ **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.*

Philippe Dero,  
salle omnisports,  
La Talaudière



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

<b>Catégories de pigments de coloration</b>	<b>Couleurs</b>	<b>Incidence sur le coût du béton (coefficient multiplicateur)</b>	<b>Incidence* sur le coût du produit fini</b>
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.

<b>Incidence des traitements de surface sur le coût des bétons</b>		
<b>Aspects de surface</b>	<b>Incidence sur le traitement de surface (coefficient multiplicateur)</b>	<b>Incidence sur le produit fini</b>
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).

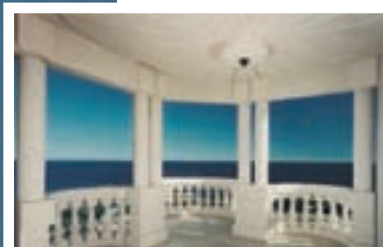


Christian Hauvette, lycée La Fayette, Clermont-Ferrand.  
Façade en béton sablé de granulats de pierre grise de Volvic.

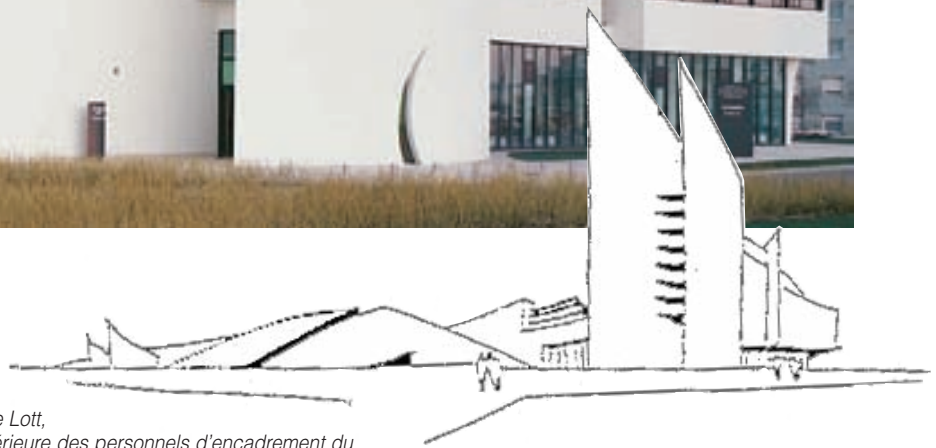




*Atelier d'architecture Marjolijn et P. Boudry, École, Mandres-les-Roses.*



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

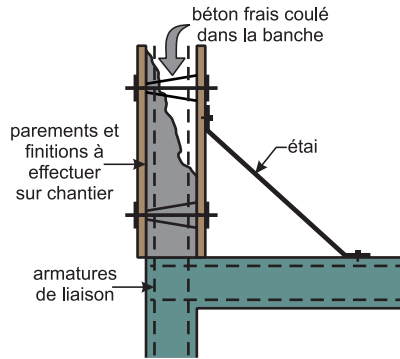


Jean-Pierre Lott,  
École supérieure des personnels d'encadrement du  
ministère de l'Éducation nationale (ESPEMEN), Poitiers.  
Association de béton coulé en place et d'éléments en béton préfabriqué.

# Mise en œuvre du béton architectonique

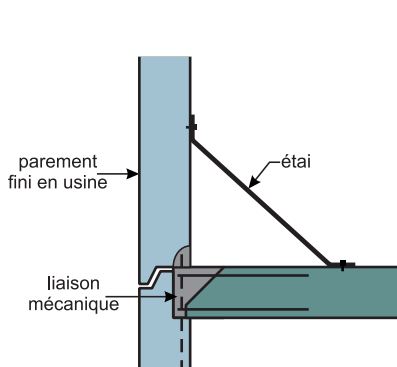
- 2.1 Le béton architectonique porteur coulé en place**
- 2.2 Le béton architectonique porteur préfabriqué**
- 2.3 Le béton architectonique non porteur préfabriqué**
- 2.4 Quelle méthode de mise en œuvre choisir ?**

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

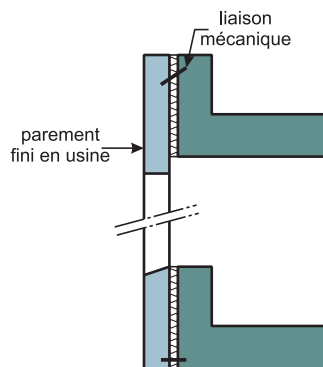


*Béton coulé en place sur chantier pour constituer une partie de la structure.*

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).





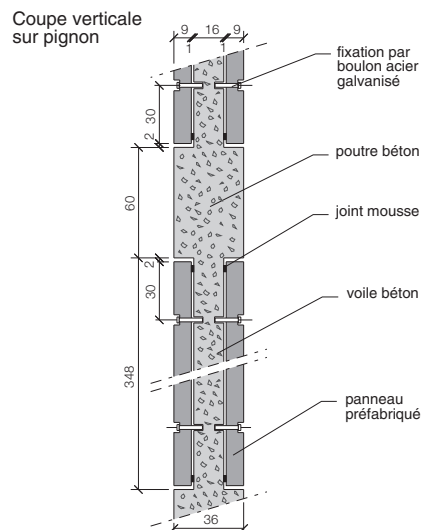
*Denis Vallode, Jean Pistre et Philippe Matsakis, siège d'Air France, Roissy.  
Le béton architectural non porteur permet d'exploiter la multiplicité des états de surfaces offerts en préfabrication.*

Les bétons architecturaux 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.*



## 3.2 Le béton architectonique préfabriqué aujourd'hui

La construction de masse, qui a été nécessaire durant les années soixante et soixante-dix pour répondre à la forte demande, est abandonnée aujourd'hui au profit d'un redéploiement de l'urbanisation vers des édifices à échelle plus humaine. Dans ce contexte, l'industrie du béton a orienté sa stratégie vers le développement d'éléments de grandes qualités techniques et architecturales.

### 3.2.1 - L'offre actuelle

---

Cette nouvelle orientation se traduit par la mise sur le marché d'une large gamme d'éléments, utilisables en bâtiment comme en génie civil, répondant aux contraintes esthétiques, économiques et techniques. De ce fait, le béton architectonique peut être utilisé pour des programmes et des architectures très variés :

- bâtiments de prestige, sièges sociaux, espaces commerciaux ;
- bâtiments publics, musées, écoles, etc. ;
- logements en accession à la propriété, logements sociaux ;
- espaces urbains et paysagés ;
- ouvrages d'art.

Les efforts effectués par les industriels pour moderniser leurs outils de production permettent aujourd'hui au maître d'œuvre d'utiliser le béton architectonique sans les contraintes de répétitivité connues dans le passé. En effet, la flexibilité actuelle des outils industriels rend possible l'adaptation de moules de fabrication aux exigences croissantes des projets, avec notamment la possibilité de fabriquer en petites séries.

Cependant, la fabrication répétitive de pièces permet d'obtenir un élément soigné à prix très compétitif, adapté aussi bien à des programmes économiques que plus prestigieux, avec l'utilisation de bétons haut de gamme.

Pour répondre à la grande diversité d'emplois des éléments, ainsi qu'à leur possibilité d'être porteurs ou non, on distinguera les grandes familles d'applications décrites dans les paragraphes suivants.

### ■ *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.



*J. Guervilly, logements,  
Rennes.*

*Les éléments de gros œuvre sont en béton armé préfabriqués. Les façades porteuses en béton sont construites en panneaux préfabriqués d'une double hauteur d'étage et les allèges du bâtiment courant sont composées par des poutres filantes préfabriquées.*

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 rénovation, 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*

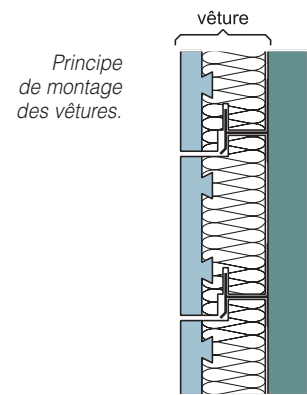
Elles sont constituées d'une paroi mince en béton coulée sur un complexe isolant. Ce sont des éléments manportables dont la pose est réalisée par emboîtement sur un rail de fixation, solidarisé à la structure porteuse.

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.



*M. Labbé, station d'épuration, Arras.  
Les bâtiments sont masqués par un voile  
en panneaux de béton préfabriqués.*

#### ***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.



R, Butler, Hôpital mère-enfant, Nantes. Les façades en béton préfabriqué de teinte claire sont réalisées en usine.

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

Les principaux textes de références applicables sont :

- La norme NF EN 14992 : « Produits préfabriqués en béton – Éléments de mur ».
- 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 ;
- le *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 : *Les bétons apparents, de la mise en œuvre à la protection, l'entretien, la réparation* (édition 2009) ;
- les fascicules 65 A et B pour la mise en œuvre des éléments employés en marchés publics.



D. Jousset, parking-relais de la gare, Fleury-les-Aubray. Façades en faux aplomb habillées de panneaux préfabriqués en béton poli.

\* La marque NF « Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine » se substituera à la certification Qualif-IB en décembre 2009.



*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"> <li>– 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</li> <li>– Examen de l'organisation de chantier : planning prévisionnel et délais de livraison</li> <li>– Pré-étude de calepinage et évaluation technico-économique des solutions constructives</li> </ul>
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"> <li>– Réalisation des échantillons témoins des différents parements</li> <li>– Validation par l'architecte</li> <li>– Commande des éléments</li> <li>– Commande des matériaux par le fabricant</li> </ul>
Phase d'étude	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Plans de calepinage précis contenant les détails de fabrication (dimensions, traitements de surface, inserts, réservations, ouvertures)</li> <li>– Étude de béton armé par le bureau d'études pour définir le ferrailage</li> <li>– Réalisation des fiches de fabrication et validation par la maîtrise d'œuvre</li> <li>– Planning de fabrication et de livraison</li> </ul>
Réalisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fabrication des éléments</li> <li>– Contrôle de la qualité</li> <li>– Transport sur chantier</li> <li>– Réception sur chantier par l'entreprise de pose</li> <li>– Stockage éventuel et mise en œuvre selon le plan défini par le fabricant</li> </ul>

### **Nota**

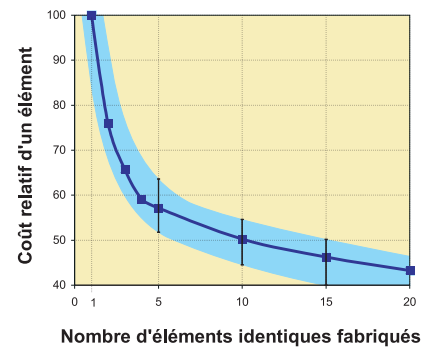
*La préfabrication est une méthode de construction qui n'engendre pratiquement pas de déchets sur le site à construire. Elle se traduit par des chantiers beaucoup plus propres.*

## 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 déterminants 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

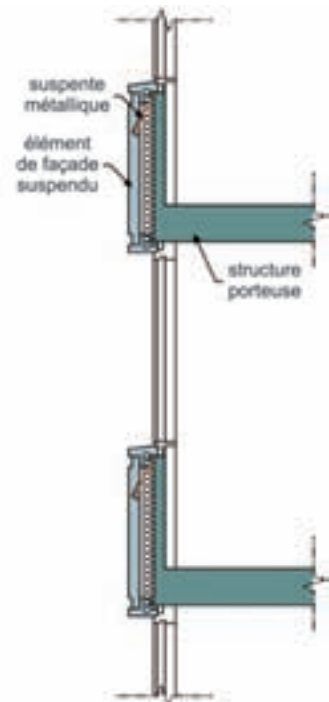
Les structures actuelles sont le plus souvent mixtes et font donc appel à un ensemble de matériaux (le béton, l'acier, le bois et le verre, tout récemment) que le concepteur associe pour en exploiter les qualités techniques et architecturales spécifiques. Le choix technique de la structure est déterminé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



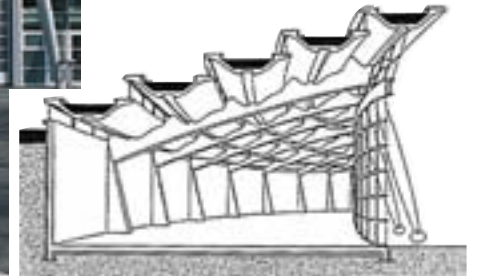
Denis Vallode,  
Jean Pistre et  
Philippe Matsakis,  
Air France, Roissy.  
Façade suspendue  
à la structure offrant  
une grande souplesse  
de mise en œuvre.







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



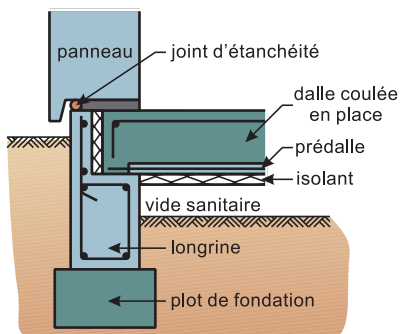
## ■ Fondations

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

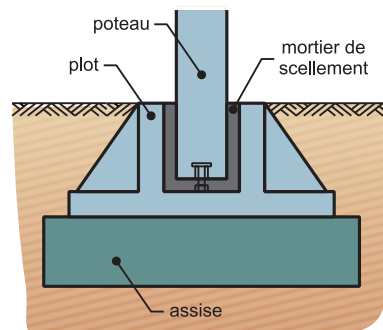
- semelles continues ;
- semelles isolées ;
- massifs de fondation ;
- pieux de fondation.

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.



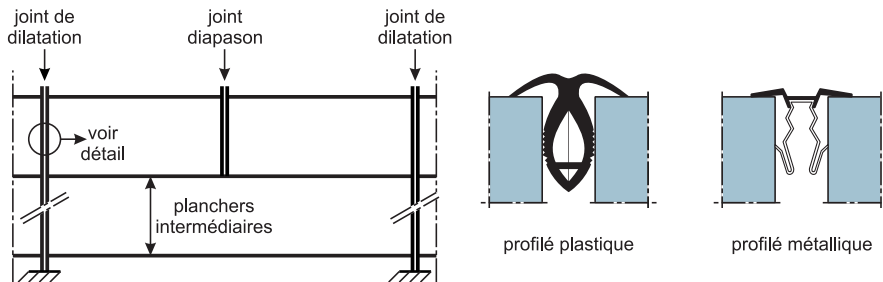
Fondation pour une structure de type poteaux.

### ■ 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.

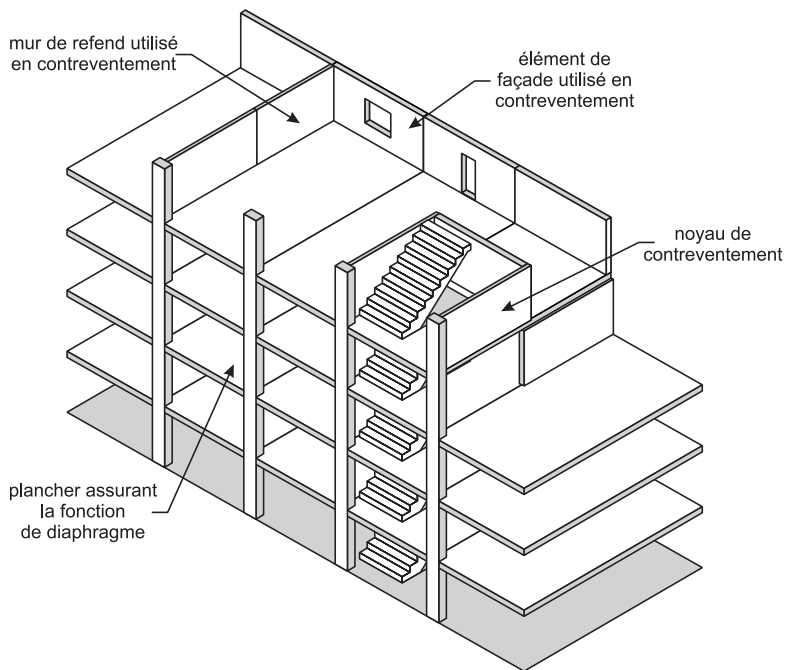


*Intégration des joints de dilatation dans l'ossature d'une construction.*

### ■ 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 :

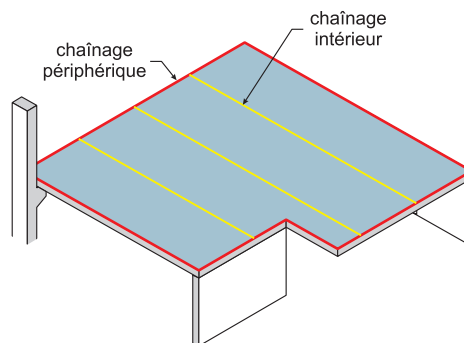
- des séquences de murs réparties dans une ou plusieurs directions (murs de refend, pignons, façades) qui constituent des consoles s'opposant mécaniquement à la déformation horizontale de la structure ;
- des noyaux de contreventement, constitués notamment par des cages d'escalier, d'ascenseur ;
- des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

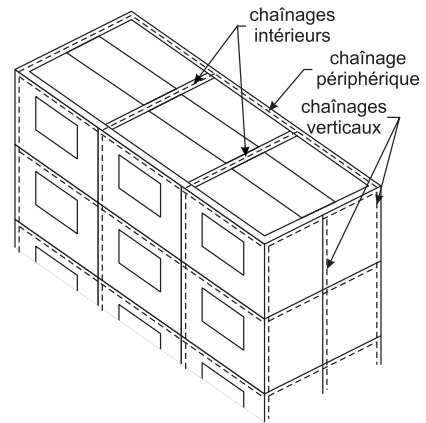


*Les chaînages périphériques associés aux chaînages transversaux intérieurs assurent le monolithisme du plancher de la construction et constituent un diaphragme.*

### ■ 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.

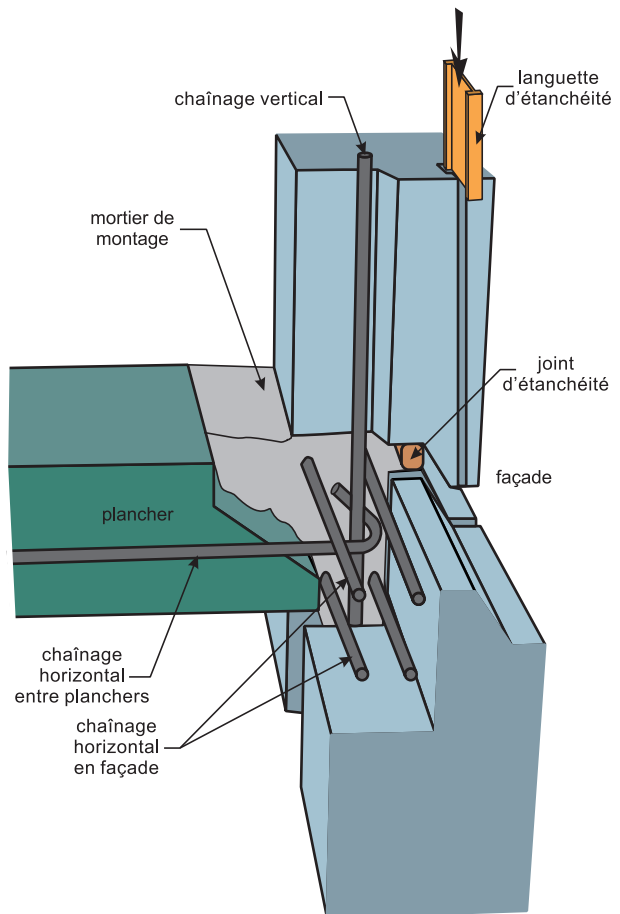


Chaînages des différentes séquences constructives.

## 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.



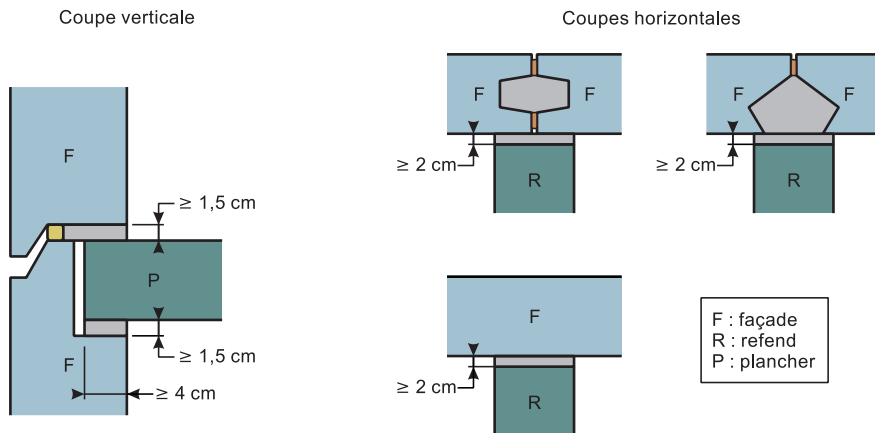


## ■ Principaux types d'assemblages structuraux

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

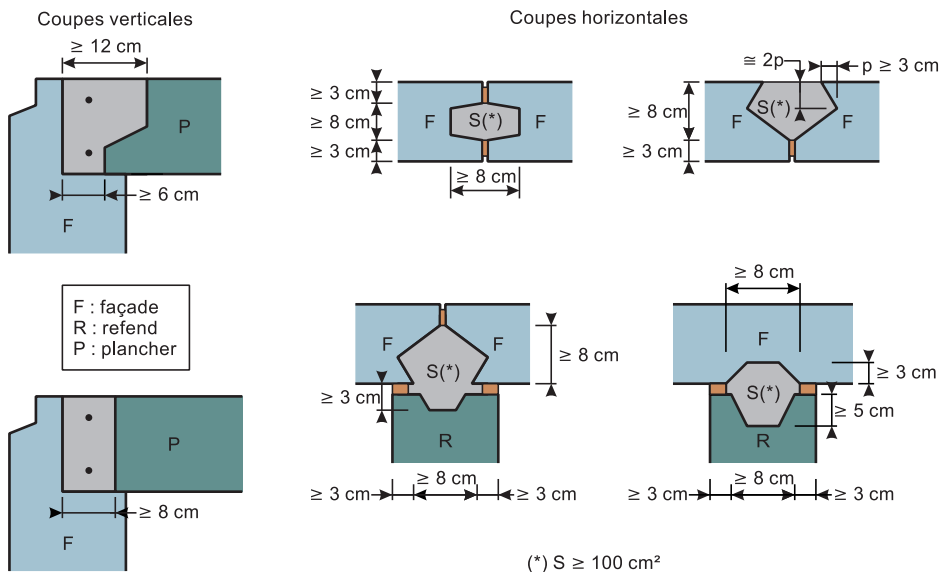
### • Type 1 : joints de mortier continus

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

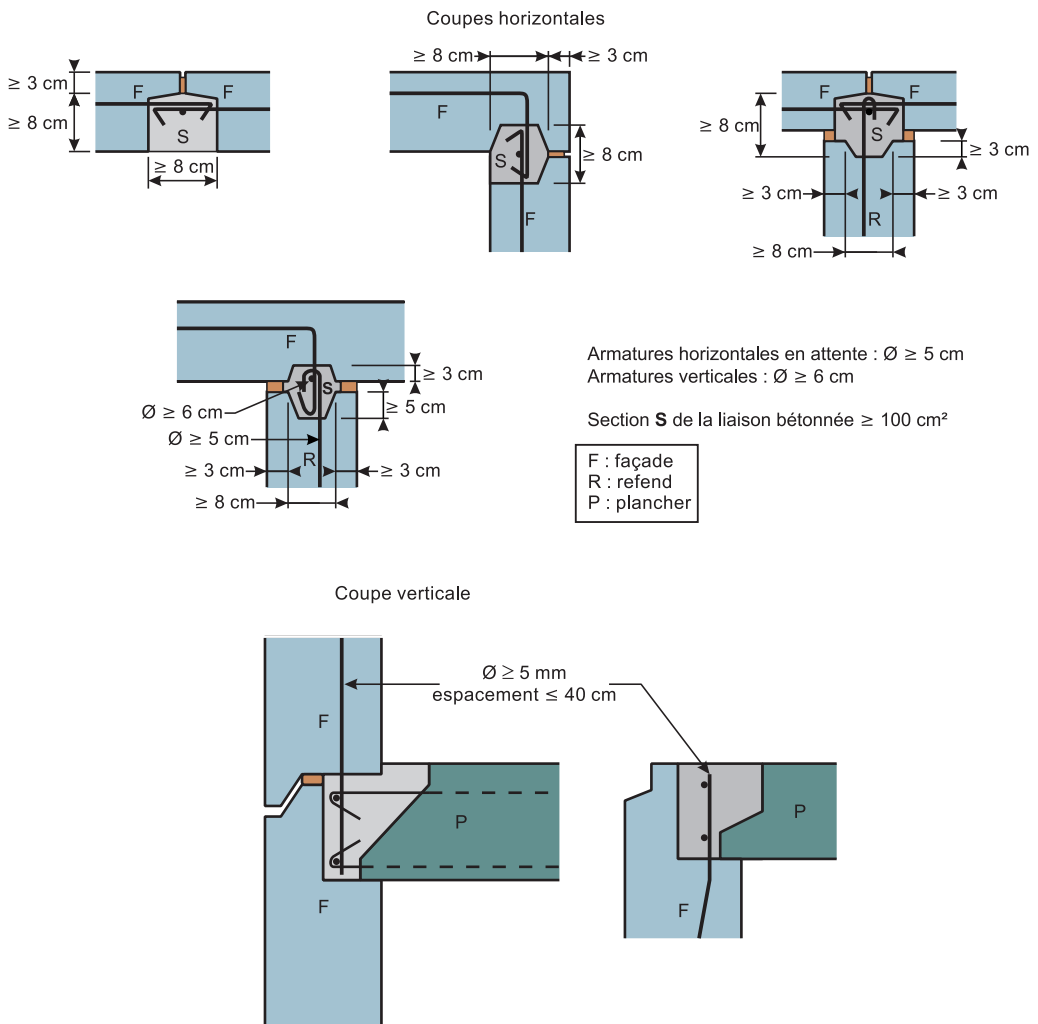
Elles permettent de reprendre les efforts de cisaillement se développant orthogonalement à deux éléments juxtaposés ; des crantage peuvent également être réalisés pour constituer un renfort au cisaillement s'exerçant selon l'axe longitudinal de la liaison.



• **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).

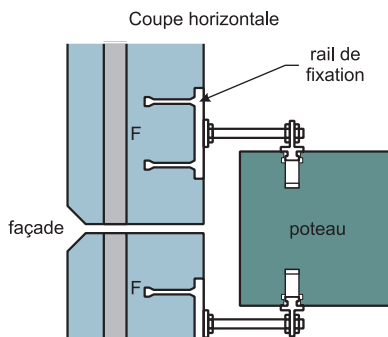
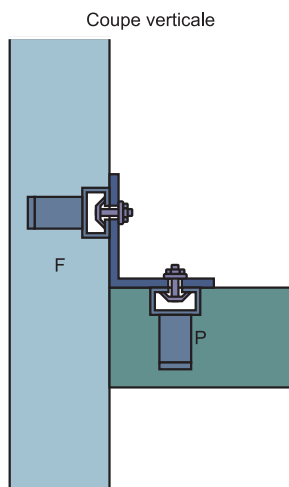
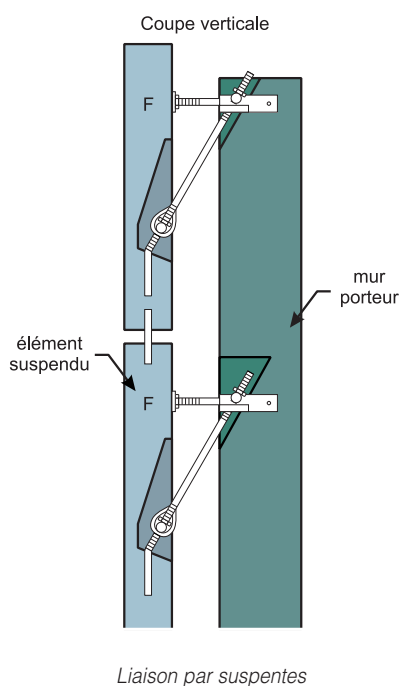
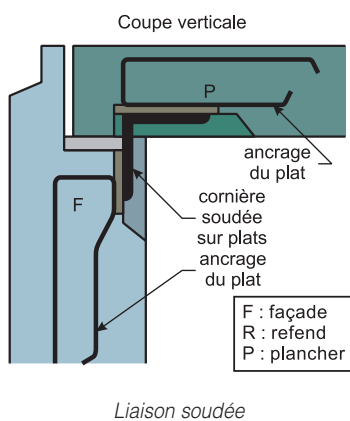


## • Type 4 : liaisons ponctuelles

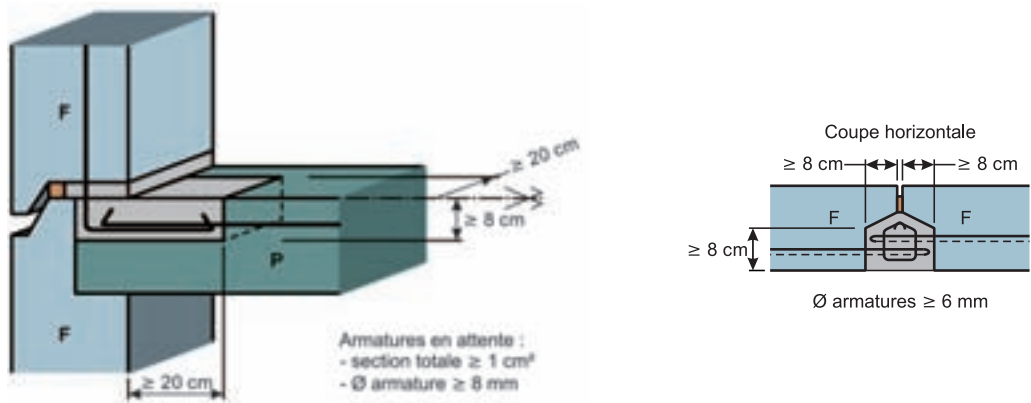
Ce sont des liaisons bétonnées, boulonnées, brochées ou soudées qui permettent de réaliser le montage à sec des éléments (c'est-à-dire sans, ou avec peu de coulage de béton). Elles sont fréquemment employées du fait de leur simplicité de mise en œuvre. Selon leur constitution, elles peuvent reprendre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

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

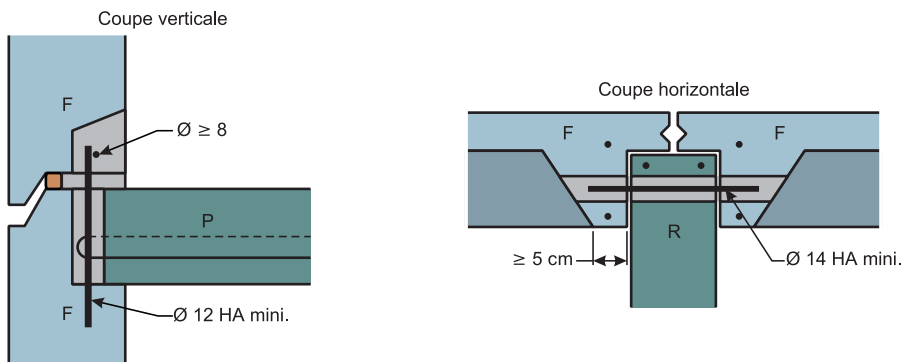
Les éléments non porteurs utilisent le plus souvent des liaisons ponctuelles spécifiques (suspentes) pour se fixer à la structure de l'édifice.



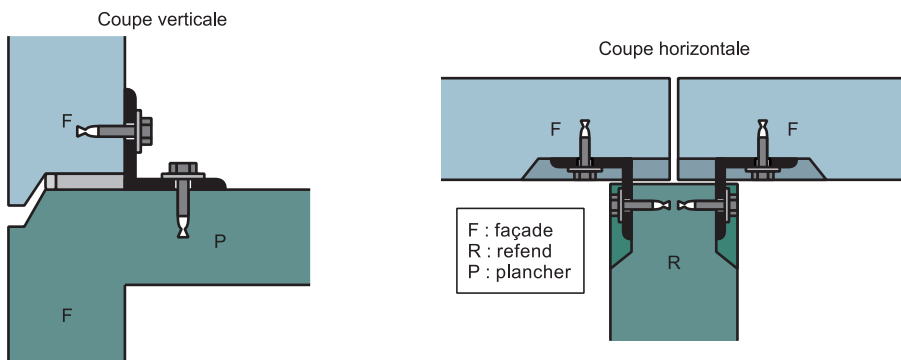
*Liaison par rails de fixation*



*Liaisons ponctuelles bétonnées.*



*Liaisons ponctuelles brochées.*



*Liaisons ponctuelles boulonnées.*



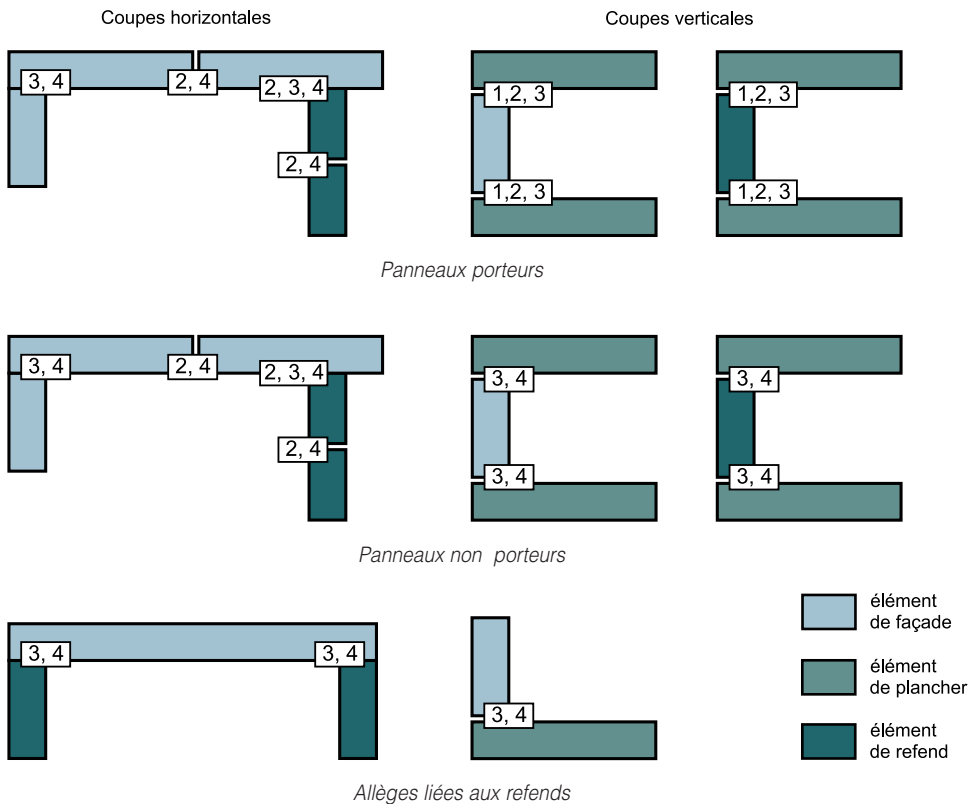
## ■ Association et choix des liaisons

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).

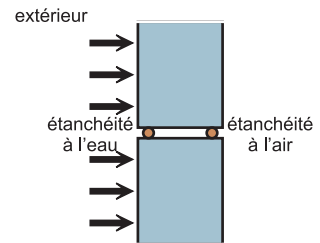
## 4.5 Joints d'étanchéité à l'eau et à l'air

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).

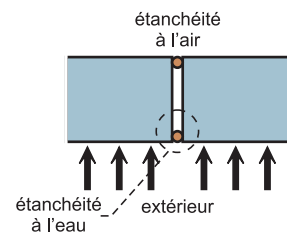
Les joints utilisés sont disponibles sous forme pâteuse ou en profilés extrudés.



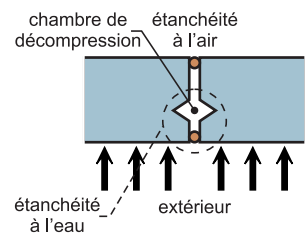
Daniel Kahane, logements, Porte d'Aubervilliers.  
Détails de joints en façade.



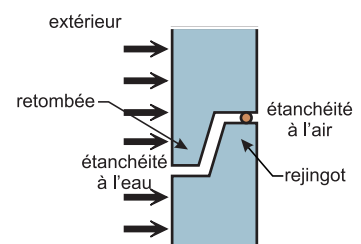
Joint horizontal à un étage



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.

Nature des produits utilisés selon les conditions d'emploi		
Conditions d'emploi	Mastics	Fonds de joint compatibles
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

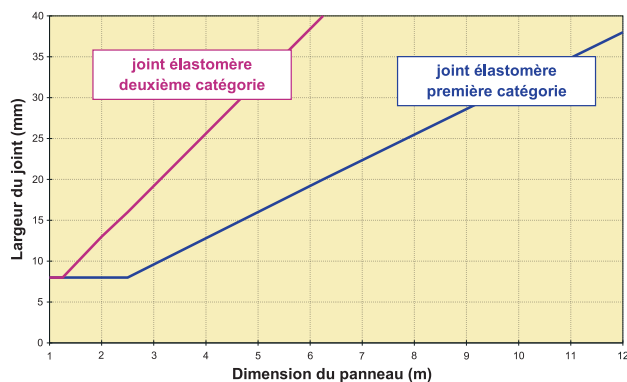
L'importance du joint à mettre en œuvre est fonction de l'amplitude des déformations supportées, liée à la dimension des panneaux adjacents.

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**

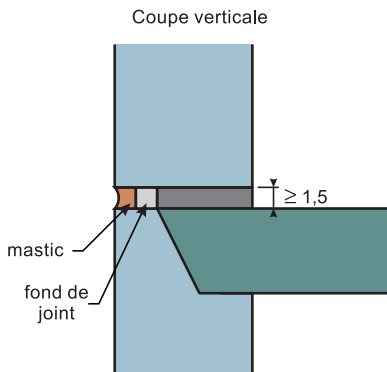
– Tous les produits utilisés doivent avoir le label SNJF (liste disponible auprès de cet organisme – voir l'annexe 6 « Adresses utiles »).

– 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.

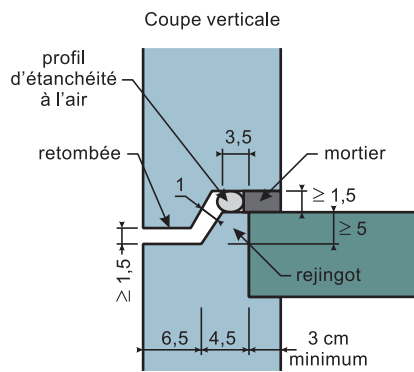
Section minimale du cordon : 2 cm<sup>2</sup>.

Pour les joints horizontaux, un calage doit permettre de limiter l'écrasement du cordon (calage minimum : 5 mm).

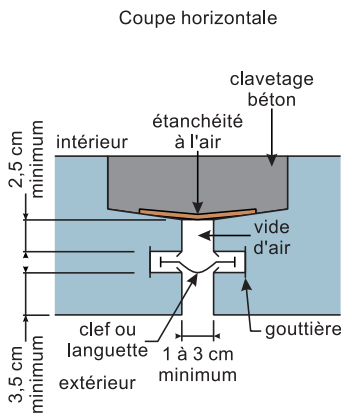
■ **Géométrie des principaux joints d'étanchéité**



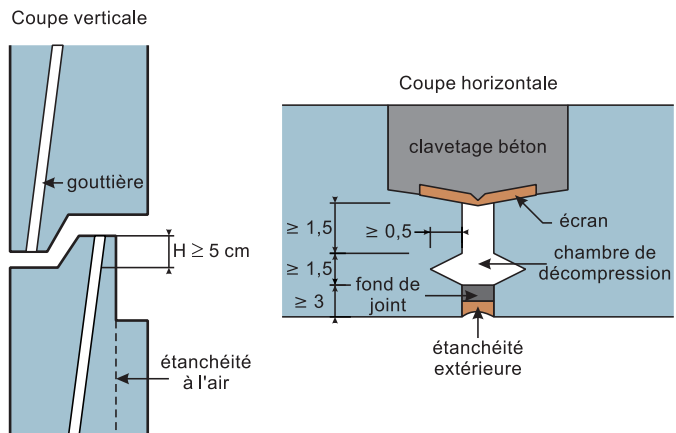
Joint horizontal à un étage.



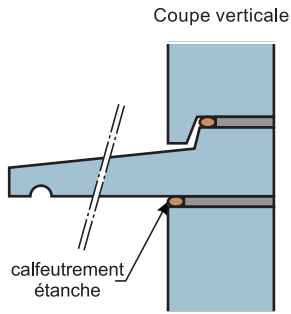
Joint horizontal à rebordée et rejeigot (joint à deux étages).



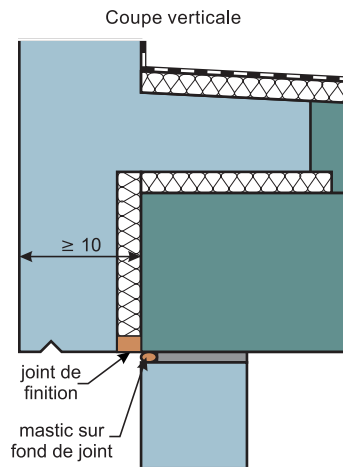
Joint vertical à glissières et languette.



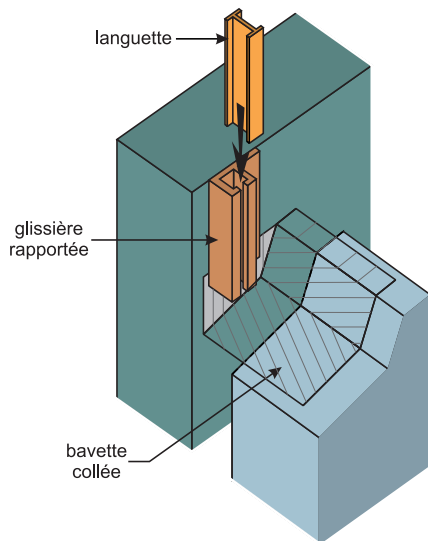
Joint vertical avec chambre de décompression.



*Joint de balcon ou loggia.*



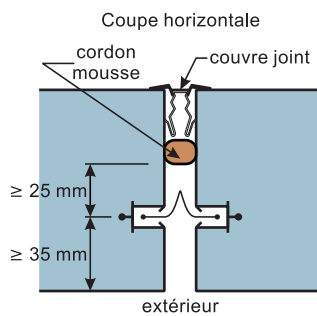
*Joint sous bandeau ou acrotère saillant.*



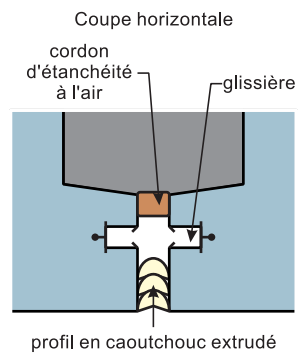
*Joint avec partie coulée en place.*



*Partie supérieure d'allège.*



*Montage en panneau industriel.*



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



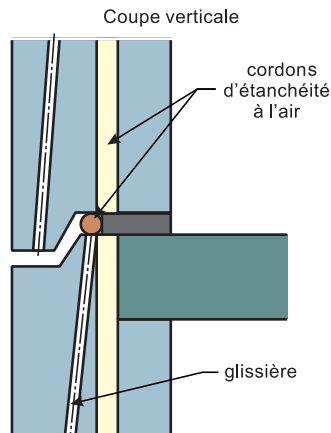
### ■ Croisement des joints

Les solutions suivantes sont utilisables :

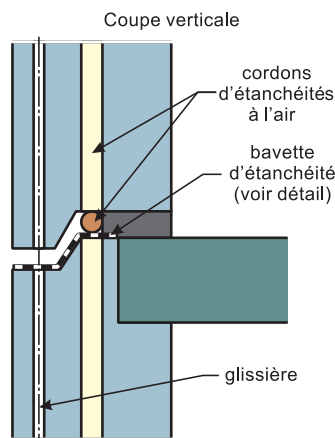
- **Systèmes à glissières et languette**

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

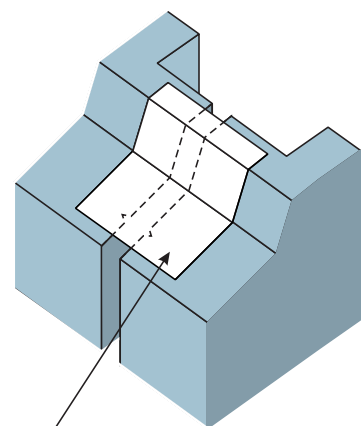
Lorsque les glissières sont droites et disposées dans un même plan, il est nécessaire d'intercaler une bavette d'étanchéité complémentaire en partie supérieure du panneau.



Montage en tuile



Montage droit

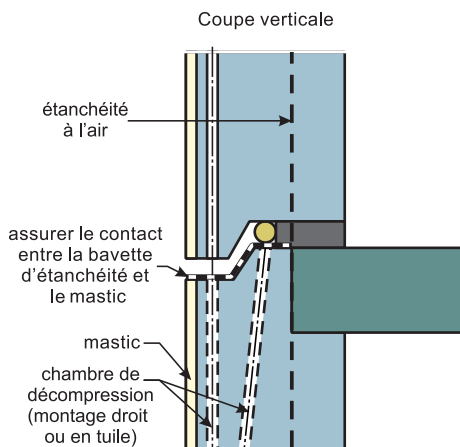


Détail de montage de la bavette.

Montage avec système à glissières et languette.

## • Systèmes avec chambre de décompression

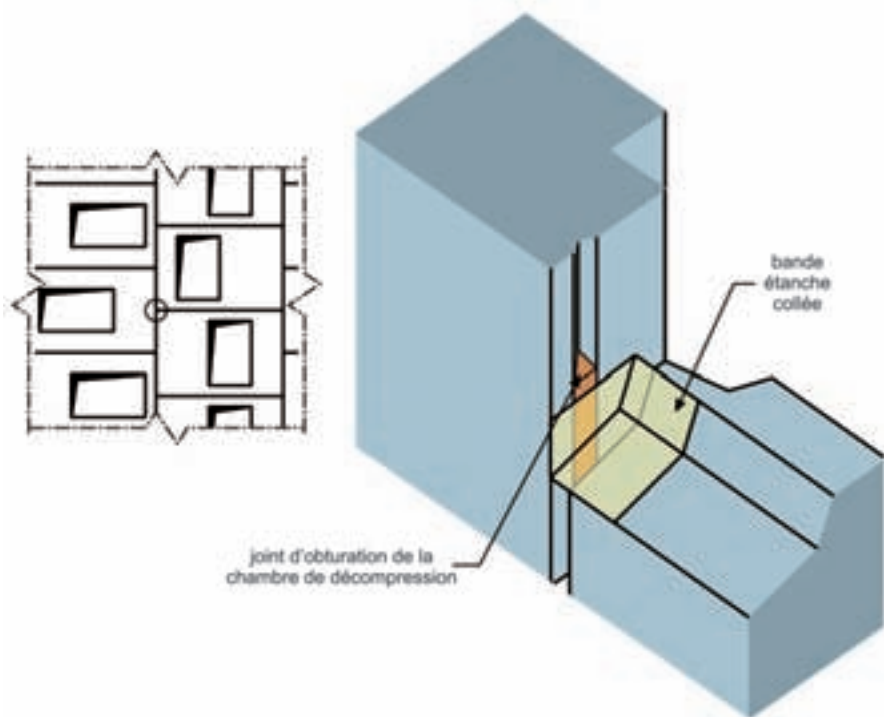
Les chambres de décompression peuvent constituer un montage « en tuile » ou un montage droit dans un même plan. Dans les deux cas, il faut prévoir une bavette d'étanchéité associée au dispositif d'étanchéité à l'air.



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 languette inclinés verticalement.

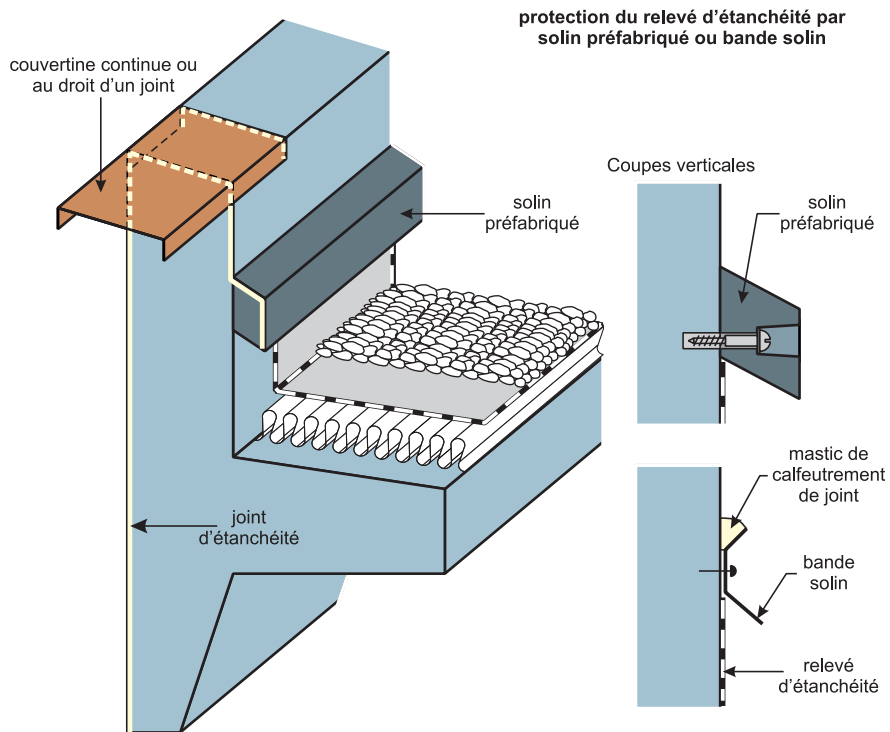


Traitement d'un croisement de joint particulier.

### ■ Joints en toiture

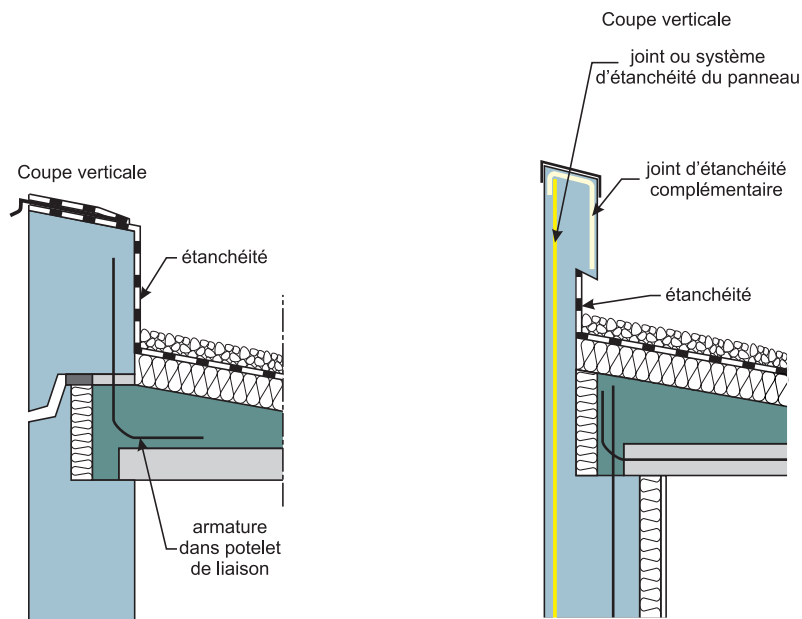
*Cas des toitures-terrasses [norme P 10-203 (DTU 20.12)]*

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.

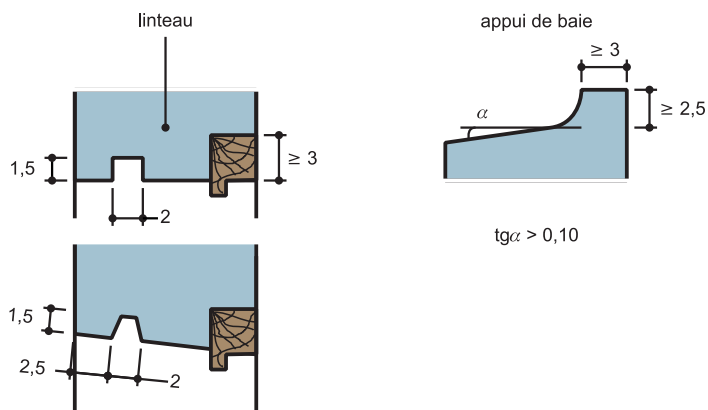
Exemple d'acrotère intégré au panneau.

### Nota

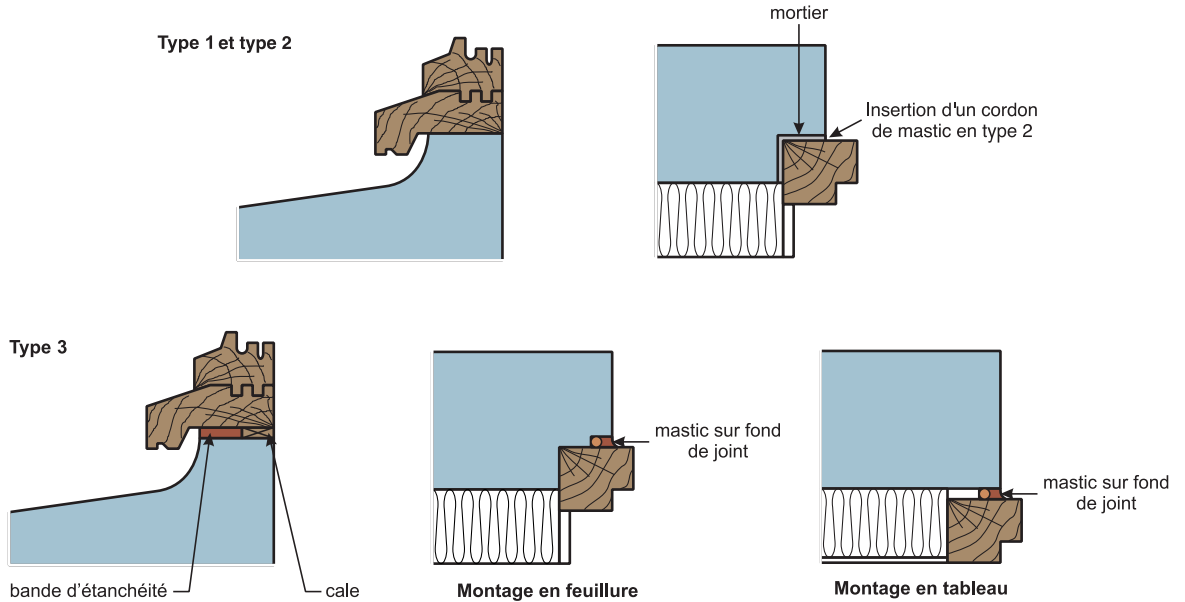
On rappelle que vis-à-vis de la sécurité d'utilisation, les acrotères doivent être conçus pour reprendre, le cas échéant, les sollicitations liées à la mise en place de nacelles ou d'échafaudages volants utilisés dans les travaux d'entretien.

## ■ 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.

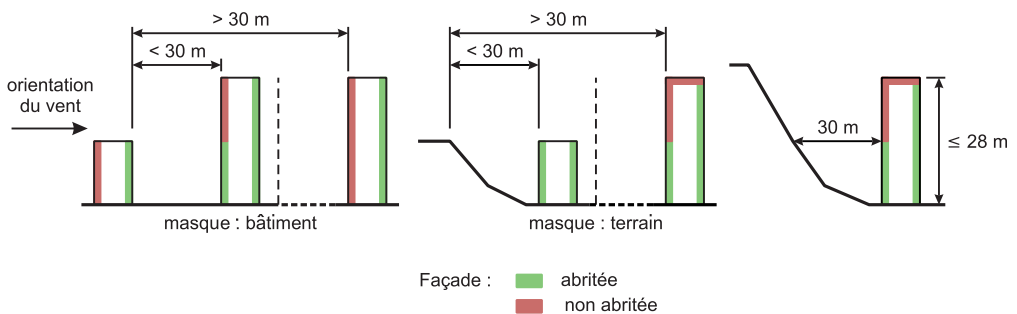


- Étanchéité des dormants : le type d'étanchéité dépend de l'exposition de la baie (façade abritée ou non) et de sa hauteur (voir le tableau ci-après).



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.

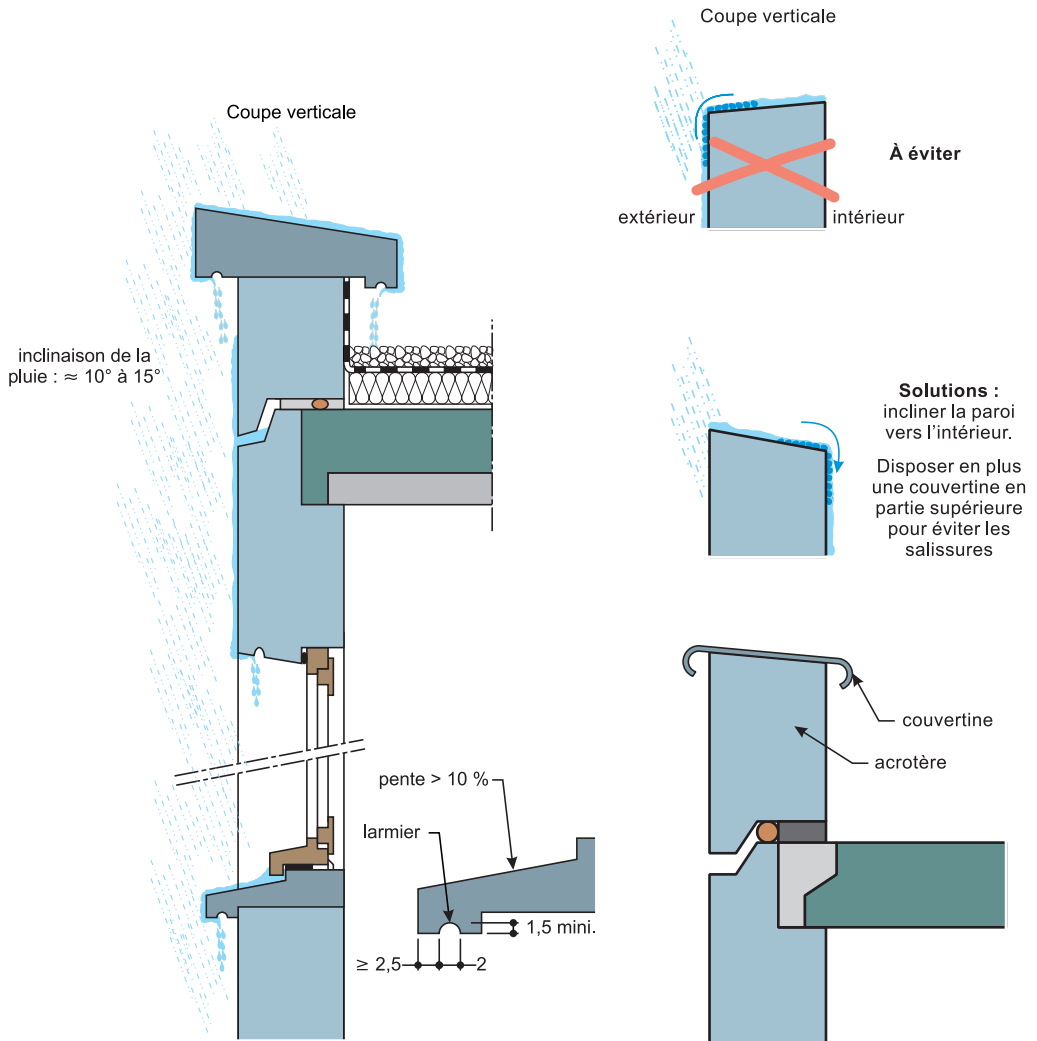
### ■ *Dispositifs de rejets d'eau*

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 :

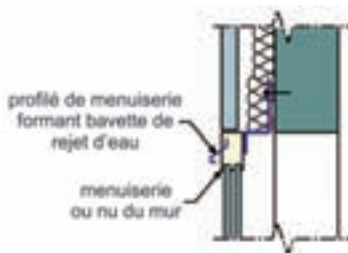
- des acrotères munis d'une couverture débordante ;
- des corniches saillantes disposées en partie supérieure de l'édifice (cette partie pouvant être associée à l'acrotère) ;
- des bandeaux ou moulures saillantes ;
- des balcons qui écartent fortement la pluie de la façade ;
- des appuis de baies débordants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

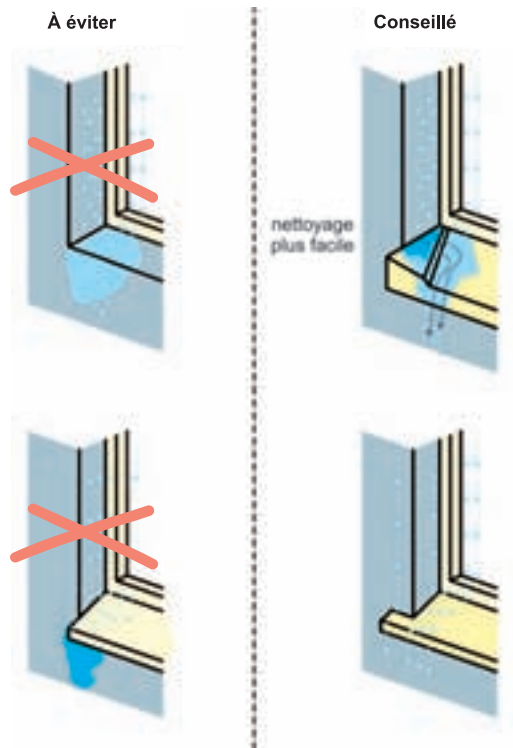


Principaux dispositifs de rejets d'eau.



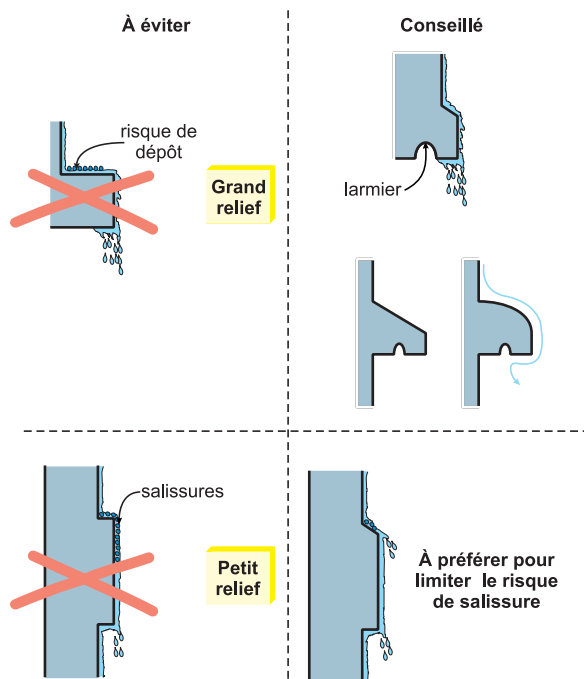
**Nota**

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.





*M. Kagan, logements, Rennes.  
Façade constituée d'éléments préfabriqués lasurés blancs, de couleur  
terre de sienne ou recouverts d'un enduit de couleur blanche.*

# 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 sandwichs à voiles solidaires
- 5.2.3 Panneaux sandwichs 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 NF EN 14992, norme P 10-210 (DTU 22.1) et prescriptions techniques du GS1].

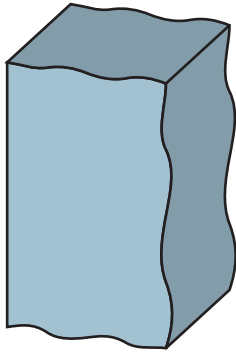
### ■ *Formes géométriques*

- **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.

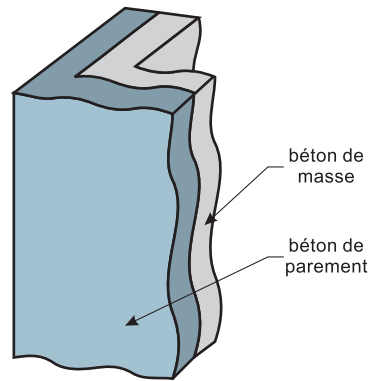
### ■ *Constitutions internes*

- **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).

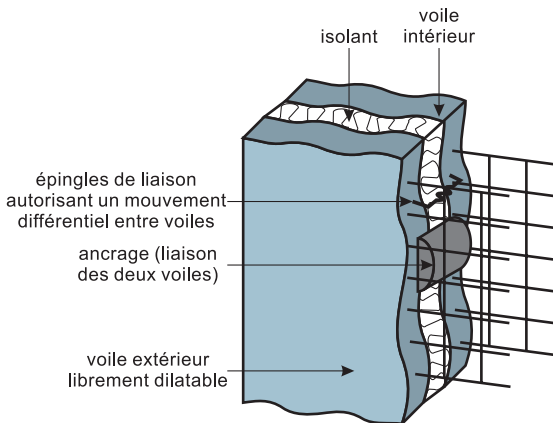
- **Éléments sandwichs**, alliant plusieurs matériaux (ils sont surtout utilisés en éléments de façade et offrent un bon compromis coût-performances dans le secteur industriel et dans celui de l'habitat). Deux technologies sont possibles :
  - le panneau sandwich à voiles solidaires,
  - le panneau sandwich à voile extérieur librement dilatable.



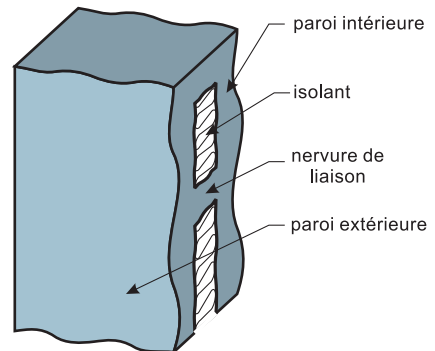
Élément plein ou monocouche.



Élément bicouche.



Élément sandwich à voile extérieur librement dilatable.

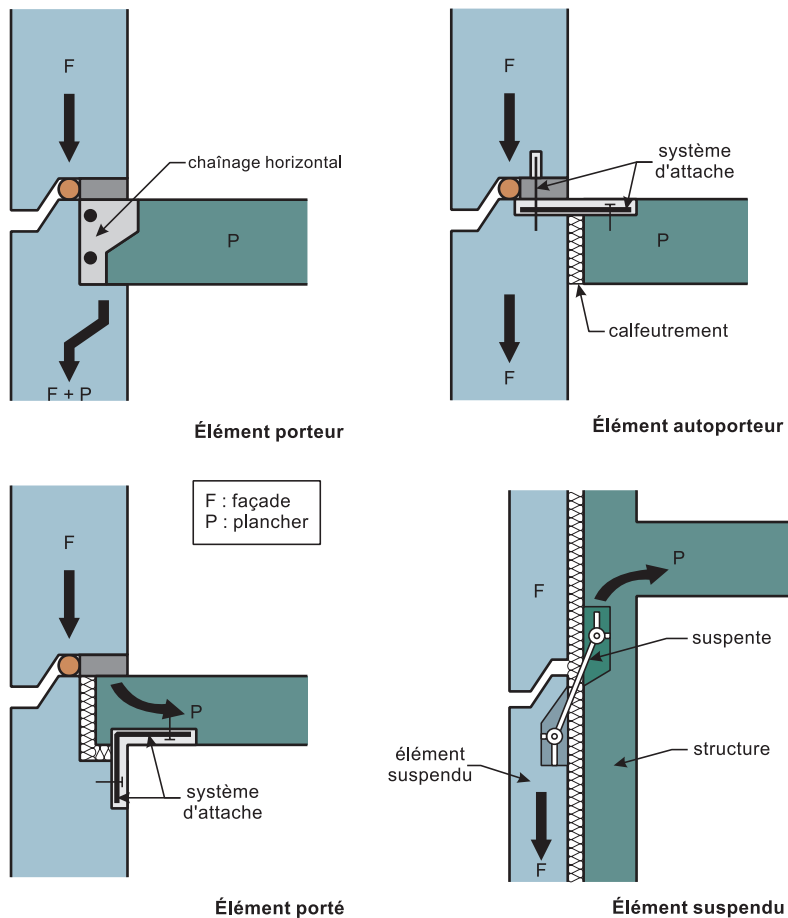


Élément sandwich à voiles solidaires.

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.*



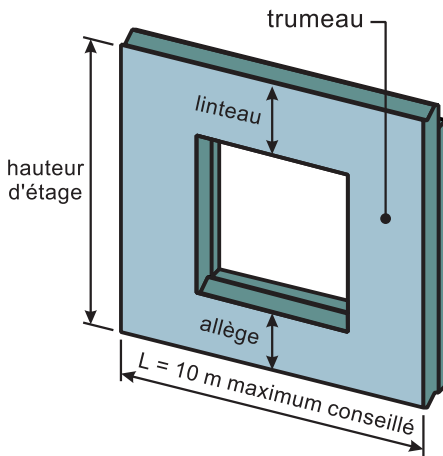
*Daniel Kahane,  
EDF, Rueil.  
Éléments de façade porteurs  
mis en œuvre à l'avancement  
du chantier.*



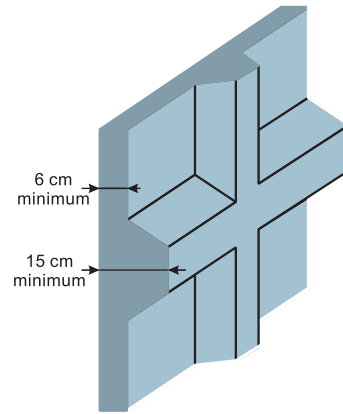
## 5.2.1 - Panneaux pleins ou nervurés

### ■ 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.



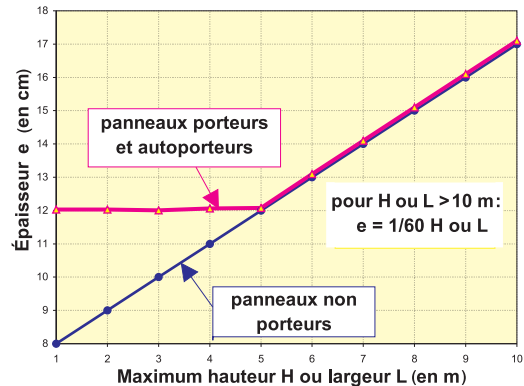
Panneau plein.



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.



## ■ Marquage CE et certification

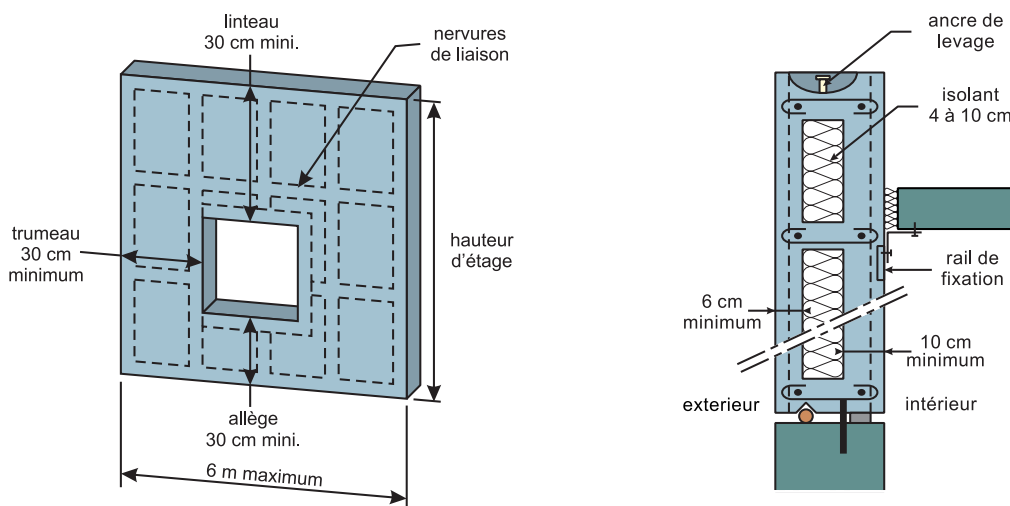
La norme NF EN 14992 relative aux éléments de mur et de façade a été publiée en juillet 2007. Le marquage CE sera obligatoire à partir du 1<sup>er</sup> mai 2010. Le marquage CE pourra être complété par une certification volontaire NF (en remplacement de la certification Qualif-IB Éléments architecturaux actuelle).

## ■ Textes de référence

- NF EN 14992 « Produits préfabriqués en béton – Éléments de mur ».
- 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).

### ■ Marquage CE et certification

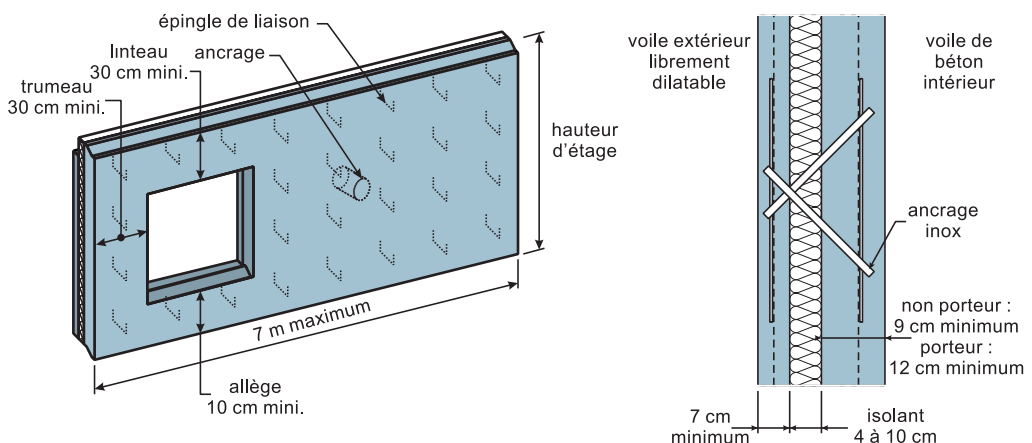
La norme NF EN 14992 relative aux éléments de mur et de façade a été publiée en juillet 2007. Le marquage CE sera obligatoire à partir du 1er mai 2010. Le marquage CE pourra être complété par une certification volontaire NF (en remplacement de la certification Qualif-IB Éléments architecturaux actuelle).

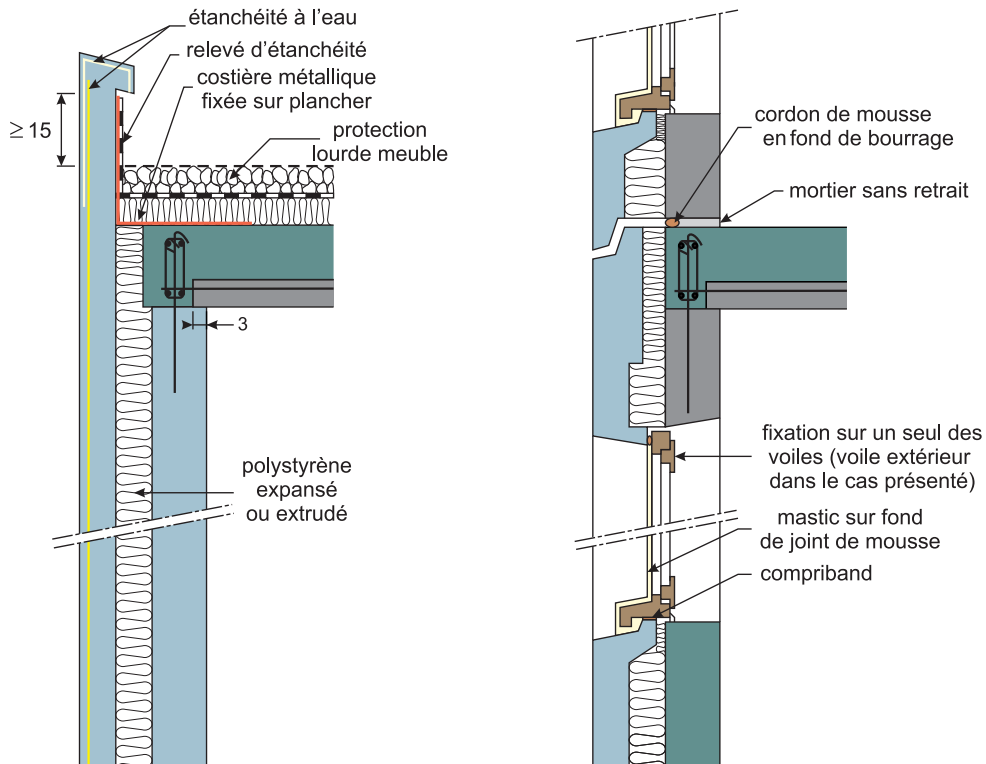
### ■ Textes de référence

- NF EN 14992 « Produits préfabriqués en béton – Éléments de mur ».
- 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 sandwich 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).

■ **Marquage CE et certification**

La norme NF EN 14992 relative aux éléments de mur et de façade a été publiée en juillet 2007. Le marquage CE sera obligatoire à partir du 1<sup>er</sup> mai 2010. Le marquage CE pourra être complété par une certification volontaire NF (en remplacement de la certification Qualif-IB Éléments architecturaux actuelle).

■ **Textes de référence**

- NF EN 14992 « Produits préfabriqués en béton – Éléments de mur ».
- 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.

<b>Choix selon la fonction mécanique utilisée</b>				
<b>Type d'élément (constitution interne) Fonction mécanique</b>	<b>Voile plein</b>	<b>Voile nervuré</b>	<b>Panneau sandwich à voiles solidaires</b>	<b>Panneau sandwich à voile extérieur librement dilatable</b>
<b>Porteur</b>	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			
<b>Autoporteur</b>	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			
<b>Porté ou suspendu</b>	Oui	Oui	Non	Non
	Montage séquentiel (en fin de chantier). Meilleure planification. Pas de risques de salissures			

<b>Choix selon la fonction technique recherchée*</b>				
<b>Type d'élément (constitution interne) Fonction technique</b>	<b>Voile plein</b>	<b>Voile nervuré</b>	<b>Panneau sandwich à voiles solidaires</b>	<b>Panneau sandwich à voile extérieur librement dilatable</b>
<b>Tenue au séisme</b>	Dimensionnement spécifique à prévoir (organisation des volumes du bâtiment, armatures complémentaires et joints appropriés)			
<b>Isolation thermique</b>	Rapportée intérieurement ou extérieurement		Intégrée (risques de ponts thermiques)	Intégrée (aucun pont thermique). Très bon confort d'hiver et d'été
<b>Isolation acoustique</b>	Assurée (loi de masse)		Assurée (loi de masse, ressort, masse)	
<b>Sécurité incendie</b>	Classification comme matériau incombustible pour le béton. Choix des isolants selon les règles de l'art			
<b>Durabilité</b>	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 (antigriffi 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, sablés et bouchardés.*



### ■ 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.

### ■ Marquage CE et certification

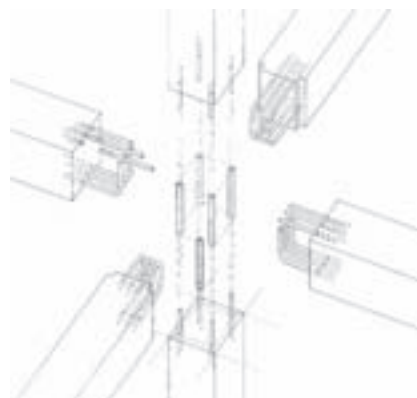
La norme NF EN 13225 relative aux éléments linéaires de structure en béton a été publiée en février 2005 et révisée en 2007. Le marquage CE est obligatoire depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2007. Il peut être complété par une certification volontaire NF (en remplacement de la certification CSTBat).



Jean-Jacques  
Morisseau et  
Partenaires,  
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

- NF EN 13225 « Produits préfabriqués en béton - Éléments linéaires de structure préfabriqués en béton ».
- NF DTU 23.3 « Ossatures en éléments industrialisés en béton ».
- NF EN 1992-1-1 « Eurocode 2 : Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments ».
- NF EN 1992-1-1/NA - Annexe nationale à la NF EN 1992-1-1.
- 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.

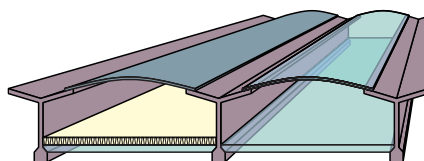
Ils confèrent une grande esthétique intérieure et d'ensemble à la construction.

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.

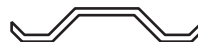
## ■ **Formes géométriques**

Les éléments suivants sont utilisés pour la réalisation des toitures :

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



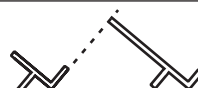
- éléments plissés, hauteur de 0,70 m à 0,85 m ;



- 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.

## ■ **Marquage CE et certification**

La norme NF EN 13693 relative aux éléments spéciaux de toiture en béton a été publiée en février 2005. Le marquage CE est obligatoire depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2007.

## ■ **Textes de référence**

- NF EN 13693 « Produits préfabriqués en béton - Éléments spéciaux de toiture ».
- NF EN 1992-1-1 « Eurocode 2 : Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments ».
- NF EN 1992-1-1/NA - Annexe nationale à la NF EN 1992-1-1.
- P 84-204 « DTU 43.1. Travaux de mise en œuvre. Travaux d'étanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie. »

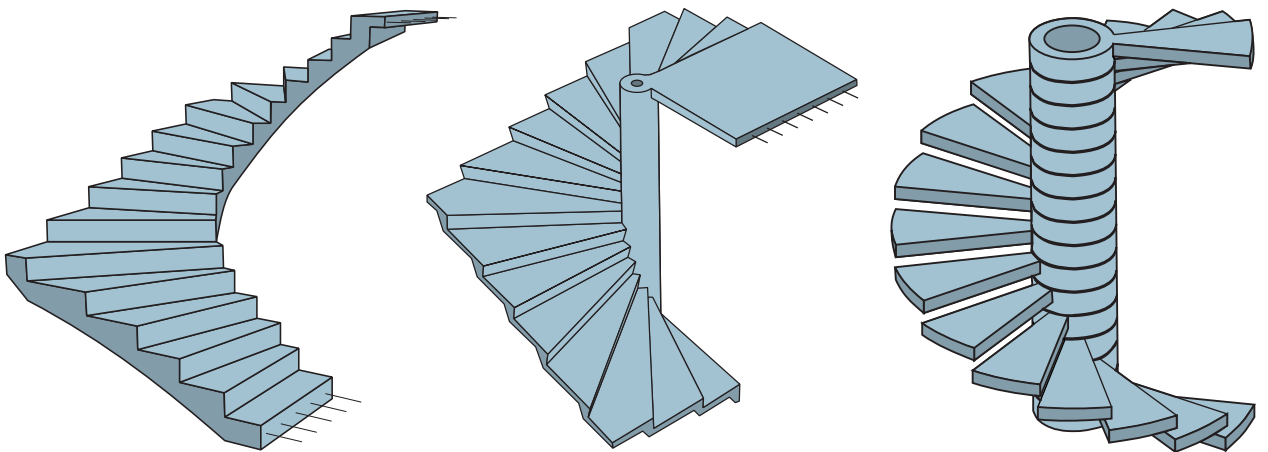
## 5.5 Les escaliers

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.

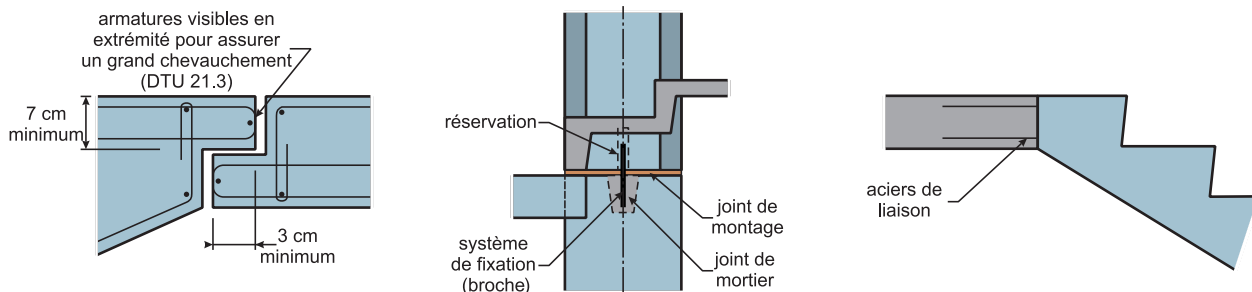


Principales géométries des escaliers.

### ■ 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.

## ■ Principales dimensions

Les deux arrêtés d'août 2006 relatifs à l'accessibilité des bâtiments aux handicapés ont profondément modifié les dispositions géométriques des escaliers. Ces mesures étendent les règles d'accessibilité aux handicapés à l'ensemble des bâtiments (hors établissements industriels et commerciaux) dont le permis de construire sera déposé à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2007.

Outre les escaliers, de nombreuses autres mesures concernent les aménagements extérieurs et intérieurs de tous les bâtiments cités ci-dessus (aménagement de cheminements extérieurs, largeurs de porte, unités de passage, aménagements intérieurs, etc.).

Arrêtés du 1 <sup>er</sup> août 2006 – hauteurs de marche, giron et largeur de l'escalier			
	Hauteur maximale de marche (en cm)	Giron minimal (en cm)	Largeur de l'escalier (en m)
<b>Établissements recevant du public</b>	16	28 <sup>(1) (2)</sup>	Entre mains courantes: 1,2 <sup>(3)</sup>
<b>Bâtiments d'habitation collectifs (parties communes)</b>	17	28 <sup>(2)</sup>	Entre mains courantes: 1 <sup>(3)</sup>
<b>Escaliers des logements ou des maisons individuelles</b>	18	24 <sup>(1) (2)</sup>	0,80 (mesure main courante incluse, lorsque sa largeur est inférieure à 0,1 m) <sup>(4)</sup>

1. Mesure du giron à 60 cm du bord intérieur (règles de sécurité).
2. Mesure du giron à 50 cm de la paroi extérieure de la cage (accessibilité handicapés).
3. Une main courante sur les deux côtés.
4. Une main courante d'un seul côté.

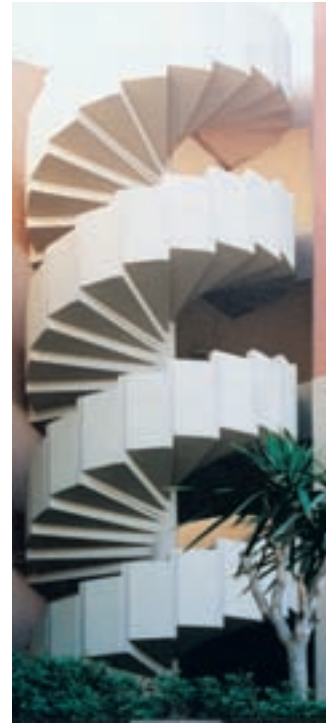
## ■ Textes de référence

- Normalisation et certification
  - NF EN 14843 – Escaliers en béton ;
  - NF Escaliers.

- Dimensionnement mécaniques
  - NF EN 1992-1-1 – Eurocode 2 : Calcul des structures en béton
    - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments.
  - NF EN 1992-1-1/NA - Annexe nationale NF EN 1992-1-1.
- Sécurité d'utilisation
  - Code de la constitution et de l'habitat, article R 111-5 et NF S 90-311 (dimensions d'encombrement d'un brancard) ;
  - Arrêtés du 1<sup>er</sup> août 2006 (accessibilité des ERP et des habitations 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**

La norme NF EN 14843 relative aux escaliers en béton a été publiée en juillet 2007. Le marquage CE est obligatoire depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2009. Il est complété par une certification volontaire NF.



*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.

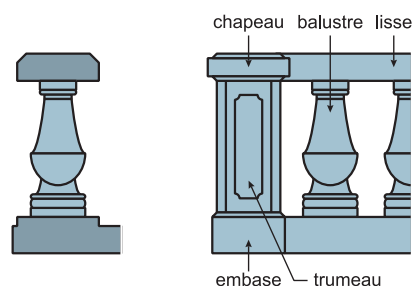


## ■ Géométrie

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.



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



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.

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.

## 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.

### ■ **Marquage CE et certification**

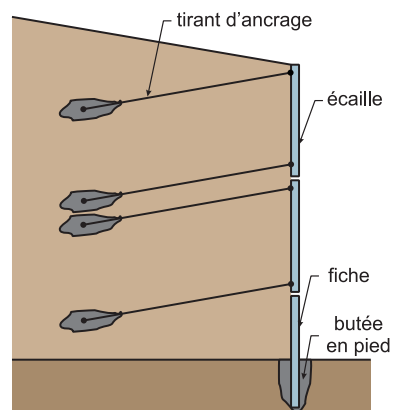
- Qualif-IB produits d'environnement.
- La norme NF EN 15258 « Produits préfabriqués en béton – Éléments de murs de soutènement » a été publiée en janvier 2009. Le marquage CE sera obligatoire en 2010.

### ■ **Textes de référence**

- NF EN 15258 « Produits préfabriqués en béton – Éléments de murs de soutènement ».
- NF EN 1992-1-1 « Eurocode 2 : Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments ».



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



*Principes de mise en œuvre d'un mur écaillé.*



- NF EN 1992-1-1/NA – Annexe nationale à la NF EN 1992-1-1.
- NF EN 1997-1 « Eurocode 7 – Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales »
- NF EN 1997-1/NA – Annexe nationale à la NF EN 1997-1.
- Cahier des charges référentiel FIB des produits d’environnement en béton.

## 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.

*Mur antibruit sur l’autoroute A 13, Garches.*

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.

### ■ **Marquage CE et certification**

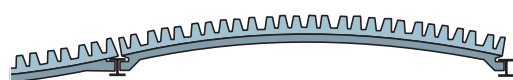
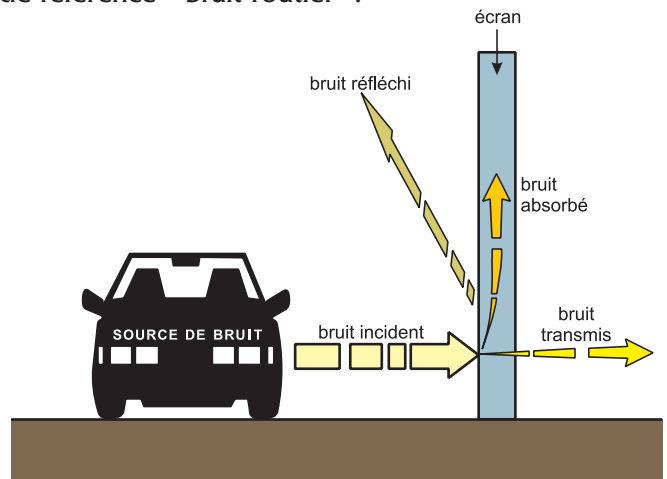
La norme NF EN 14388 relative aux dispositifs de réduction du bruit du trafic routier a été publiée en décembre 2005. Le marquage CE est obligatoire depuis le 5 mai 2007.



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

### ■ **Textes de référence**

- NF EN 14388 « Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier ».
- NF EN 14389-1 « Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Durabilité acoustique ».
- NF EN 14389-2 « Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Durabilité non acoustique ».
- NF EN 1793-1 « Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique : caractéristiques intrinsèques relatives à l'absorption ».
- NF EN 1793-2 « Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique : caractéristiques intrinsèques relatives à l'isolation aux bruits aériens ».
- NF EN 1793-3 « Définition du spectre de référence « bruit routier ».



*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 de calcul applicables : Eurocode 2 ou règles BAEL 91 révisées 99 (jusqu'en 2010), ainsi qu'aux normes produits lorsqu'elles existent.

#### ■ Mise en œuvre

Elle est réalisée selon les règles des fascicules 65.



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



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

#### ■ Textes de référence

- NF EN 1317-5 « Dispositifs de retenue routiers » (publication octobre 2007, marquage CE obligatoire à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2011).
- NF EN 1992-1-1 « Eurocode 2 : Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments ».
- NF EN 1992-1-1/NA – Annexe nationale à la NF EN 1992-1-1.
- Fascicule 65 « Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint » (annule et remplace les fascicules 65A et 65B).

## 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, dalles, 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.



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

*Dromadaires,  
Avenue Emile-Zola, Paris.*



■ **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*

- NF EN 13198 « Produits préfabriqués en béton – Mobilier urbain et de jardin » (norme volontaire publiée en novembre 2003 – pas de marquage CE).
- NF P 99-611 « Mobilier urbain d'ambiance et de propreté – Sanitaires publics – Classification – Spécifications et essais (07/1992) ».
- NF P 99-610 « Bancs publics : caractéristiques de robustesse et de stabilité ».
- NF P 99-650 « Maintenance du mobilier urbain ».
- Cahier des charges FIB produits d'environnement.



### ■ *À consulter*

*Aménagements urbains et produits de voirie en béton, Cimbéton, mars 2006.*



# 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

---

- NF EN 14992 « Produits préfabriqués en béton – Éléments de mur ».
- NF EN 13369 « Règles communes pour les produits préfabriqués en béton ».
- NF EN 1992-1-1 « Eurocode 2 : Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments ».
- NF EN 1992-1-1/NA – Annexe nationale à la NF EN 1992-1-1.
- 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 « Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint » (annule et remplace les Fascicules 65A et 65B).
  - *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, 2008.

### 3 - Documents et pièces à fournir

<b>Documents et pièces à fournir</b>	<b>Réalisation</b>		<b>Validation</b>
	<b>par qui ?</b>	<b>quand ?</b>	
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 le 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 conformément aux spécifications de la norme NF EN 14992, dans une usine fixe, de préférence titulaire de la certification Qualif-IB éléments architecturaux (la marque NF se substituera à cette certification en décembre 2009) ;
- références antérieures, 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	
---	--

B	
---	--

**2 - Catégorie d'état de surface**

(article 4.2)

Traité

<b>à l'état frais :</b>	(*)
Brossé	
Lavé	
<b>à l'état durci :</b>	
Bouchardé	
Acidé	
Désactivé	
Éclaté	
Flammé-brûlé	
Poncé	
Grésé	
Poli	
Sablé	

Destiné à être peint ou revêtu

Revêtu

**Brut contre moule**

Durci-moule	
Démoulage immédiat	

**Brut dessus de moule**

Dressé	
Taloché	
Lissé	
Feutré	
Avec empreinte	

(\*) : 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 : .....

Teinte moyenne (surfaces destinées à rester vues)					
Nuancier de référence	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)		E(1)	
T(4)		E(2)	
		E(3)	
		E(4)	
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 - Observations 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

Remarque : ce modèle de procès-verbal est disponible dans le rapport technique du CEN (CEN/TR 15739). Il prend en compte la nouvelle codification européenne pour la planéité, la texture et la teinte.

## 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 (ou NF dans le cadre de l'application de la norme NF EN 14992). À défaut, la fabrication doit être réalisée selon un plan d'assurance qualité 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 EN 197-1 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 NF EN 12620 et XP P 18-545 pour l'attribution de la marque NF-granulats.

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 EN 1008. 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 conformes à la norme NF EN 934-2 et certifiés NF.

Les produits de cures sont conformes à la norme NF P 18-370.

## **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* et le référentiel de la marque NF, à partir de décembre 2009.

## 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 la norme NF EN 14992.

### ■ 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

---

Le marquage sera conforme aux spécifications de la norme NF EN 14992. Il pourra être complété par les spécifications propres à la certification NF.

## 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 CÉRIS  
Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton

CÉRIS  
87 37 - rue des Longs Réglages  
38231 ÉPERVIGNY CÉDEX  
N° : 03 37 18 48 00  
Fax : 03 37 32 44 44

FIB  
5 rue Louis Lefrançois  
92128 MONTROUGE CÉDEX  
N° : 01 49 65 09 09  
Fax : 01 49 65 08 81

# 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 »**

**Nota**

*Cette partie devrait être prochainement modifiée pour être en accord avec la certification volontaire NF associée à l'application de la norme NF EN 14992. Voir en complément l'annexe 2 : les normes harmonisées produits et le marquage CE.*

## **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 et Rapport technique CEN/TR 15739 ;
- 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 le CERIB, organisme certificateur de produits industriels accrédité sous le numéro 5-0002 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 9001 ;
- des audits, contrôles et essais par le CERIB ;
- 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 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 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 ou équivalent.

#### **Nota**

La liste des produits certifiés et les attestations sont disponibles sur le site web : [www.cerib.com](http://www.cerib.com), rubrique « Certifications, Marquage CE » et sur simple demande auprès du CERIB.



Chapitre

# 8

# 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 antigelifs 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 armées), 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.

### antigelif

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. Abrévié 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. Abrévié 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.



### **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.

## **C**

### **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/m<sup>3</sup> (contre 2300 kg/m<sup>3</sup> pour un béton courant).

### **centrale à béton**

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

### **chainage**

n. m. Élément de construction en béton armé\*, qui solidarise les parois et les planchers d'un bâtiment. On distingue le chainage horizontal, qui ceinture chaque niveau au droit des planchers; et le chainage 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<sup>e</sup> 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/mm<sup>2</sup>) 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 augmenter 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.

### épaufrure

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 procé-

dé, généralement destiné à la fabrication d'éléments industrialisés, permet de réduire les délais de décoffrage\*.

## F

### faïençage

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.

### fêtré (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 1  $\mu$ ) 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 résistance\* du béton. À noter que, depuis 1983, le terme de granulat a remplacé, dans les normes, celui d'agrégat.

## granulométrie

n. f. Mesure de la granularité\* d'un granulat\*, 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. Granulat\* 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 (baguette), 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 transparent 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/m<sup>3</sup> (contre 2 300 kg/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> et peut atteindre 6 000 kg/m<sup>3</sup> (contre 2 300 kg/m<sup>3</sup> 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.

#### monotoron

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 préalables 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 acquies 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 1800 °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 d'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.



Chapitre

9

# Bibliographie

AMC 1900-2000 « Un siècle d'architecture en France », Le Moniteur architecture, décembre 1999.

*Aménagements urbains et produits de voirie en béton*, Cimbéton, mars 2004.

*Architectures en béton de ciment blanc*, Bétocib, Le Moniteur, 2003.

*Bétons apparents*, Cimbéton, mai 1996.

M. Zacek, *Constructions parasismiques*, éd. Parenthèses, 1996.

*Construire avec les bétons*, éd. Cimbéton et Le Moniteur, juin 2000.

Walther et Trelean, *Construire en béton. Synthèse pour architecte*, Presse polytechnique et univ. romandes, 1993.

*Construction moderne* (revue trimestrielle), Cimbéton.

*Durabilité et entretien des parements clairs à base de ciment blanc*, Bétocib, 1994.

Bonhomme, *Guide pour l'établissement des projets de bâtiments*, éd. Le Moniteur.

*Guide Veritas du bâtiment*, éd. Le Moniteur.

*Les bétons, Modules de conférence pour les écoles d'architectes*, Cimbéton, 1996 à 2008.

*Les bétons de ciment blanc. Prescriptions techniques*, Bétocib, 2000.

« Les isolants », Sycodés n° 33, p 37.

« Les mastics dans le bâtiment », Sycodés n° 29, p 38.

*L'essentiel sur les ciments et les bétons*, Cimbéton, 2006.

*Murs séparatifs coupe-feu et façades à fonction d'écran thermique en béton*, Cimbéton, 2006.

A. Van Acker, *Planning and design handbook on precast building structures*, FIP, 1994.

*Précis de bâtiment (conception, mise en œuvre, normalisation)*, Afnor, éd. Nathan, 1991.

*Béton et confort – Thermique*, Cimbéton.

*Béton et confort – Acoustique*, Cimbéton.

*Béton et confort – Santé*, Cimbéton.



Chapitre

10

# Principaux textes de référence

## 10.1 - Principaux Textes normatifs et réglementaires

### ■ Résistance mécanique et stabilité

Référence	Objet
Arrêté du 16-07-92	Règles de construction parasismiques
Décret 91-461	Prévention du risque sismique
NF P 06-013	Construction parasismique. Règles PS 92
NF P 06-014	Construction parasismique des maisons individuelles

### ■ Sécurité d'utilisation

Référence	Objet
Arrêté du 1 <sup>er</sup> août 2006	Accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public
Arrêté du 1 <sup>er</sup> août 2006	Accessibilité aux personnes handicapées des bâtiments d'habitation
Arrêté du 27-06-94	Dispositions destinées à rendre accessible les lieux de travail aux personnes handicapées (application R235-3-18)
Arrêté du 5 août 1992 (modification de l'article R 235-4)	Aménagements des lieux de travail.

### ■ Sécurité incendie

Référence	Objet
Arrêté du 31 janvier 1986 modifié	Sécurité incendie applicable aux bâtiments d'habitation
Arrêté du 25 juin 1980 modifié	Sécurité incendie applicable aux Établissements recevant du public (ERP)
Arrêté du 18 octobre 1977 modifié	Sécurité incendie applicable aux immeubles de grande hauteur (IGH)
Circulaires du 3 mars 1975 et du 4 novembre 1987, arrêté du 9 mai 2006	Sécurité incendie applicable aux Parcs de stationnement couverts
Décret du 21 septembre 1977 et arrêtés types pour les ICPE soumises à autorisation	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)
Arrêté du 21 novembre 2002	Réaction au feu (classification et méthodes d'essai)
Arrêté du 22 mars 2004	Résistance au feu (classification, méthodes de calcul et d'essai)

### ■ Isolation thermique

Référence	Objet
Décret n° 2006-592 du 24 mai 2006 et Arrêté du 24 mai 2006	Caractéristiques thermiques et performance des constructions nouvelles - Réglementation thermique RT 2005
Arrêté du 8 mai 2007	Contenu et conditions d'attribution du label HPE
Règles de calculs TH-bat	Méthodes de calculs pour l'application de la RT 2005



## ■ Protection contre le bruit

Référence	Objet
Arrêté du 30 juin 1999	Caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation
Arrêté du 30 juin 1999	Modalités d'application de la réglementation acoustique
Arrêté du 25 avril 2003	Limitation du bruit dans les établissements d'enseignement
Décret n° 95-20 du 9 janvier 1995	Application de l'article L. 111-11-1 du code de la construction et de l'habitation relatif aux caractéristiques acoustiques de certains bâtiments autres que d'habitation et de leurs équipements
Décret n° 98-1143 du 15 décembre 1998	Prescriptions applicables aux établissements ou locaux recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée, à l'exclusion des salles dont l'activité est réservée à l'enseignement de la musique et de la danse.
Arrêté du 25 avril 2003	Limitation du bruit dans les établissements de santé
Arrêté du 25 avril 2003	Limitation du bruit dans les hôtels
Arrêté du 30 août 1990	Application de l'article R. 235-11 du code du travail et relatif à la correction acoustique des locaux de travail.

## 10.2 - Ouvrages - Normes bases de calcul

- NF EN 1990** (mars 2003) Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures  
(2<sup>e</sup> tirage – 01/04/2003)
- NF P06-100-2** (juin 2004) Annexe nationale à la NF EN 1990
- NF EN 1990/A1** (juil. 2006) Amendement A1 (Application aux ponts) à la norme NF EN 1990
- NF EN 1990/A1/NA** (déc. 2007) Annexe nationale à la NF EN 1990/A1
- NF EN 1991-1-1** (mars 2003) Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments  
(2<sup>e</sup> tirage – 01/04/2003)
- NF P06-111-2** (juin 2004) Annexe nationale à la NF EN 1991-1-1
- NF P06-111-2/A1** (mars 2009) Amendement A1 à l'Annexe nationale à la NF EN 1991-1-1
- NF EN 1991-1-2** (juil. 2003) Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-2 : actions générales - Actions sur les structures exposées au feu
- NF EN 1991-1-2/NA** (fév. 2007) Annexe nationale à la NF EN 1991-1-2
- NF EN 1991-1-3** (avril 2004) Eurocode 1. Actions sur les structures - Partie 1-3 : actions générales - Charges de neige
- NF EN 1991-1-3/NA** (mai 2007) Annexe nationale à la NF EN 1991-1-3
- NF EN 1991-1-4** (nov. 2005) Eurocode 1. Actions sur les structures - Partie 1-4 : actions générales - Actions du vent
- NF EN 1991-1-4/NA** (mars 2008) Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4
- NF EN 1991-1-5** (mai 2004) Eurocode 1. Actions sur les structures - Partie 1-5 : actions générales - Actions thermiques
- NF EN 1991-1-5/NA** (fév.2008) Annexe nationale à la NF EN 1991-1-5

NF EN 1991-1-6 (nov. 2005) (2 <sup>e</sup> tirage – 01/02/2009)	Eurocode 1. Actions sur les structures - Partie 1-6: actions générales - Actions en cours d'exécution
NF EN 1991-1-6/NA (mars 2009)	Annexe nationale à la NF EN 1991-1-6
NF EN 1991-1-7 (fév.2007)	Eurocode 1. Actions sur les structures - Partie 1-7: actions générales - Actions accidentelles
NF EN 1991-1-7/NA (sept. 2008)	Annexe nationale à la NF EN 1991-1-7
NF EN 1991-2 (mars 2004)	Eurocode 1. Actions sur les structures - Partie 2: actions sur les ponts, dues au trafic
NF EN 1991-2/NA (mars 2008)	Annexe nationale à la NF EN 1991-2
NF EN 1997-1 (juin 2005)	Eurocode 7. Calcul géotechnique - Partie 1: règles générales
NF EN 1997-1/NA (sept. 2006)	Annexe nationale à la NF EN 1997-1
NF EN 1997-2 (sep. 2007)	Eurocode 7. Calcul géotechnique - Partie 2: reconnaissance des terrains et essais
NF EN 1998-1 (sept. 2005)	Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1: règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments
NF EN 1998-1/NA (déc. 2007)	Annexe nationale à la NF EN 1998-1
NF EN 1998-2 (déc.2006)	Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 2: ponts
NF EN 1998-2/NA (oct. 2007)	Annexe nationale à la NF EN 1998-2
NF EN 1998-5 (sept. 2005)	Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 5: fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques
NF EN 1998-5/NA (oct. 2007)	Annexe nationale à la NF EN 1998-5

### 10.3 - Calcul des ouvrages en béton armé et précontraints

---

CCTG Fascicule n° 62 titre I section I (avril 99)	Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé, suivant la méthode des états limites (BAEL 91 révisé 99)
CCTG Fascicule n° 62 titre I section II (avril 99)	Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint, suivant la méthode des états limites (BPEL 91 révisé 99)
NF EN 1992-1-1 (oct. 2005)	Eurocode 2. Calcul des structures en béton - Partie 1-1: règles générales et règles pour les bâtiments
NF EN 1992-1-1/NA (mars 2007)	Annexe nationale à la NF EN 1992-1-1

- NF EN 1992-1-2 (oct. 2005) (2<sup>e</sup> tirage - 01/10/2005) Eurocode 2. Calcul des structures en béton - Partie 1-2 : règles générales - Calcul du comportement au feu
- NF EN 1992-1-2/NA (oct. 2007) Annexe nationale à la NF EN 1992-1-2
- NF EN 1992-2 (mai 2006) Eurocode 2. Calcul des structures en béton - Partie 2 : ponts en béton - Calcul et dispositions constructives
- NF EN 1992-2/NA (avril 2007) Annexe nationale à la NF EN 1992-2

## 10.4 - Matières premières

---

- NF EN 197-1 (fév. 2001) Ciment - Partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants
- NF EN 197-1/A1 (déc. 2004) Amendement A1 à la NF EN 197-1
- NF EN 197-1/A3 (avril 2009) Amendement A3 à la NF EN 197-1
- NF EN 197-2 (fév. 2001) Ciment - Partie 2 : évaluation de la conformité
- NF EN 197-4 (déc. 2004) Ciment - Partie 4 : composition, spécification et critères de conformité des ciments de haut-fourneau et à faible résistance à court terme
- CCTG Fascicule n° 3 (1995) Fourniture de liants hydrauliques
- NF EN 12620 + A1 (juin 2008) Granulats pour béton
- XP P 18-545 (mars 2008) Granulats - Éléments de définition, conformité et codification (remplace la XP P 18-540 : 2004)
- NF EN 13055-1 (déc. 2002) (2<sup>e</sup> tirage - 01/08/2003) Granulats légers - Partie 1 : granulats légers pour bétons et mortiers
- NF EN 1008 (juil. 2003) Eau de gâchage pour bétons - Spécifications d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi, y compris les eaux des processus de l'industrie du béton, telle que l'eau de gâchage pour le béton (2<sup>e</sup> tirage - 01/06/2006) (remplace la XP P 18-303 : 1999)
- NF EN 934-2 (sept. 2002) Adjuvants pour béton, mortier et coulis - Partie 2 : adjuvants pour béton - Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage (2<sup>e</sup> tirage - 01/12/2007) (complétée par la NF EN 934-2/A1 : 2005 et NF EN 934-2/A2 : 2006)
- NF EN 934-3 (mai 2004) (2<sup>e</sup> tirage - 01/06/2005) Adjuvants pour béton, mortier et coulis - Partie 3 : adjuvants pour mortier à maçonner - Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage
- NF EN 934-5 (déc. 2007) Adjuvants pour béton, mortier et coulis - Partie 5 : adjuvants pour bétons projetés - Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage
- NF EN 934-6 (sept. 2002) Adjuvants pour béton, mortier et coulis - Partie 6 : échantillonnage, contrôle et évaluation de la conformité (complétée par la NF EN 934-6/A1 : 2006)

- NF EN 12878** (sept. 2005) Pigments de coloration des matériaux de construction à base de ciment et/ou de chaux - Spécifications et méthodes d'essai (remplace la NF EN 12878: 1999)
- NF EN 10080** (sept. 2005) Aciers pour l'armature du béton - Aciers soudables pour béton armé - Généralités
- NF EN 10088-1** (sept. 2005) Aciers inoxydables - Partie 1: liste des aciers inoxydables
- NF EN 12696** (juil. 2000) Protection cathodique de l'acier dans le béton (2<sup>e</sup> tirage - 01/04/2006)
- CCTG Fascicule n° 4**  
Titre I (1983) Fourniture d'acier et autres métaux - Armatures pour béton armé (applicable aux marchés publics de travaux)
- NF EN 14889-1** (nov. 2006) Fibres pour béton - Partie 1: fibres d'acier - Définitions, spécifications et conformité
- NF EN 14889-2** (nov. 2006) Fibres pour béton - Partie 2: fibres de polymère - Définition, spécifications et conformité
- NF EN 15422** (juin 2008) Produits préfabriqués en béton - Spécification des fibres de verre destinées au renforcement des mortiers et des bétons
- CCTG Fascicule n° 4**  
Titre II (1983) Fourniture d'acier et autres métaux - Armatures pour béton précontraint (applicable aux marchés publics de travaux)
- PR NF EN 10138-1** (fév. 2007) Armatures de précontrainte. Partie 1: prescriptions générales
- PR NF EN 10138-2** (fév. 2007) Armatures de précontrainte. Partie 2: fils
- PR NF EN 10138-3** (fév. 2007) Armatures de précontrainte. Partie 3: torons
- PR NF EN 10138-4** (fév. 2004) Armatures de précontrainte. Partie 4: barres

ATE pour armatures de précontraintes. Voir Liste des armatures de précontrainte certifiées ASQPE

## 10.5 - Produits en béton

---

- NF EN 13369** (déc. 2004) Règles communes pour les produits préfabriqués en béton  
(2<sup>e</sup> tirage - 01/01/2007)
- NF EN 13369/A1** (juil. 2006) Amendement n° 1 à la NF EN 13369
- NF EN 1168+A2** (mai 2009) Produits préfabriqués en béton - Dalles alvéolées + Amendement 2

- NF EN 13224+A1** (août 2007) Produits préfabriqués en béton - Éléments de plancher nervurés + Amendement 1
- NF EN 13225** (fév. 2005) Produits préfabriqués en béton - Éléments de structure linéaires  
(2<sup>e</sup> tirage - 01/01/2007)
- NF EN 13693** (fév. 2005) Produits préfabriqués en béton - Éléments spéciaux de toiture
- NF EN 13747+A1** (déc. 2008) Produits préfabriqués en béton - Prédalles pour systèmes de planchers + Amendement 1
- NF EN 14843** (juil. 2007) Produits préfabriqués en béton - Escaliers
- NF EN 14992** (juil. 2007) Produits préfabriqués en béton - Éléments de mur
- NF EN 15050** (août 2007) Produits préfabriqués en béton - Éléments de ponts
- NF EN 15258** (janv. 2009) Produits préfabriqués en béton - Éléments de murs de soutènement
- NF EN 13198** (nov. 2003) Produits préfabriqués en béton - Mobilier urbain et de jardin
- NF EN 1317-5+A1** (déc. 2008) Dispositifs de retenue routiers - Partie 5 : exigences relatives aux produits et évaluation de la conformité des dispositifs de retenue pour véhicules + Amendement 1
- NF EN 14388** (déc. 2005) Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Spécifications
- NF EN 14389-1** (mai 2009) Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Méthodes d'évaluation des performances à long terme - Partie 1 : caractéristiques acoustiques
- NF EN 14389-2** (janv. 2005) Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier - Méthodes d'évaluation des performances à long terme - Partie 2 : caractéristiques non acoustiques

## 10.6 - Mise en œuvre

---

- XP ENV 13670-1** (nov. 2002) Exécution des ouvrages en béton – Partie 1 : tronc commun et document d'application nationale
- CCTG Fascicule n° 65** (2008) Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint (annule et remplace les Fascicules 65-A et 65-B, objet des décrets respectifs 2000-524 et 96-420)
- DTU 21** (mars 2004) Travaux de bâtiment – Exécution des ouvrages en béton – Cahier des clauses techniques

## 10.6 - Référentiels de Certification

---

<i>Produits</i>	<i>Certification</i>
Dalles alvéolées en béton armé et en béton précontraint	NF : référentiel NF 384
Éléments linéaires de structure préfabriqués en béton	NF : référentiel NF 394
Prédalles armées ou précontraintes	NF : référentiel NF 396
Escaliers	NF : référentiel NF 417
Éléments de murs porteurs et façades	Qualif-IB Éléments architecturaux*
Mobilier urbain et de jardin, murs de soutènement, bornes défensives	Qualif-IB Produits d'environnement

\*La marque NF se substituera au Qualif IB en décembre 2009.

### Où se procurer ces documents ?

---

#### **Normes françaises et européennes**

AFNOR – 11, rue Francis de Pressensé – 93571 La Plaine Saint-Denis Cedex

Tél. : 01 41 62 82 91 – Télécopie : 01 49 17 90 00

<http://www.boutique.afnor.org>

#### **Textes réglementaires**

<http://www.legifrance.gouv.fr>

<http://www.journal-officiel.gouv.fr>

#### **Fascicules du CCTG**

(Cahier des Clauses Techniques Générales du Ministère chargé de l'Équipement)

Direction des journaux officiels – 26, rue Desaix – 75727 Paris Cedex 15

Tél. : 01 40 58 79 79

[http://www.btp.equipement.gouv.fr/article.php3?id\\_article=431](http://www.btp.equipement.gouv.fr/article.php3?id_article=431)

#### **Cahier des charges FIB**

FIB (Fédération de l'Industrie du Béton) – 23, rue de la Vanne

92126 Montrouge Cedex

Tél. : 01 49 65 09 09 – Télécopie : 01 49 65 08 61 – <http://www.fib.org>

#### **Référentiels de certification**

CÉRIB (Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton)

BP 30059 – 28231 Épernon Cedex

Tél. : 02 37 18 48 00 – Fax : 02 37 83 67 39 – <http://www.cerib.com>





Chapitre

# 11

## Adresses utiles

**AFNOR**

Association française  
de normalisation  
11, rue Francis de Pressensé  
93571 La-Plaine-Saint-Denis CEDEX  
Tél. : 01 42 91 55 55  
Fax : 01 42 91 56 56  
Site web : [www.afnor.fr](http://www.afnor.fr)

**AGENCE QUALITÉ  
CONSTRUCTION**

9, boulevard Malesherbes  
75008 Paris  
Tél. : 01 44 74 98 00  
Fax : 01 47 42 81 71  
Site web :  
[www.qualiteconstruction.com](http://www.qualiteconstruction.com)

**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](mailto: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 30059  
28231 Épernon Cedex  
Tél. : 02 37 18 48 00  
Fax : 02 37 83 67 39  
Site web : [www.cerib.com](http://www.cerib.com)  
e-mail : [ouvrages@cerib.com](mailto: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](http://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](http://www.cimbeton.asso.fr)  
e-mail : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net)

**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@cofrac.fr](mailto:cofrac@cofrac.fr)  
Site web : [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.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](http://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  
Site web : [www.efbeton.com](http://www.efbeton.com)

**FIB**

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  
site web : [www.fib.org](http://www.fib.org)  
e-mail : [fib@fib.org](mailto:fib@fib.org)

**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](http://www.lcpc.fr)

**QUALITEL**

Association Qualitel  
136, boulevard Saint-Germain  
75006 Paris  
Tél. : 01 42 34 53 29  
Fax : 01 40 46 93 76

**SFIC**

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  
Site web : [www.sfic.fr](http://www.sfic.fr)

**SNJF**

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 entrepre-  
neurs 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  
Site web : [www.strres.org](http://www.strres.org)

**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  
Site web : [www.synad.fr](http://www.synad.fr)

**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  
Site web : [www.unpg.fr](http://www.unpg.fr)



Chapitre

# 12 Annexes

**Annexe 1** Entretien du béton

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

# Annexe 1 • Entretien du béton

## **1 - Origine et nature des altérations**

## **2 - Traitements des salissures et altérations des parements**

Les graffitis

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 graffitis (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 bouchar dage.

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 graffitis*

De nombreux produits sont utilisés pour réaliser des graffitis : encres traditionnelles, encres indélébiles, peintures en bombe aérosol, peintures à l'huile, craies, cirages, goudrons, etc. Les produits antigraffitis 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 graffitis ;
- des risques de modification de teinte.

Les graffitis 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 graffitis 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 antigraffitis</i>		
<b>Famille de produit</b>	<b>Mode d'action</b>	<b>Type</b>
Polyuréthane bi-composant	Filmogène (1) (nettoyage facile)	Permanent (60 nettoyages en moyenne)
Résine silicone	Bouche-pores (2) (moins employé aujourd'hui)	Temporaire
Émulsion acrylique	Oléophobe (3)	Temporaire
Microcire	Filmogène et bouche-pores	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 tachant.*
3. *Modifie la tension superficielle du matériau rendant impossible la pénétration des agents tachant.*

- Actions curatives

<b>Nettoyage des graffitis selon l'aspect de surface du béton</b>	
<b>Aspect de surface</b>	<b>Actions curatives</b>
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 formateur.*

## ■ **Taches diverses**

- Actions préventives

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

- 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.

<b>Recommandations pour traiter les taches ou les salissures sur le béton</b>			
<b>Nature des taches</b>	<b>Action préalable</b>	<b>Produits à utiliser</b>	<b>Traitement</b>
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

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

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

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 antigraffitis, 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.

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 <sub>2</sub> Moins employé aujourd'hui	Application difficile
Résine acrylique	Bonne, > 10 ans	Semi-filmogène. Frein à la pénétration du CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> Résiste aux UV. Peut-être colorée Bonne résistance à l'eau Également antigraffiti	Sur support humide
Résine organométallique	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.

- 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.

### ■ Salissures liées à l'environnement

Les poussières ou les salissures dues aux gaz polluants forment de grandes zones sombres sur la surface (aspect sale) constituées de microparticules 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 (voir le tableau ci-après)	Nettoyage selon l'aspect de surface initial du béton (voir le tableau ci-après) Appliquer ensuite un produit de protection filmogène (résine acrylique, polyuréthane par exemple)



<i>Nettoyage des salissures d'environnement selon l'aspect initial du béton</i>		
<b>Aspect de surface</b>	<b>Actions préventives</b>	<b>Actions curatives</b>
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'
Bouchardé	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. Les exigences sur l'enrobage minimal des armatures sont définies dans les normes produits, en référence à l'annexe A de la NF EN 13369, complétée pour les classes d'exposition XF et XA, par les dispositions de l'avant-propos national de cette norme. Ces valeurs sont minorées ou majorées conformément à l'annexe nationale de NF EN 1992-1-1 Eurocode 2 en fonction de la durée d'utilisation du projet, de la classe de résistance, de la nature du liant et de la compacité de l'enrobage.

- 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 • Règles techniques de conception et de dimensionnement des ouvrages en béton

## 1 - Les Eurocodes structuraux

- 1.1 La directive Produits de construction et les Exigences Essentielles**
- 1.2 Les normes harmonisées produits et le marquage CE**
- 1.3 L'avis technique européen (ATE)**
- 1.4 Le dimensionnement des structures par les Eurocodes**
- 1.5 L'Eurocode 0 – Principes de dimensionnement**
- 1.6 L'Eurocode 1 – Actions sur les ouvrages**
- 1.7 L'Eurocode 2 – Calcul des structures en béton**

La référence aux normes françaises harmonisées (normes européennes validées par l'état français) s'impose aujourd'hui pour la plupart des produits de construction. D'ici 2010, les Eurocodes structuraux deviendront les documents de référence pour le dimensionnement des ouvrages. Ils remplaceront les règles de calcul françaises actuelles. Il est donc important aujourd'hui de se tourner vers cette nouvelle normalisation et d'en exposer les grands principes.

La normalisation européenne relative aux produits de construction est également présentée avec le principe du marquage CE et du marquage complémentaire NF qui peut être associé.

Du fait de la complexité et de l'étendue de ces textes, une présentation exhaustive demanderait des développements plus importants. La bibliographie fournira donc au lecteur intéressé une liste de normes et d'ouvrages de référence permettant d'aller plus loin dans cette voie.

Les Eurocodes ont été lancés en 1976 par la Commission Européenne pour servir de codes de conception et de calculs des ouvrages de bâtiment et de génie civil. Ils sont destinés à harmoniser les méthodes de calcul des constructions, quels que soient les types d'ouvrages ou de matériaux (structures en béton, en métal, structures mixtes acier/béton, maçonnerie, bois, aluminium). Ils servent de documents de référence pour établir les spécifications des produits de construction vendus en libre circulation sur le marché européen.

<i>Les Eurocodes</i>			
<b>Bases de calcul</b>		EN 1990	
<b>Actions sur les structures</b>		EN 1991	
<b>Dimensionnement par types de matériaux</b>	EN 1992 – Béton	EN 1993 – Acier	EN 1994 – Acier - Béton
	EN 1995 – Bois	EN 1996 – Maçonnerie	EN 1999 – Aluminium
<b>Codes de calculs transversaux</b>	EN 1997 – Géotechnique		EN 1998 – Parasismique

Une première série d'Eurocodes intitulés ENV ont été publiés vers les années 80 pour une évaluation par les États membres (exemple: ENV 1992-1-1). En mars 2010, tous ces ENV, ainsi que les codes de calculs nationaux encore en vigueur, seront retirés du corpus normatif français.

Chaque État membre a la possibilité d'adapter les Eurocodes en fonction d'impératifs nationaux, par exemple les cartes climatiques.

## 1.1 - La directive Produits de construction et les Exigences Essentielles

---

La Directive européenne Directive 89/106/CEE concerne les produits de construction. Elle définit les Exigences Essentielles auxquelles doivent satisfaire les produits du marché pour assurer la sécurité des personnes et la protection de l'environnement :

- **résistance mécanique et stabilité;**
- **sécurité en cas d'incendie;**
- **hygiène, santé et environnement;**
- **sécurité d'utilisation;**
- **protection contre le bruit;**
- **économie d'énergie et isolation thermique.**

Chaque exigence essentielle fait l'objet d'un document interprétatif particulier publié par la Commission européenne. Ces six documents sont tous bâtis sur le même plan et traitent les points suivants :

- méthodes de calculs utilisées par les différents États membres ;
- liste des produits concernés ;
- caractéristiques devant être prises en compte.

Ces documents sont consultables sur le site : <http://www.dpcnet.org>

L'objectif de la Directive est de définir les règles visant à permettre la libre circulation des produits de construction sur le marché européen. Elle indique le principe de normalisation des produits, en particulier les clauses du marquage CE représentatif de la conformité aux exigences essentielles :

- réalisation de normes européennes harmonisées ou d'avis techniques européens (ATE) définissant les spécifications des produits permettant de satisfaire aux exigences essentielles ;
- règles relatives au contrôle de la production en usine des produits, visant à assurer leur traçabilité ;
- règles de mise en place du marquage CE.

La réalisation des normes harmonisées est confiée au Comité Européen de Normalisation (CEN). Il mandate un groupe d'experts chargé de la rédaction des textes normatifs.

Chaque secteur est regroupé au sein d'un comité technique (TC).



<i>CEN – Comités techniques liés au domaine de la construction*</i>
CEN/TC 89 – Performance thermique des bâtiments et des composants du bâtiment
CEN/TC 104 – Béton et exécution des ouvrages en béton
CEN/TC 125 – Maçonneries
CEN/TC 126 – Propriétés acoustiques des produits de construction et des ouvrages
CEN/TC 127 – Sécurité incendie dans le bâtiment
CEN/TC 154 – Granulats
CEN/TC 177 – Éléments structuraux en béton cellulaire autoclavé
CEN/TC 229 – Produits en béton
CEN/TC 250 – Eurocodes structuraux
CEN/TC 350 – Durabilité des travaux de construction

\* *Liste non exhaustive*

### 1.2 - Les normes harmonisées produits et le marquage CE

---

Une norme européenne harmonisée a pour objectif de définir les règles de satisfaction aux exigences essentielles. Elle est constituée des chapitres suivants :

1. Domaine d'application ;
2. Références normatives ;
3. Termes et définitions ;
4. Prescriptions relatives aux matériaux et aux produits finis ;
5. Méthodes d'essai ;
6. Évaluation de la conformité (essais et contrôle de la production en usine) ;
7. Marquage des produits ;
8. Documentation technique ;
9. Différentes annexes dont l'annexe ZA relative au marquage CE.

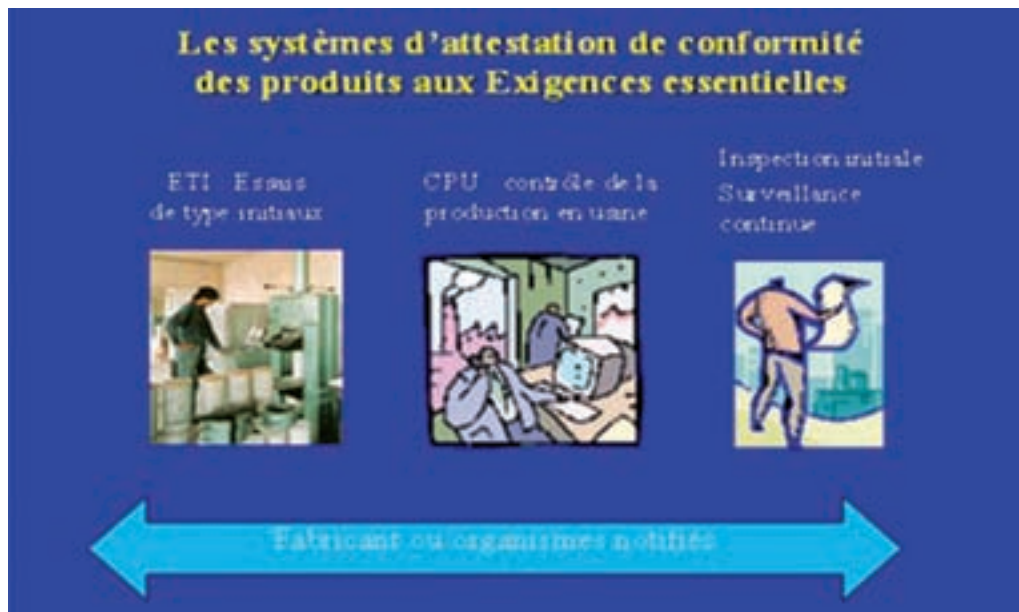
Exemple de norme harmonisée : NF EN 14992, Produits préfabriqués en béton – Éléments de mur.

À côté des normes harmonisées, il existe d'autres normes dites « volontaires » et qui ne conduisent pas au marquage CE. C'est le cas par exemple de la norme NF EN 13198 relative au mobilier urbain.

Toutes ces normes sont disponibles sur le site Afnor : <http://www.afnor.com>

## ■ L'attestation de conformité aux exigences essentielles

Le fabricant atteste la conformité de ses produits aux spécifications techniques harmonisées de la norme, par application du marquage CE (conformité aux exigences essentielles). Il utilise pour cela le (ou les) système de validation prévu dans la norme.



La procédure d'attestation de conformité est constituée de trois parties.

### 1 - Essais de type initiaux (ETI)

Les ETI vérifient qu'un produit est conforme à la spécification technique harmonisée. Ils définissent la performance de toutes les caractéristiques harmonisées à déclarer.

Le fabricant doit disposer d'une preuve d'essais de type initiaux réalisés par eux-mêmes ou par un organisme notifié, selon le système d'attestation de conformité applicable au produit.

Les ETI ne se rapportent pas nécessairement à des tests. Beaucoup de spécifications techniques harmonisées font référence à d'autres procédures :

- emploi par exemple de la Décision européenne 2000/147/CE sur le classement de la réaction au feu d'un produit ;
- valeurs tabulées précisées dans la norme ou en référence à une autre norme « de soutien » : norme NF EN 15301-2 relative à la résistance au feu ;
- calcul comme moyen de déterminer les performances (valeurs, classes ou niveaux).

## 2 - Contrôle de la production en usine (CPU ou FPC en anglais – factory production control)

Le CPU est le contrôle interne permanent de la production exercé par le fabricant. Toutes les dispositions adoptées par le fabricant sont consignées de manière systématique sous la forme de règles et de procédures écrites. Le contrôle de la production en usine est requis dans tous les systèmes d'attestation.

## 3 - Inspection et contrôle par des Organismes notifiés

Il s'agit d'organismes tels que :

- laboratoires d'essais (système 3) ;
- organismes certificateurs de produits (systèmes 1+ et 1) ;
- organismes d'inspection (systèmes 2+ et 2).

Quelques Organismes notifiés pour la France :

ACERMI, Afnor Certification, ASQUAL, CEBTP, CERIB, CETIAT, CETIM, CNPP, CSTB, CTBA, CTICM, CTTB, LCPC, LNE, SME

Les systèmes d'attestation de conformité sont au nombre de six. Ils s'appuient sur les procédures décrites dans le tableau ci-dessous.

Le système « 2+ » est celui utilisé pour le marquage CE des produits en béton qui ont un rôle porteur ou structural au sein de l'ouvrage (un mur porteur par exemple). Dans le cas contraire, le système « 4 » est souvent requis.

<b>Systèmes d'attestation de conformité pour le marquage CE</b>							
<b>Tâches</b>		<b>Systèmes d'attestation</b>					
		4	3	2	2+	1	1+
<b>Fabricant</b>	Contrôle de production en usine	X	X	X	X	X	X
	Essais de type initial	X	-	X	X	-	-
	Essais d'échantillons selon un plan	-	-	-	-	X	X
<b>Organisme notifié</b>	Essais de produits par échantillonnage	-	-	-	-	-	X
	Essais de type initial	-	X	-	-	X	X
	Inspection initiale	-	-	X	X	X	X
	Inspection périodique	-	-	-	X	X	X

## ■ Le marquage CE

Le marquage CE est le signe de la conformité aux exigences essentielles. Il permet d'accéder aux informations relatives à ces spécifications, soit directement, soit par l'intermédiaire de références à des documents commerciaux ou techniques délivrés par le fabricant ou le concepteur.

Le marquage CE est obligatoire pour tous les produits soumis à une ou plusieurs Directives Européennes et vendus sur l'espace économique européen.

Il existe différents types d'étiquettes pour le marquage CE : Une étiquette simplifiée (lorsqu'il n'est pas possible d'afficher l'ensemble des informations requises pour le marquage CE) ou une étiquette « complète » (voir exemple pour un élément de mur en béton).

 0123	Marquage CE de conformité constitué par le symbole CE donné dans la Directive 93/68/CEE
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 07 0123-CPD-0456	Identification de l'organisme notifié Nom ou marque d'identification et adresse enregistrée du fabricant Deux derniers chiffres de l'année d'apposition du marquage Numéro du certificat de contrôle de la production en usine
EN 14992 Éléments de mur ÉLÉMENT DE MUR PORTEUR AVEC/SANS FONCTIONS D'ENVELOPPE	Numéro et titre de la Norme européenne concernée Nom générique et application prévue Informations relatives à la géométrie du produit et aux caractéristiques des matériaux, comprenant les dispositions constructives
Béton : Résistance à la compression $f_{cm} = 45 \text{ N/mm}^2$ Acier de précontrainte : Résistance ultime à la traction $f_{pk} = 2\,060 \text{ N/mm}^2$ Limite conventionnelle d'élasticité en traction à 0,1 % $f_{p0,1k} = 1\,840 \text{ N/mm}^2$	(à adapter au produit spécifique par le fabricant) NOTE 1 Les valeurs numériques sont données uniquement à titre d'exemple NOTE 2 Le schéma peut être omis si des informations équivalentes sont disponibles dans une information technique clairement identifiée (catalogue du produit) à laquelle il est fait référence
 longueur L = XXXX m hauteur H = YYYY m épaisseur t = ZZZZ m classe de tolérance A	
Pour les dispositions constructives et la durabilité, voir l'information technique Information technique : Catalogue du produit ABC : 2002 -- article X	

**Exemple de marquage CE – Éléments de murs en béton**

### ■ *Le marquage volontaire NF*

La marque NF est une marque de certification de qualité volontaire. Elle garantit que les exigences de qualité, sécurité, fiabilité, aptitude à l'usage, décrites dans les normes et référentiels de certification ont été contrôlées et sont respectées. La marque NF vise à répondre à l'attente globale de qualité des prescripteurs et utilisateurs (aptitude à l'emploi, durabilité, performances, etc.).

La marque NF implique systématiquement l'intervention d'Afnor Certification ou de l'organisme qu'elle a mandaté qui vérifie la conformité du produit et effectue à périodicité définie des contrôles sur le produit et sur l'efficacité de l'organisation qualité de l'entreprise.



### 1.3 - L'avis technique européen (ATE)

---

Il s'agit d'une procédure de conformité aux exigences essentielles basée sur le même principe que la norme harmonisée. Elle en diffère du fait qu'elle s'adresse à des produits plus spécifiques (ou non traditionnels) et pour lesquels la Commission Européenne n'a pas lancé de procédure de normalisation.

Les spécifications d'un ATE s'appuient la plupart du temps sur un document technique ou guide élaboré par un groupe d'experts (les laboratoires nationaux le plus

souvent tel que le CSTB) mandatés au sein de l'EOTA (Organisation européenne pour l'agrément technique). Ce guide définit les spécifications couvertes par les exigences essentielles ainsi que les procédures du marquage CE.

Un ATE est en général délivré pour cinq ans.

### **Exemples de guides ATE :**

- Guide d'ATE n° 1 – Chevilles métalliques pour béton ;
- Guide d'ATE n° 3 – Kits de cloisons intérieures utilisées comme parois non porteuses ;
- Guide d'ATE n° 8 – Kits d'escaliers préfabriqués ;
- Guide d'ATE n° 9 – Kits de coffrage permanents non porteurs composés de blocs creux ou de panneaux isolants, et éventuellement de béton ;
- Guide d'ATE n° 13 – Procédés de précontrainte par post-tension ;
- Guide d'ATE n° 18 – Produits de protection contre le feu ;
- Guide d'ATE n° 20 – Chevilles plastiques pour usage multiple pour béton et maçonneries, pour applications non structurales ;
- Guide d'ATE n° 23 – Unités de constructions préfabriquées ;
- Guide d'ATE n° 24 – Constructions à châssis de béton en kit ;
- Guide d'ATE n° 26 – Produits de calfeutrement et de compartimentage au feu.

Les guides ATE sont disponibles gratuitement sur le site CSTB :

<http://www.cstb.fr/evaluations/ate/guide-de-late.html>

## **1.4 - Le dimensionnement des structures par les Eurocodes**

---

Les Eurocodes sont rattachés à la directive « produits de construction » et ont le statut de normes volontaires. Ils constituent un ensemble cohérent de textes fondés sur une analyse semi-probabiliste de la sécurité des constructions (approche identique à celles du BAEL). Chaque organisme national de normalisation (Afnor en France) est chargé de transposer les Eurocodes en normes nationales, par l'ajout d'une Annexe Nationale.

L'Annexe Nationale ne peut exprimer que des informations sur des paramètres laissés en attente dans les Eurocodes sous la désignation de NDP (Nationally Determined Parameters) à utiliser pour les ouvrages à construire dans le pays concerné. Il s'agit de :

- Valeurs et/ou classes là où des alternatives figurent dans l'Eurocode ;
- Valeurs à utiliser pour remplacer un symbole ;
- Données propres à un pays, par exemple carte de neige ;
- Procédure à utiliser quand l'Eurocode propose des alternatives.

L'ensemble des Eurocodes est actuellement disponible. L'état d'avancement des annexes nationales relatives au matériau béton est présenté ci-après.



<b>Eurocodes structuraux – État d'avancement des annexes nationales</b>		
<b>Norme européenne</b>	<b>Annexe nationale</b>	<b>Publication</b>
<b>NF EN 1990 – Bases de calculs</b>		
NF EN 1990	NF P06-100-2	juin 2004
NF EN 1990/A1	NF EN 1990/A1/NA	décembre 2007
<b>NF EN 1991 – Actions</b>		
Partie 1-1 : Actions générales – Poids volumique, poids propres et charges d'exploitation bâtiments	NF P06-111-2	juin 2004
Partie 1-2 : Actions générales – Actions sur les structures exposées au feu	NF EN 1991-1-2/NA	février 2007
Partie 1-3 : Actions générales – Charges de neige	NF EN 1991-1-3/NA	mai 2007
Partie 1-4 : Actions générales – Actions du vent	NF EN 1991-1-4/NA	mars 2008
Partie 1-5 : Actions générales – Actions thermiques	NF EN 1991-1-5/NA	février 2008
Partie 1-6 : Actions générales – Actions en cours d'exécution	PR NF EN 1991-1-6/NA	Projet d'annexe en cours
Partie 1-7 : Actions générales – Actions accidentelles	PR NF EN 1991-1-7/NA	Projet d'annexe en cours
Partie 2 : Actions sur les ponts, dues au trafic	NF EN 1991-2/NA	mars 2008
Partie 3 : Actions induites par les grues et les ponts roulants	PR NF EN 1991-3/NA	Projet d'annexe en cours
Partie 4 : Silos et réservoirs	NF EN 1991-4/NA	novembre 2007
<b>NF EN 1992 – Dimensionnement des ouvrages en béton</b>		
Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments	NF EN 1992-1-1/NA	mars 2007
Partie 1-2 : règles générales – Calcul du comportement au feu	NF EN 1992-1-2/NA	octobre 2007
Partie 2 : Ponts en béton – Calcul et dispositions constructives	NF EN 1992-2/NA	avril 2007
Partie 3 : Silos et réservoirs	NF EN 1992-3/NA	juillet 2008
<b>NF EN 1997 – Calculs géotechniques</b>		
Partie 1 : règles générales	NF EN 1997-1/NA	septembre 2006
Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais		
<b>NF EN 1998 – Dimensionnement au séisme</b>		
Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments	NF EN 1998-1/NA	décembre 2007
Partie 2 : Ponts	NF EN 1998-2/NA	octobre 2007
Partie 3 : Évaluation et renforcement des bâtiments	NF EN 1998-3/NA	janvier 2008
Partie 4 : Silos, réservoirs et canalisations	NF EN 1998-4/NA	janvier 2008
Partie 5 : Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques	NF EN 1998-5/NA	octobre 2007
Partie 6 : Tours, mâts et cheminées	NF EN 1998-6/NA	octobre 2007

## 1.5 - L'Eurocode 0 – Principes de dimensionnement

---

L'Eurocode 0 (NF EN 1990) définit les principes et exigences en matière de sécurité, d'aptitude au service et de durabilité des structures. Il décrit :

- les bases pour le dimensionnement des structures par la méthode des coefficients partiels ;
- les combinaisons d'actions aux différents états limites : états limites ultimes (ELU) et états limites de service (ELS) ;
- les variables de base représentatives des actions (poids propres, charges d'exploitation) : valeurs caractéristiques représentatives d'une action, valeurs d'accompagnement des charges variables, valeurs de calcul des actions ainsi que leurs effets ( $E_d$ ) ;
- la représentation des propriétés des matériaux ou produits de construction : résistance de calcul ( $R_d$ ) en appliquant des coefficients partiels de sécurité  $\gamma$  ; valeurs limites à respecter pour les différents ELS ( $C_d$ ) ;
- les données géométriques à prendre en compte dans les calculs.

### ■ *L'analyse semi-probabiliste ou méthode des coefficients partiels de sécurité.*

L'analyse semi-probabiliste associe aux actions et aux valeurs de résistance un ensemble de coefficients dits « partiels » représentatifs de la probabilité d'atteindre une valeur de calcul ou de dépasser une résistance.

Représentation d'une valeur de calcul à l'ELU :  $E_d = \gamma_s \times S_k$

Représentation d'une valeur de résistance :  $R_d = \frac{R_k}{\gamma_R}$

Dans lesquelles :

$E_d$  est la valeur de calcul de la sollicitation,

$S_k$  est la valeur caractéristique de la sollicitation,

$\gamma_s$  est le facteur partiel associé à la sollicitation,

$R_d$  est la résistance de calcul,

$R_k$  est la résistance caractéristique des éléments,

$\gamma_R$  est le facteur partiel associé au matériau.

### ■ *Vérification aux états-limites*

Un ouvrage est soumis à un certain nombre d'actions (charges gravitaires, poids propres de personnes, charges de neige, vent, etc..) qui vont solliciter la structure résistante.

La valeur des actions est définie de manière réglementaire par chaque État membre à partir des Eurocodes 1. L'Eurocode 0 précise pour sa part la manière dont sont combinées les actions pour un ouvrage donné.

La vérification aux états limites ultimes fait intervenir :

- le type de situation rencontrée par l'ouvrage : situation de projet durable ou transitoire ;
- les combinaisons d'actions associées et la manière dont l'état-limite risque d'être atteint (rupture d'un élément, déformation excessive, etc.).

### ■ *Les situations de projet*

Elles représentent les différentes phases de la vie de l'ouvrage ou des situations particulières que pourrait supporter l'ouvrage. On distingue les différents cas courants suivants :

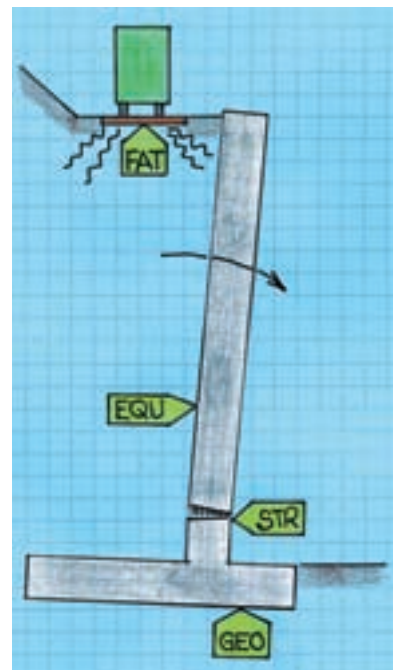
- situation durable : condition d'utilisation normale ;
- situation transitoire : phase de construction ou de réparation limitée dans le temps ;
- situation accidentelle : incendie, explosion, choc, séisme.

Le bon comportement de l'ouvrage doit être vérifié pour chaque situation recensée. Chaque situation donne lieu à une combinaison d'actions et à une vérification que l'on dénomme par vérification aux états limites.

### ■ *États limites ultimes (ELU)*

Les états limites ultimes sont associés à une défaillance ou une ruine de l'ouvrage. Ils concernent la sécurité des personnes et/ou la sécurité de la structure. L'Eurocode 0 classe les états limites ultimes selon 4 causes :

- EQU : perte d'équilibre statique ;
- STR : défaillance d'éléments structuraux ;
- GEO : défaillance du sol ;
- FAT : défaillance due à la fatigue.



*Les différentes causes de ruine aux ELU  
Exemple sur un mur de soutènement*

## ■ États limites de service (ELS)

Les états limites de service correspondent à une perte d'aptitude à l'usage en raison de différents facteurs tels que déformation excessive, durabilité (corrosion des armatures). C'est en particulier le cas pour :

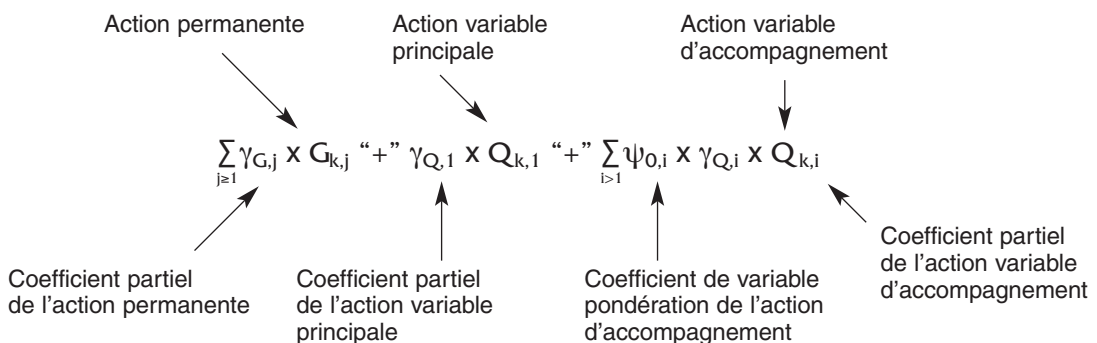
- les déformations excessives qui peuvent endommager les cloisons, le revêtement du sol, l'étanchéité...
- la déformation de fonctionnement des planchers qui ne doit pas affecter les éléments de second œuvre ;
- la corrosion des armatures causée par un enrobage insuffisant ou des imperfections d'enduits.

## ■ Combinaisons d'actions pour les calculs

Les actions sollicitant la structure sont combinées de manière à représenter l'effet « probable » qu'elles auront sur la structure, selon l'état limite considéré, la durée d'application du chargement, la représentativité du chargement (cas courant de chargement ou cas rare par exemple).

### • Combinaisons à l'ELU

Elles sont modélisées par la combinaison type suivante :



$\gamma_G$  est égal à 1,35 lorsque l'action permanente (poids propre) agit de manière défavorable. Il est égal à 1 lorsqu'il agit de manière favorable.

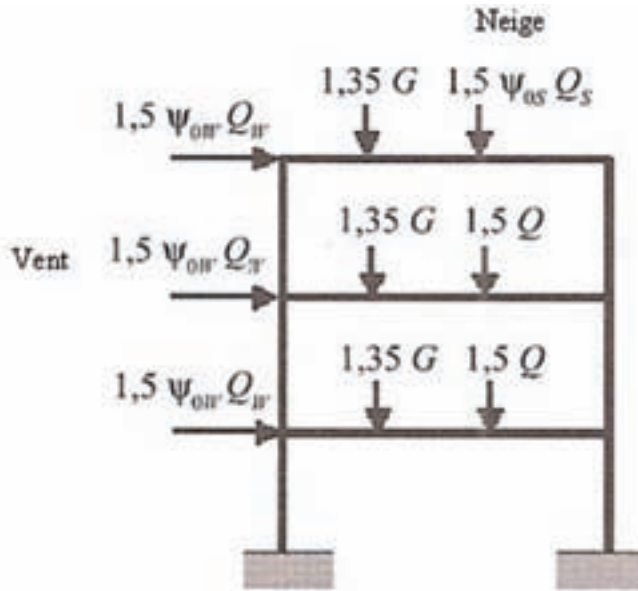
$\gamma_Q$  est égal à 1,5 lorsque la charge agit de manière défavorable. Il est égal à 0 lorsqu'elle agit de manière favorable.

Le signe « + » indique que les actions sont associées de manière « pertinente », sous forme de torseurs (forces et moments). Leur combinaison permet de définir les composantes mécaniques sollicitant l'ouvrage.

<b>Combinaisons d'action à l'ELU</b>	
ELU à vérifier	Expression de la combinaison d'action
<b>Résistance de la structure (STR ou GEO)</b>	$1,35 \times G_{k,sup} \text{ " + " } 1,00 \times G_{k,inf} \text{ " + " } 1,5 \times G_{k,l} \text{ " + " } \sum_{i>1} \psi_{0,i} \times (1,5 \times G_{k,i})$
<b>Équilibre (EQU)</b>	$1,10 \times G_{k,sup} \text{ " + " } 0,90 \times G_{k,inf} \text{ " + " } 1,5 \times G_{k,l} \text{ " + " } \sum_{i>1} \psi_{0,i} \times (1,5 \times G_{k,i})$
<b>Situation accidentelle (choc, incendie)</b>	$G_k \text{ " + " } A_d \text{ " + " } (\psi_{1,1} \text{ ou } \psi_{2,1}) \times Q_{k,1} \text{ " + " } \sum_{i>1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$
<b>Situation sismique</b>	$G_k \text{ " + " } A_{Ed} \text{ " + " } \sum_{i>1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$

$G_{k,sup}$  et  $G_{k,inf}$  sont définis par rapport à la valeur moyenne du poids propre.

$G_{k,sup}$  représente 95 % des valeurs du poids propre, réparties selon une loi statistique normale (Gauss) et  $G_{k,inf}$  5 % de ces valeurs. En règle générale pour les projets courants, on prend la valeur moyenne  $G_k$  pour ces deux valeurs.



Charge d'exploitation Q dominante.  
 Combinaison d'action pour le mode de rupture « STR »  
 $1,35 \times G \text{ " + " } 1,5 \times Q \text{ " + " } 0,5 \times (1,5 \times Q_s) \text{ " + " } 0,6 \times (1,5 \times Q_w)$

### Exemple de cas de chargement courant sur un bâtiment

• **Combinaisons à l'ELS**

Trois combinaisons types sont utilisées, selon leur fréquence probable d'apparition et leur durée dans le temps.

Combinaisons d'actions à l'ELS		
Combinaison type	Effet	Expression de la combinaison d'action
<b>Caractéristique</b>	Court terme (état irréversible: fissure par exemple)	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ " + " } Q_{k,1} \text{ " + " } \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$
<b>Fréquente</b>	Moyen terme (état réversible)	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ " + " } \psi_{1,1} \text{ " + " } Q_{k,1} \text{ " + " } \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$
<b>Quasi-permanente</b>	Long terme (prise en compte du fluage)	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ " + " } \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$

## ■ Valeurs de calcul de la résistance

La valeur de calcul  $X_d$  d'une propriété de matériau s'exprime par:  $X_k = \eta \frac{X_k}{\gamma_M}$  dans laquelle:

- $X_k$  est la valeur caractéristique du matériau ;
- $\eta$  est un coefficient de conversion prenant en compte les effets du volume, de la température, de l'humidité. Dans le cas général,  $\eta = 1$  ;
- $\gamma_M$  est un coefficient partiel pour le matériau considéré.

Le coefficient partiel tient compte des différentes incertitudes liées à la caractérisation de la résistance ainsi qu'à sa modélisation.

## 1.6 - L'Eurocode 1 : actions sur les ouvrages

On rappelle que les actions s'exerçant sur les ouvrages de maçonnerie sont définies par l'Eurocode 1. Les différentes actions avec leurs symboles sont résumées dans le tableau suivant.

Eurocode 1 – Symboles associés aux actions			
Tableau 1.1 – Les différentes actions appliquées sur les ouvrages			
Types d'actions	Désignation	Symboles	Normes, réglementations
<b>Permanentes</b>	Poids propre des éléments	G	EN 1991-1-1
<b>Variables</b>	Charges d'exploitation	Q	EN 1991-1-1
	Charges de neige	S	EN 1991-1-3
	Charges de vent	W	EN 1991-1-4
<b>Accidentelles</b>	Explosions, choc	A	-
	Feu	A	EN 1991-1-2 et EN 1996-1-2
	Séisme	A	EN 1998-1-1



### ■ Actions permanentes

Les actions permanentes sont, comme le poids propre, représentées par la valeur caractéristique  $G_k$ .

Le tableau suivant donne différentes valeurs indicatives de poids propres pouvant être utilisées en avant-projet. Elles sont à confirmer selon les indications des documents particuliers du marché.

Poids volumique de matériaux	G en $kN/m^3$
Acier	78,5
Aluminium	27
Asphalte coulé	18
Béton non armé	24
Béton armé	25
Marbre, granit	28

Poids volumique de matériaux	G en $kN/m^3$
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 volumique de matériaux	G en $kN/m^3$
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	0,22
Revêtements textiles ou plastiques, parquet mosaïque	0,08

Poids volumique de matériaux	G en $kN/m^3$
Couverture en tuiles mécaniques	0,45
Couverture métallique	
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 volumique de matériaux	G en $kN/m^3$
Blocs pleins en béton, ép. 20 cm	4,2
Blocs creux en béton, ép. 20 cm	2,7
Briques pleines, ép. 21,5 cm	4
Briques creuses, ép. 20 cm	1,75
Bloc plein de béton cellulaire à 600 $kg/m^3$ , ép. 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

### ■ Actions variables

Les actions variables sont représentées par leur valeur caractéristique  $q_k$  ou  $Q_k$ . Elles sont associées à un coefficient de pondération  $\psi$  déterminant la valeur probable de l'action pour les différentes combinaisons d'actions considérées dans les

calculs :

- $\psi_0$  pour la combinaison caractéristique des actions ;
- $\psi_1$  pour la combinaison fréquente ou en cas d'incendie ;
- $\psi_2$  pour la combinaison quasi-permanente ou pour l'effet du fluage.

Les valeurs des coefficients  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  et  $\psi_2$  sont données dans le tableau suivant (bâti-  
ments situés en France métropolitaine).

Coefficients de pondération et charges de plancher

pour les actions variables (France métropolitaine)

Catégorie	Usage	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$q_{k,v}^{(1)}$ kN/m <sup>2</sup>	$Q_{k,v}^{(2)}$ kN
A	Habitation, résidentiel	0,7	0,5	0,3	1,5 2,5 3,5	2,0
	Planchers					
	Escaliers					
	Balcons					
B	Bureaux	0,7	0,5	0,3	2,5	4,0
C	Lieux de réunion	0,7	0,7	0,6	2,5 4,0 4,0 5,0 5,0	3,0 4,0 4,0 7,0 4,5
	C1 : espaces équipés de tables					
	C2 : espaces équipés de sièges fixes					
	C3 : espaces sans obstacle à la circulation					
	C4 : espaces permettant des activités physiques					
C5 : espaces susceptibles d'accueillir des foules importantes						
D	Commerces	0,7	0,7	0,6	5,0 5,0	5,0 5,0
	D1 : commerces de détail courant D2 : grands magasins					
E	Stockage	1,0	0,9	0,8	7,5	7,0
	E1 : possibilité d'accumulation de marchandises E2 : usage industriel					
F	Zone de trafic : véhicules légers PTAC ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6	2,3	15
G	Zone de trafic : véhicule de poids moyen ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3	5,0	90
H	Toitures inaccessibles sauf entretien	0	0	0	1,0	1,5
Charge de neige	H > 1 000 m	0,7	0,5	0,2		
	H ≤ 1 000 m	0,5	0,2	0		
Charge	de vent	0,6	0,2	0		

1.  $q_{k,v}$  définit une densité de charge verticale uniforme. Elle est pondérée par le coefficient de surface  $\alpha_A$  :

$$\alpha_A = 0,77 + \frac{3,5}{A} \leq 1 \quad (A \text{ en } m^2)$$

2.  $Q_{k,v}$  définit une charge verticale concentrée sur une aire carrée de 50 mm de côté, pour les catégories A à E, en général non cumulable avec la charge uniforme.

Pour les catégories F et G,  $Q_{k,v}$  représente une charge d'essieu répartie sur les deux surfaces de contact de 100 mm de côté (catégorie G) ou 200 mm (catégorie H).

■ **Actions accidentelles**

Elles sont représentées par une valeur nominale unique  $A_d$ .

■ **Charges d'exploitation sur les planchers et les toitures**

Les valeurs des charges ( $q_{kv}$  ou  $Q_{kv}$ ) sont données dans le tableau précédent.

■ **Charges d'exploitation des cloisons**

Le poids propre des cloisons mobiles (ou légères) est pris en compte par une charge uniformément répartie  $q_k$  qu'il convient d'ajouter aux charges d'exploitation supportées par les planchers.

<b>Charges d'exploitation <math>q_k</math> des cloisons</b>	
<b>Poids propre de la cloison kN/m linéaire</b>	<b>Valeur de la charge répartie <math>q_k</math> kN/m<sup>2</sup></b>
≤ 1,0	0,5
≤ 2,0	0,8
≤ 3,0	1,2

Pour les cloisons plus lourdes, le calcul est équivalent à celui d'un mur. Il tient compte :

- de leur emplacement et de leur orientation ;
- de la nature de la structure des planchers.

■ **Charges horizontales sur les parapets**

Le parapet est sollicité par une charge caractéristique horizontale linéique  $q_k$  positionnée à une hauteur maximale de 1,2 m.









<b>Charges horizontales linéiques <math>q_k</math> sur les parapets</b>	
<b>Catégorie</b>	<b>Charge caractéristique linéique <math>q_k</math> (kN/m)</b>
A, B, C1	0,60
C2 à C4, D	1,00
E	2

## ■ Charge de neige $S$

Elle est définie dans la norme NF EN 1991-1-3 (Eurocode 1 – Action de la neige sur les structures).

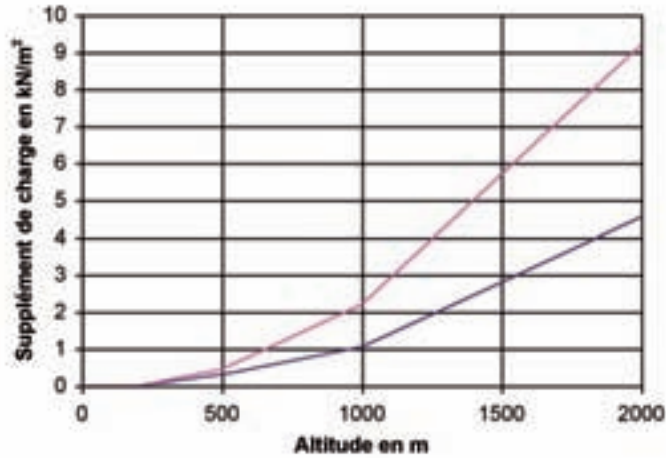
Les valeurs caractéristiques de l'action sont fixées dans l'annexe nationale



	A1 	A2 	B1 	B2 	C1 	C2 	D 	E 
<b>Valeur caractéristique de la charge de neige (<math>kN/m^2</math>) <math>s_k</math></b>	0,45		0,55		0,65		0,90	1,40
<b>Valeur de calcul de la charge exceptionnelle de neige (<math>kN/m^2</math>) <math>s_{Ad}</math></b>	-	1,00		1,35		1,80		

Ces charges de neiges sont valables pour des altitudes inférieures à 200 m. Pour des altitudes supérieures, une charge supplémentaire est à ajouter en fonction de l'altitude (figure 4.6).

### Charges de neige sur le sol – $S_k$



### Supplément de charge de neige en fonction de l'altitude

#### • Valeurs caractéristiques de la charge de neige sur une toiture

Deux cas sont considérés

• Situation durable ou transitoire:  $s = \mu_i(\alpha) \times C_e \times s_k$

• Situation accidentelle:  $s = \mu_i(\alpha) \times C_e \times s_{Ad}$

ou:  $s = \mu_i(\alpha) \times s_k$  (cas d'une accumulation de neige)

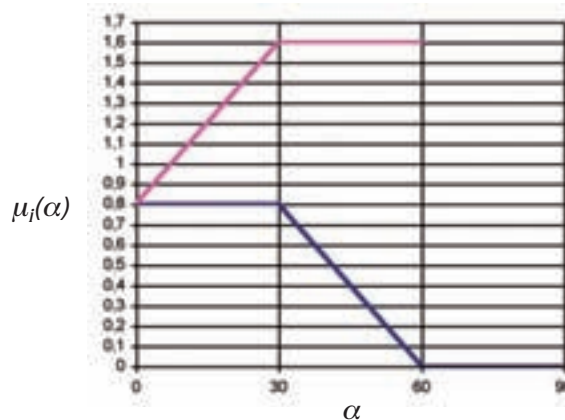
Où:

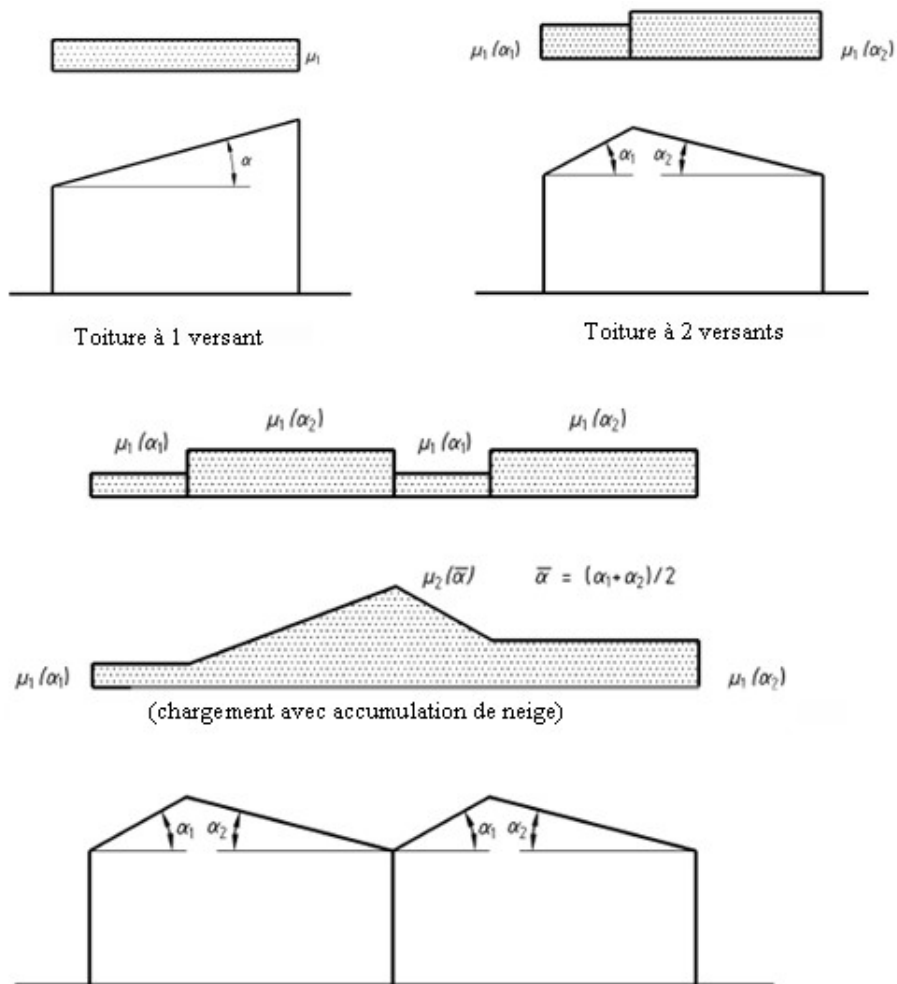
$\mu_i(\alpha)$  est le coefficient de forme dépendant du type de toiture et de sa pente;

$C_e$  est le coefficient d'exposition;

$s_k$  est la valeur caractéristique de la charge de neige;

$s_{Ad}$  est la valeur de calcul de la charge exceptionnelle de neige en situation accidentelle.





### Coefficient $\mu_1(\alpha)$ pour une toiture à 1 ou 2 versants

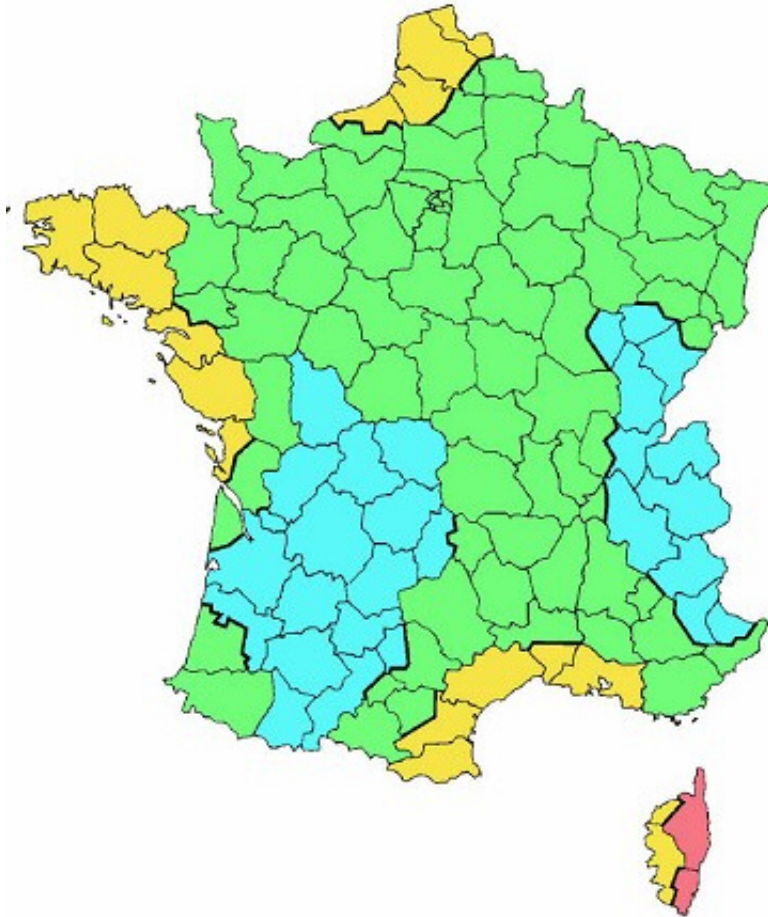
Valeur du coefficient $C_e$	
Topographie	$C_e$
Site balayé par le vent : zone plate sans obstacle et exposée de tous côtés	0,8
Site normal : zone sans balayage dû au vent, présence d'autres constructions ou d'arbres	1,0
Site protégé : construction encaissée ou entourée de grands arbres ou de constructions plus élevées	1,2



■ **Charges de vent  $W$**

Elle est définie dans la NF EN 1991-1-4 (Eurocode 1 – Action du vent sur les structures).

Les valeurs de l'action sont fixées par la réglementation nationale.



Régions	1 <span style="color: lightblue;">■</span>	2 <span style="color: green;">■</span>	3 <span style="color: yellow;">■</span>	4 <span style="color: red;">■</span>	Guyane	Guadeloupe Martinique Réunion Mayotte
$v_{b,0}$ (m/s)	22	24	26	28	17	34
en km/h	79,2	86,4	93,6	100,8	61,2	122,4

**Vitesses de référence du vent  $v_{b,0}$  (m/s)**

Le calcul de la pression dynamique due au vent suit les étapes de calcul suivantes :

• **Pression dynamique de base  $q_b$**

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2$$

$\rho$  : masse volumique de l'air = 1,25 kg/m<sup>3</sup>

$v_b$  : vitesse de base du vent. Dans les cas courants de construction,  $v_b = v_{b0}$

• **Pression dynamique de pointe  $q_p(z)$**

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

Le coefficient d'exposition  $c_e(z)$  est fonction :

- de la hauteur  $z$  au-dessus du terrain naturel de la construction ;
- de la rugosité du terrain environnant.

La hauteur  $z$  correspond à la hauteur du centre de gravité du mur au-dessus du sol.

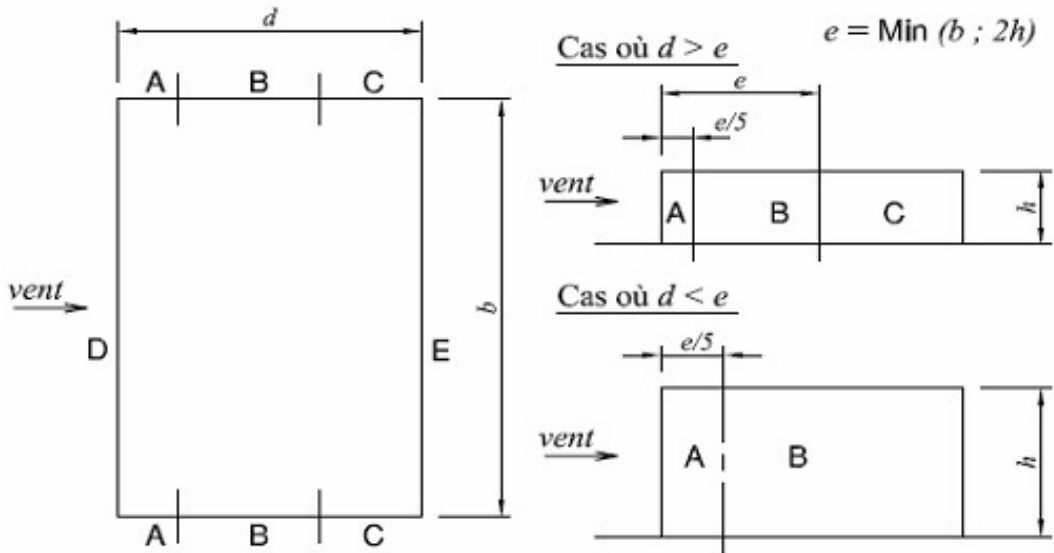


Définition du coefficient d'exposition $c_e(z)$	
Catégories de terrain	Définition
<b>0</b>	Mer ou zone côtière exposée au vent de mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km.
<b>II</b>	Rase campagne ou non avec quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur.
<b>IIIa</b>	Campagne avec des haies ; vignobles, bocages, habitat dispersé.
<b>IIIb</b>	Zones urbanisées ou industrielles ; bocage dense ; vergers.
<b>IV</b>	Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouvertes de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m ; forêts.

• Pression dynamique  $w$  sur une paroi

$$w = q_p(z) \cdot (c_{pe} - c_{pi})$$

Le coefficient de pression externe  $c_{pe}$  dépend de la position et de l'orientation de la façade du bâtiment par rapport au vent. Ce coefficient est donné pour des surfaces exposées de  $1 \text{ m}^2$  ( $c_{pe,1}$ ) ou de  $10 \text{ m}^2$  ( $c_{pe,10}$ ).



Définition des zones d'exposition relative au vent des façades d'un bâtiment

Valeurs du coefficient de pression externe $c_{pe}$										
Zones	A		B		C		D		E	
d/h	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$
$\leq 1$	-1,3	-1,0	-1,0	-0,8	-0,5	-0,5	+1,0	-0,8	-0,3	-0,3
$\leq 4$	-1,3	-1,0	-1,0	-0,8	-0,5	-0,5	+1,0	-0,6	-0,3	-0,3

$c_{pe,1}$  : coefficient relatif à des surfaces exposées de  $1 \text{ m}^2$

$c_{pe,10}$  : coefficient relatif à des surfaces exposées de  $10 \text{ m}^2$  ou plus

Interpolation pour des surfaces A entre 1 et  $10 \text{ m}^2$  :

Le coefficient de pression interne  $c_{pi}$  est fonction de la perméabilité  $\mu$ , définie en fonction des surfaces des ouvertures des parois du bâtiment.

$$\mu = \frac{A_{os} + A_{op}}{A_{os} + A_{op} + A_{oa}}$$

- $A_{os}$  : surface des ouvertures des parois sous le vent  
 $A_{op}$  : surface des ouvertures des parois parallèles au vent  
 $A_{oa}$  : surface des ouvertures des parois au vent (exposées directement au vent)

Valeurs de  $c_{pi}$  :

$c_{pi} = 0,8$ pour $\mu \leq 0,1$
$c_{pi} = 0,8 - 1,625 (\mu - 0,1)$ pour $\mu$ compris entre 0,1 et 0,9
$c_{pi} = -0,5$ pour $\mu \leq 0,9$

## 1.7 L'Eurocode 2 – Calcul des structures en béton

Ce code de calcul doit remplacer en 2010 les règlements de calculs actuels, BAEL et BPEL, et un certain nombre de DTU actuels du bâtiment. C'est un code de calcul aux états-limites avec la méthode des coefficients partiels, proches de ceux actuellement utilisés.

Différents documents sont attachés à l'emploi de ce code, notamment l'annexe nationale et les autres documents relatifs aux matériaux et produits utilisés et à l'exécution des ouvrages.

**Exemple d'application : Eurocode 2**

Dimensionnement : Eurocodes	Exécution	Doc divers
Eurocode 0 Eurocode 1 Eurocode 2	Fascicule 65 Fascicules du CCTG EN 13670 (Exécution) NFP 18-201 (DTU 21) Autres DTU	Recommandations Professionnelles (1) Doc Techn. D'application
Structure en béton		
<b>Béton NF EN 206-1 (norme volontaire)</b> Normes associées : NF EN 197-1 Ciments NF EN 12620 Adjuvants	<b>Normes d'essais</b> ex. NF EN 12390-3 Résistance du béton	<b>Produits en béton CE « + » NF</b> Règles communes : NF EN 13369 + Norme produit

(1) Recommandations professionnelles pour l'application de la NF EN 1992-1-1

Il est constitué des parties principales suivantes.

■ **Bases de calcul**

• **Coefficients partiels relatifs aux matériaux**

Coefficients partiels relatifs aux matériaux			
	Situation de projet	$\gamma_c$ (béton)	$\gamma_s$ (acier)
ELU	Durable et transitoire	1,5	1,15
	Accidentelle (hors séisme)	1,2	1,0

• **Durée d'utilisation projetée pour l'ouvrage**

On prend habituellement :

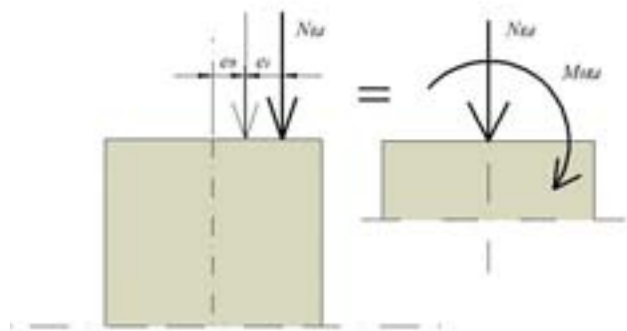
- 50 ans pour les bâtiments courants ;
- 100 ans pour les édifices publics, les ponts, les autres ouvrages de génie civil.

• **Calcul des éléments élancés – effets du second ordre**

Un poteau ou un voile est considéré soumis à un effort normal de calcul ( $N_{Ed}$ ) accompagné d'un moment ( $M_{0Ed}$ ) dû à l'excentricité initiale de la charge ( $e_0$ ) complétée de l'excentricité additionnelle due aux imperfections géométriques ( $e_i = l_0/400$  environ).

Moment de calcul :

$M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$ , avec  $M_2$  moment correspondant aux effets du second ordre (fluage dû à l'élan- cement et au charge- ment).

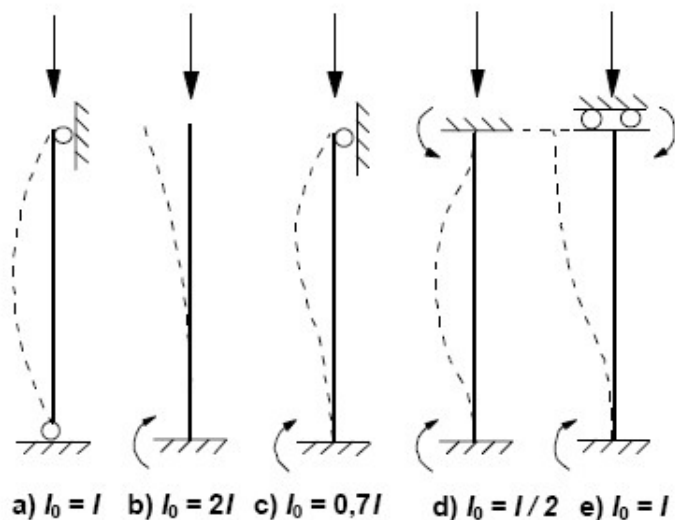


On définit le coefficient d'élan- cement (ou élan- cement) comme suit :  $\lambda = \frac{l_0}{i}$

$l_0$  étant la longueur efficace (ou libre au flambement) et  $i$  le rayon de giration

$$i = \frac{a}{\sqrt{12}}$$

$a$  étant la dimension de la plus petite largeur du poteau, ou l'épaisseur du voile.



### Exemples de modes de flambement et longueurs efficaces – éléments isolés

Les effets du second ordre peuvent être négligés si l'élancement est inférieur à la valeur limite :

$$\lambda_{lim} = 0,54 \times \sqrt{\frac{A_c \times f_{cd}}{N_{ed}}}$$

$A_c$  étant l'aire de la section transversale de l'élément et  $N_{ed}$  la charge verticale appliquée.

Différentes méthodes de calculs sont exposées dans l'Eurocode pour dimensionner le poteau en flexion composée (moment + effort normal).

## ■ Matériaux

### • Le béton

Le béton est désigné par sa résistance caractéristique à la compression  $f_{ck}$ , selon deux valeurs correspondant à l'essai sur cylindre 150 x 300 mm ou sur cube de 150 mm d'arête.

Exemple :

Valeur caractéristique de la résistance en compression,  
garantie à 95 % (fractile 5 %) en MPa

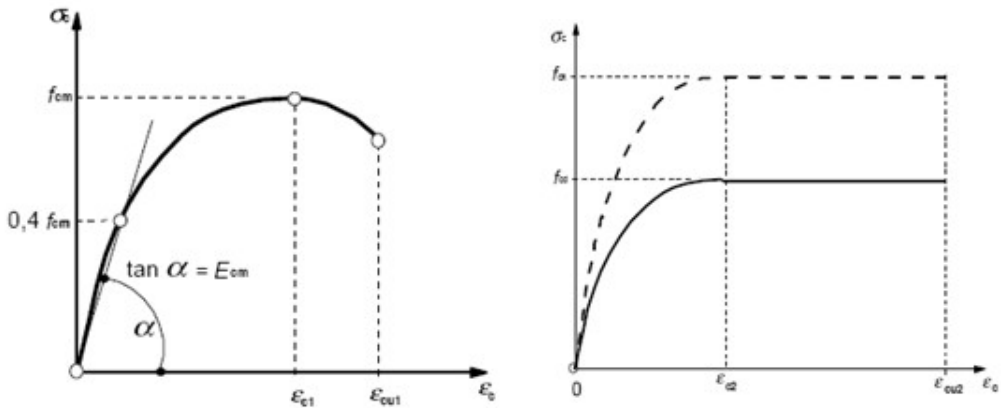
↓  
 $f_{ck}$  (ou  $f_{ck,0,05}$ ) : C30/37

↑  
Valeur d'essai sur cylindre  
de 150 x 300 mm

↑  
Valeur d'essai sur cube de  
150 mm d'arête

Eurocode 2 – Propriétés du béton									
$f_{ck}$ (MPa) <sup>(1)</sup>	20	25	30	40	50	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$ (MPa)	25	30	37	50	60	75	85	95	105
Résistance moyenne $f_{cm}$ (MPa)	28	33	38	48	58	68	78	88	98
Résistance caractéristique en traction $f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,5	1,8	2,0	2,5	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5
Résistance moyenne en traction $f_{ctm}$ (MPa)	2,2	2,6	2,9	3,5	4,1	4,4	4,6	4,8	5,0
Module de déformation $E_{cm}$ en GPa	30	31	33	35	37	39	41	42	44

1. La valeur sur cylindre sert de référence dans la caractérisation des résistances.
2. On rappelle que la résistance de calcul  $f_{cd}$  est égale à  $f_{ck} / \gamma_c$



### Courbes caractéristiques du béton Contraintes-déformations

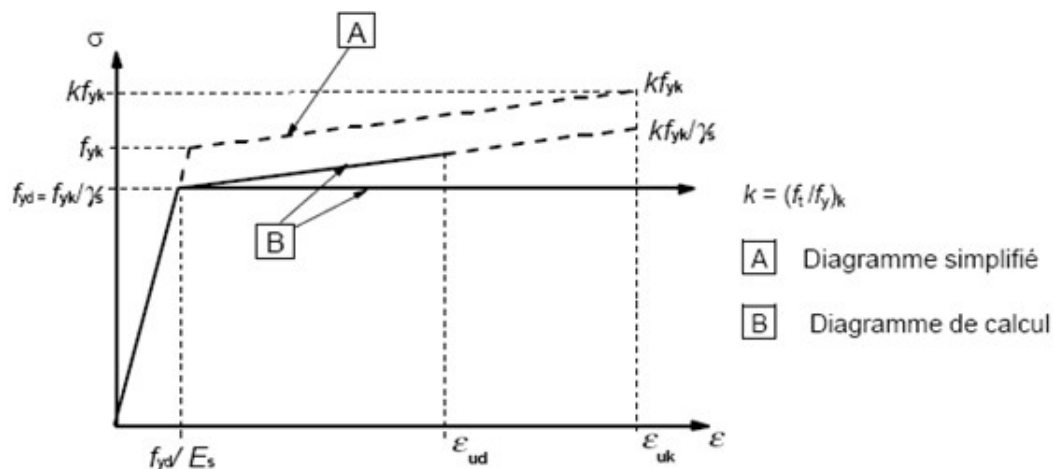
#### • L'acier

L'acier est caractérisé par sa limite élastique  $f_{yk}$  qui va de 400 à 600 MPa.>

Sa ductilité est définie selon trois classes :

- classe A : déformation maximale ultime  $\epsilon_{uk} > 25 \text{ ‰}$  ;
- classe B : déformation maximale ultime  $\epsilon_{uk} \geq 50 \text{ ‰}$  ;
- classe C : déformation maximale ultime  $\epsilon_{uk} \geq 75 \text{ ‰}$ .





### Diagramme simplifié Contraintes-déformations de l'acier pour le calcul

Deux types d'armatures sont disponibles sur le marché :

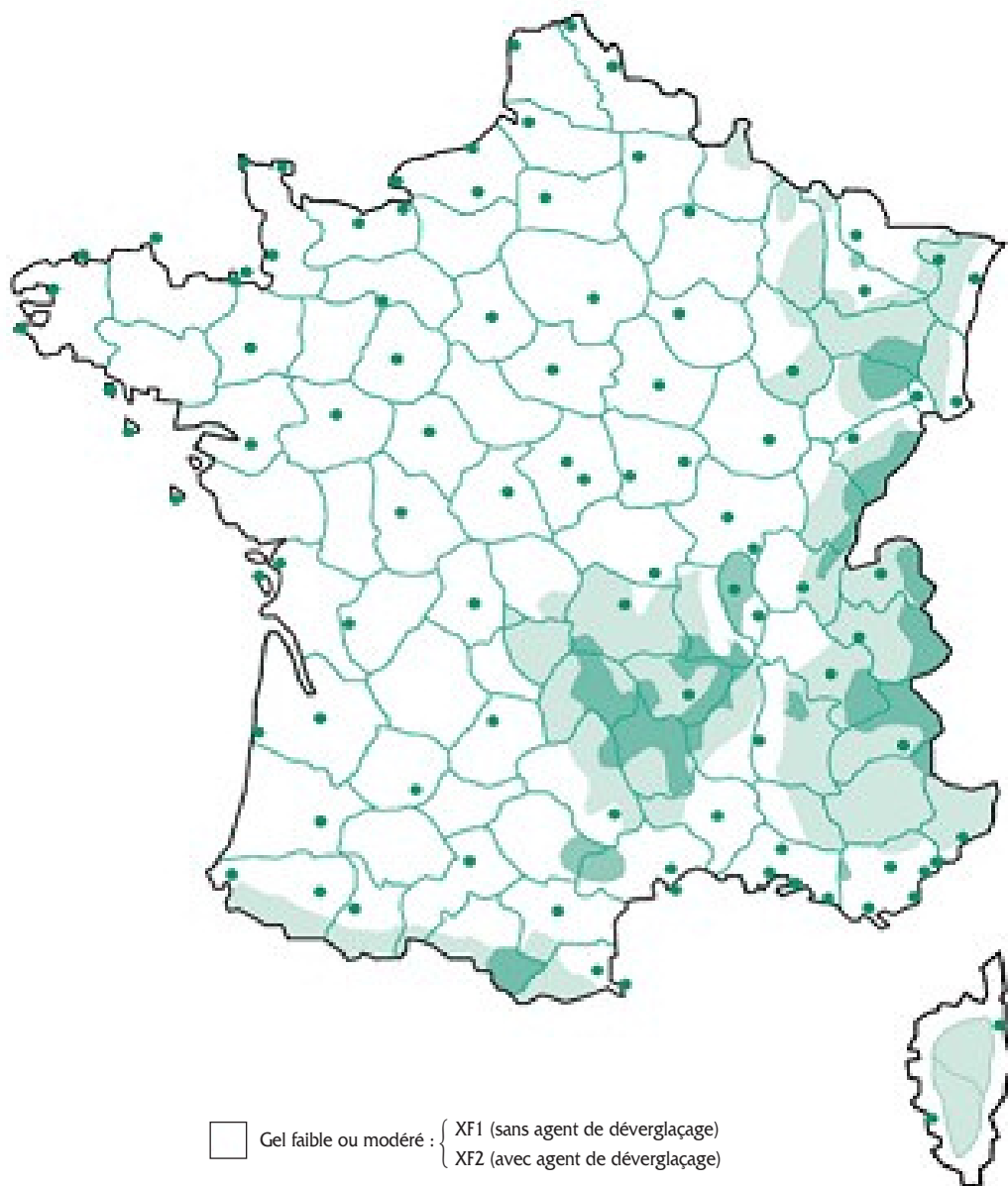
- les ronds lisses (RL ou aciers doux) ;
- les armatures à haute adhérence (armatures HA) les plus couramment utilisées, de résistance  $f_{yk}$  500 MPa.

Aciers pour bétons armés – Sections et masses												
Nombre de barres	$\emptyset$	5	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
1	Section	0,20	0,28	0,50	0,79	1,13	1,54	2,01	3,14	4,91	8,04	12,57
	Masse	0,15	0,22	0,40	0,62	0,89	1,21	1,58	2,47	3,85	6,31	9,86
	$\emptyset$ ext. HA	6,00	7,00	10,00	12,00	15,00	17,00	19,00	24,00	30,00	38,00	47,50
2	Section	0,39	0,57	1,01	1,57	2,26	3,08	4,02	6,28	9,82	16,08	25,13
	Masse	0,31	0,44	0,79	1,23	1,77	2,42	3,16	4,94	7,70	12,62	19,72
3	Section	0,59	0,85	1,51	2,36	3,39	4,62	6,03	9,42	14,73	24,13	37,70
	Masse	0,46	0,67	1,19	1,85	2,66	3,63	4,74	7,41	11,55	18,93	29,58
4	Section	0,79	1,13	2,01	3,14	4,52	6,16	8,04	12,57	19,64	32,17	50,27
	Masse	0,62	0,89	1,58	2,47	3,55	4,84	6,32	9,88	15,40	25,24	39,44
5	Section	0,98	1,41	2,51	3,93	5,65	7,70	10,05	15,71	24,54	40,21	62,83
	Masse	0,77	1,11	1,98	3,09	4,44	6,05	7,90	12,35	19,25	31,55	49,30
6	Section	1,18	1,70	3,02	4,71	6,79	9,24	12,06	18,85	29,45	48,25	75,40
	Masse	0,92	1,33	2,37	3,70	5,32	7,26	9,48	14,82	23,10	37,86	59,16
7	Section	1,37	1,98	3,52	5,50	7,92	10,78	14,07	21,99	34,36	56,30	87,96
	Masse	1,08	1,55	2,77	4,32	6,21	8,47	11,06	17,29	26,95	44,17	69,02
8	Section	1,57	2,26	4,02	6,28	9,05	12,32	16,08	25,13	39,27	64,34	100,53
	Masse	1,23	1,78	3,16	4,94	7,10	9,68	12,64	19,76	30,80	50,48	78,88
9	Section	1,77	2,54	4,52	7,07	10,18	13,85	18,10	28,27	44,18	72,38	113,10
	Masse	1,39	2,00	3,56	5,55	7,98	10,89	14,22	22,23	34,65	56,79	88,74

■ **Durabilité et enrobage des armatures**

La définition des classes d'exposition est donnée dans NF EN 206-1. Pour les produits préfabriqués de structure, cette définition est utilisée tant par NF EN 13369 que NF EN 1992-1-1 Eurocode 2

<b>Classes d'exposition des bétons selon la norme NF EN 206-1</b>		
<b>Classe d'exposition</b>	<b>Description de l'environnement</b>	<b>Béton concerné</b>
<b>XO</b>	Aucun risque de corrosion ou d'attaque	Béton non armé ou béton armé en environnement très sec
<b>XC</b>	Corrosion induite par carbonatation	Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées exposé à l'air et à l'humidité
	<b>XC1</b> Sec ou humide en permanence	
	<b>XC2</b> Humide, rarement sec	
	<b>XC3</b> Humidité modérée	
<b>XC4</b> Alternance d'humidité et de séchage		
<b>XD</b>	Corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine	Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées soumis au contact d'une eau ayant une origine autre que marine contenant des chlorures, y compris des sels de déverglaçage
	<b>XD1</b> Humidité modérée	
	<b>XD2</b> Humide, rarement sec	
<b>XD3</b> Alternance d'humidité et de séchage		
<b>XS</b>	Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer	Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées soumis au contact des chlorures présents dans l'eau de mer ou à l'action de l'air véhiculant du sel marin
	<b>XS1</b> Exposé à l'air véhiculant du sel marin, mais pas en contact direct avec l'eau de mer	
	<b>XS2</b> Immergé en permanence	
<b>XS3</b> Zone de marnage, zone soumise à des projections ou à des embruns		
<b>XF</b>	Attaque gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage	Béton soumis à une attaque significative due à des cycles gel/dégel alors qu'il est mouillé
	<b>XF1</b> Saturation modérée en eau sans agent de déverglaçage	
	<b>XF2</b> Saturation modérée en eau avec agent de déverglaçage	
	<b>XF3</b> Forte saturation en eau sans agent de déverglaçage	
<b>XF4</b> Forte saturation en eau avec agent de déverglaçage		
<b>XA</b>	Attaques chimiques	Béton exposé aux attaques chimiques se produisant dans les sols naturels, les eaux de surface et/ou les eaux souterraines
	<b>XA1</b> Environnement à faible agressivité chimique	
	<b>XA2</b> Environnement d'agressivité chimique modérée	
<b>XA3</b> Environnement à forte agressivité chimique		



- |  |                        |   |                                  |
|--|------------------------|---|----------------------------------|
|  | Gel faible ou modéré : | { | XF1 (sans agent de déverglaçage) |
|  |                        | } | XF2 (avec agent de déverglaçage) |
- |  |              |   |                                  |
|--|--------------|---|----------------------------------|
|  | Gel sévère : | { | XF3 (sans agent de déverglaçage) |
|  |              | } | XF4 (avec agent de déverglaçage) |
- |  |                        |                    |
|--|------------------------|--------------------|
|  | Gel modéré ou sévère : | suivant l'altitude |
|--|------------------------|--------------------|
- |  |                        |
|--|------------------------|
|  | Station météorologique |
|--|------------------------|

**Carte de gel (FD P 18-326 de novembre 2004)**

Eurocode 2 – Enrobage minimal selon la durabilité $c_{min,dur}$ (béton armé)							
Classe structurale <sup>(1)</sup>	Classes d'exposition						
	X0	XC1 <sup>(2)</sup>	XC2/XC3 <sup>(2)</sup>	XC4 <sup>(2)</sup>	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

La classe structurale S4 est recommandée par une durée d'utilisation du projet de 50 ans. Elle est minorée d'une classe structurale pour une durée d'utilisation du projet de 25 ans et elle est majorée de deux classes structurales pour une durée d'utilisation du projet de 100 ans.

1. Minoration d'une classe structurale pour un enrobage compact (faces coffrées, éléments préfabriqués)
2. Minoration d'une classe structurale pour un béton de classe  $\geq C35/45$  à base de CEM I sans cendres volantes. Autres minorations selon la classe de résistance du béton :

Minoration	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1/XA1	XD2/XS2/XA2	XD3/XS3/XA3
Une classe structurale	$\geq C30/37$			$\geq C35/45$	$\geq C40/50$		$\geq C45/55$
Deux classes structurales	$\geq C50/60$		$\geq C55/67$		$\geq C60/75$		$\geq C70/85$

Nota: valeur nominale de l'enrobage  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c$  tolérance d'exécution comprise entre 0 et 10 mm.

Eurocode 2 – Enrobage minimal selon la durabilité $c_{min,dur}$ (béton précontraint)							
Classe structurale <sup>(1)</sup>	Classes d'exposition						
	X0	XC1 <sup>(2)</sup>	XC2/XC3 <sup>(2)</sup>	XC4 <sup>(2)</sup>	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	/	10	15	25	30	35	40
S2		15	25	30	35	40	45
S3		20	30	35	40	45	50
S4		25	35	40	45	50	55
S5		30	40	45	50	55	60
S6		35	45	50	55	60	65

La classe structurale S4 est recommandée par une durée d'utilisation du projet de 50 ans. Elle est minorée d'une classe structurale pour une durée d'utilisation du projet de 25 ans et elle est majorée de deux classes structurales pour une durée d'utilisation du projet de 100 ans.

1. Minoration d'une classe structurale pour un enrobage compact (faces coffrées, éléments préfabriqués)
2. Minoration d'une classe structurale pour un béton de classe  $\geq C35/45$  à base de CEM I sans cendres volantes. Autres minorations selon la classe de résistance du béton :

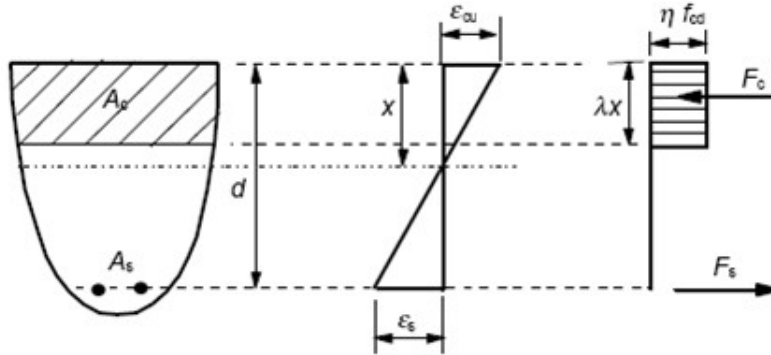
Minoration	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1/XA1	XD2/XS2/XA2	XD3/XS3/XA3
Une classe structurale	$\geq C30/37$			$\geq C35/45$	$\geq C40/50$		$\geq C45/55$
Deux classes structurales	$\geq C50/60$		$\geq C55/67$		$\geq C60/75$		$\geq C70/85$

Nota: valeur nominale de l'enrobage  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c$  tolérance d'exécution comprise entre 0 et 10 mm.

## ■ États-limites ultimes (ELU)

### • ELU de flexion

Il est déterminé à partir du diagramme simplifié rectangulaire pour les contraintes de compression s'exerçant sur le béton (les contraintes de traction sont négligées).



$\eta = 1$  pour  $f_{ck} \leq 50$  MPa ;  $\epsilon_{cu} \leq 3,5$  ‰ ; La valeur limite de  $\epsilon_s$  peut être prise égale à 10 ‰ ou sans limite (branche B horizontale du diagramme Contraintes-déformations de l'acier).

### Modélisation d'une section de béton armé pour le calcul en flexion

#### • ELU d'effort tranchant

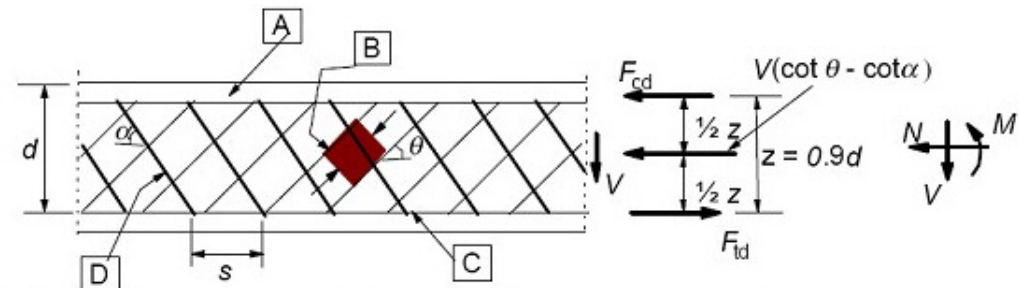
L'ELU d'effort tranchant est déterminé en considérant trois états :

- $V_{Rd,c}$  : effort tranchant résistant de calcul de la section de béton seule ;
- $V_{Rd,s}$  : effort tranchant de calcul pouvant être repris par les armatures d'effort tranchant travaillant à la limite d'élasticité ;
- $V_{Rd,max}$  : valeur de calcul de l'effort tranchant maximal pouvant être repris par l'élément avant écrasement des bielles de compression.

On vérifiera que la sollicitation  $V_{ed}$  demeure inférieure à l'un de ses trois états.

Un pourcentage minimal d'armatures transversales  $\rho_{w,min}$  doit toutefois être disposé dans la section afin d'éviter un risque de rupture fragile (voir dispositions constructives).

À noter que l'EC2 introduit un calcul d'effort tranchant avec une inclinaison de fissures  $\theta$  pouvant varier de 21,8 degrés à 45 degrés. Cette possibilité permet de minimiser dans certains cas la section d'armatures, en comparaison avec le BAEL (fissuration systématique de 45 degrés).



- [A] - membrure comprimée [B] - bielles [C] - membrure tendue [D] - armatures d'effort tranchant inclinées d'un angle  $\alpha$  (couramment égal à 90 degrés)

■ **États-limites de service (ELS)**

• **Limitation des contraintes de compression s'exerçant sur le béton**

La contrainte de calcul du béton à l'ELS est limitée à  $0,6 f_{ck}$  afin d'éviter un endommagement à long terme.

• **Limitation de la contrainte dans les aciers**

La contrainte de calcul est limitée à  $0,8 f_{yd}$  (1 en cas de déformation imposée) afin d'éviter des déformations non élastiques inacceptables.

• **Maîtrise de la fissuration**

Les ouvertures de fissures sont limitées afin de ne pas porter préjudice au bon fonctionnement de la structure, notamment par risque de corrosion des armatures.

<b>Eurocode 2 – Valeurs limites des ouvertures de fissures <math>w_{max}</math> à l'ELS</b>		
<b>Classes d'exposition</b>	<b>Éléments en béton précontraint à armatures adhérentes</b>	<b>Autres éléments</b>
	<b>Combinaison fréquente de charges</b>	<b>Combinaison quasi-permanente de charges</b>
X0, X1	0,2	0,4
Xc2, XC3, XC4	0,2 (1)	0,3
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	Décompression sans fissuration	

1. + vérification sous combinaison quasi-permanente de charges : décompression sans fissuration

• **Limites de déformation**

Il convient de limiter les flèches à  $1/250^e$  de la portée pour les charges quasi-permanentes, pour les éléments de type poutre, et à  $1/500^e$  lorsqu'un risque de désordre au niveau du second-œuvre peut s'envisager (endommagement des cloisons ou des revêtements).

Dans les cas courants, il n'est pas nécessaire de vérifier la déformation d'un élément.

L'emploi des valeurs recommandées  $l/d$  (portée/hauteur utile de la section) permet de s'affranchir du calcul de la flèche.

**Eurocode 2 – valeurs recommandées l/d portée/hauteur utile de la section  
(dispense du calcul de flèche)**

<i>l/d</i>		
Système structural	Béton fortement sollicité, $\rho \geq 1,5 \%$	Béton fortement sollicité, $\rho \leq 0,5 \%$
Poutre sur appui simple	14	20
Dalle sur appui simple portant dans une direction	25	30
Travée de rive d'une poutre continue	18	26
Travée de rive d'une dalle continue portant dans une direction ou continue le long d'un grand côté et portant dans deux directions	30	35
Travée intermédiaire d'une poutre	20	30
Travée intermédiaire d'une dalle portant dans une ou deux directions	35	40
Dalle sans nervure sur poteaux (plancher-dalle) – pour la portée la plus longue	17	24
Poutre en console	6	8
Dalle en console	10	12

■ **Dispositions constructives relatives aux armatures de béton armé**

• **Mandrin de cintrage**

Le diamètre minimal du mandrin de cintrage est de :

- $4 \phi$  pour des armatures  $\phi \leq 16 \text{ mm}$  ;
- $7 \phi$  pour des armatures  $\phi > 16 \text{ mm}$ .

Un diamètre plus important peut être nécessaire pour éviter la rupture du noyau de béton confiné dans la boucle.

• **Longueur d'ancrage**

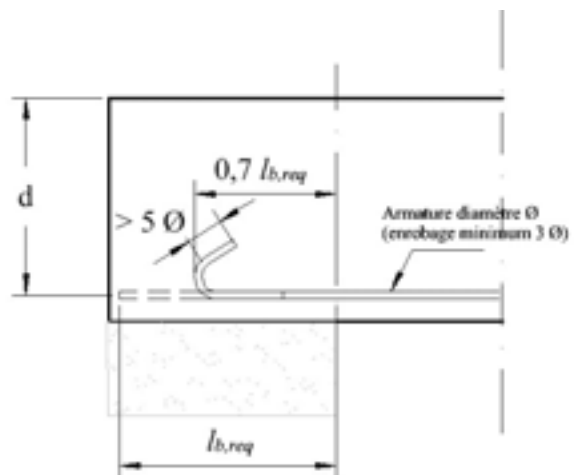
La longueur d'ancrage  $l_{breq}$  pour une armature droite est égale à :

$$l_{breq} = \frac{\phi}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{ctd}}$$

avec  $\sigma_{sd}$  contrainte de calcul de l'acier et  $f_{ctd}$  contrainte d'adhérence acier/béton.

$$f_{ctd} \cong 1,6 \times f_{ctd}$$

**Pour une boucle telle que celle de la figure ci-contre, la valeur de  $l_{breq}$  est à multiplier par 0,7.**



Valeur minimale de la longueur d'ancrage :  $10 \phi$  et 100 mm.



■ **Dispositions constructives relatives aux éléments et règles particulières**

• **Armatures longitudinales**

Élément	Section minimale $A_{s,min}$	Section maximale $A_{s,max}$
<b>Poutre et dalle</b>	$0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b_t \times d \geq 0,0013 \times b_t \times d$	0,04 x $A_c$
<b>Poteau</b>	$\frac{0,10 \times N_{Ed}}{f_{yd}} \geq 0,002 \times A_c$	
<b>Voile, mur</b>	$A_{sv,min} \geq 0,002 \times A_c$	
	$A_{sh,min} \geq \frac{A_{sv,min}}{4} \geq 0,001 \times A$	-

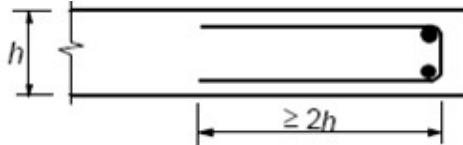
Avec

- $b_t$  : largeur de la poutre dans la zone tendue,
- $d$  : hauteur utile de la section,
- $A_c$  : aire de la section transversale de béton,
- $N_{Ed}$  : effort normal de calcul,
- $A_{sv,min}$  : armatures verticales minimales,
- $A_{sh,min}$  : armatures horizontales minimales.

• **Armatures transversales**

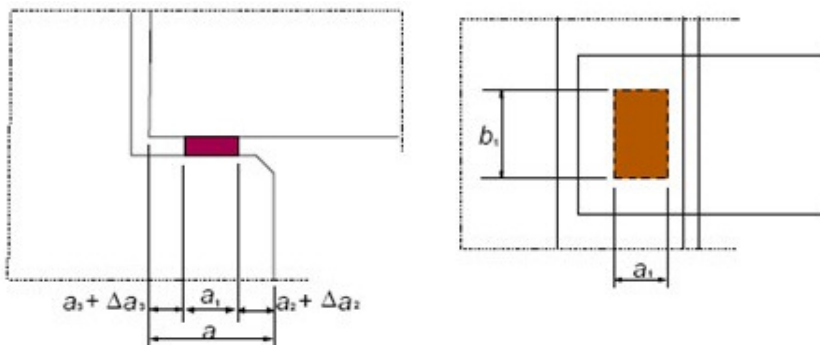
Élément	Diamètres, Taux	Espacement
<b>Poutre et dalle</b> <sup>(2)</sup>	$\rho_{sw,min} = 0,08 \times \frac{\sqrt{f_{ck}}^{(1)}}{f_{yk}}$	$s_{max} = 0,75 \times d \times (1 + \cot \alpha)$
<b>Poteau</b>	$\phi_{cl,t} \geq \max \left[ 6 \text{ mm} ; \frac{\phi_{cl}}{4} \right]$	$s_{cl,t} \leq \min \left[ 20 \times \phi_{cl,max} ; a_{min} ; 400 \text{ mm} \right]$
<b>Voile, mur</b>	A prévoir uniquement si $A_{sv} \geq 0,02 A_c$ selon dispositions des poteaux	-

1. Ce pourcentage minimal peut être omis pour :
  - les dalles lorsqu'une redistribution des charges est possible ;
  - les éléments secondaires tels que linteaux ;
  - les produits préfabriqués contrôlés par une tierce partie, lorsqu'ils ne risquent pas d'entraîner une rupture en chaîne (pannes de couverture par exemple).
2. Une armature doit être disposée sur un bord libre d'une dalle :



## • Règles additionnelles pour les éléments et les structures préfabriqués en béton

Cette partie donne différentes informations pour notamment prendre en compte les paramètres liés à la fabrication des éléments (pertes de précontrainte). Elle définit également les dimensions des appareils d'appuis selon la contrainte appliquée.



**Eurocode 2 – Valeur minimale de  $a_1$  en mm**

Contrainte relative dans l'appareil d'appui $\sigma_{Ed} / f_{cd}$	$\leq 0,15$	0,15 – 0,4	$> 0,4$
<b>Appuis linéaires (planchers, toitures)</b>	25	30	40
<b>Planchers à poutrelles et entrevous – pannes</b>	55	70	80
<b>Appuis concentrés (poutres)</b>	90	110	140

## • Structures en béton de granulats légers

L'Eurocode fournit des exigences supplémentaires pour le dimensionnement d'ouvrages réalisés en granulats légers, et dont la masse volumique se situe dans l'une des classes suivantes (EN 206-1).

**Eurocode 2 – Classes de masse volumique des bétons légers**

Classe de masse volumique		1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2
Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	<b>Béton non armé</b>	1050	1250	1450	1650	1850	2050
	<b>Béton armé</b>	1150	1350	1550	1750	1950	2150

• Structures en béton non armé ou faiblement armé

L'Eurocode 2 fournit des règles complémentaires pour le dimensionnement d'éléments non armés ou faiblement armés, notamment une méthode de calcul simplifiée au flambement pour les voiles et poteaux présentée ci-dessous.

$$N_{Rd} = b \times h_w \times f_{cd} \times \phi$$

$b$ : largeur de l'élément,

$h_w$  : épaisseur totale,

$f_{cd}$ : résistance de calcul =  $0,8 \times \frac{f_{cd}}{\gamma_c}$

$\phi$ : coefficient de flambement =  $1,14 \times \left(1 - \frac{2 \times e_{tot}}{h_w} - 0,02 \times \frac{l_0}{h_w}\right) \leq \left(1 - \frac{2 \times e_{tot}}{h_w}\right)$

$e_{tot} = e_0 + e_i$  (voir Bases de calcul),

$l_0$ : longueur efficace de l'élément =  $\beta.l_w$

$\beta$  est un coefficient qui dépend des encastremets des rives (bords verticaux) du panneau.

Pour deux bords libres,  $\beta = 1$  (voir tableau pour les autres cas).

Cette méthode peut être utilisée pour déterminer en première approche la charge résistante d'un poteau ou d'un mur armé ou non.

Eurocode 2 – Coefficient $\beta$ pour diverses conditions de liaisons en rives								
$b/l_w$	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	5
$\beta$ 1 rive maintenue	0,26	0,59	0,76	0,85	0,90	0,95	0,97	1
$\beta$ 2 rives maintenues	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,69	0,80	0,96

Nota: pour deux bords libres,  $\beta = 1$

# 2 - Résistance mécanique et stabilité des structures

**2.1 Principes généraux**

**2.2 Principes de conception  
et de dimensionnement**

**2.3 Organisation structurale : contreventement**

## 2.1 - Principes généraux

---

Pendant sa durée de vie escomptée (de l'ordre de 50 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.

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, charges d'entretien ;
- en situations accidentelles : feu, chocs, explosions, séisme.

**Les actions sont définies par l'Eurocode 1.**

## 2.2 - Principes de conception et de dimensionnement

---

Ils ont pour objet d'assurer :

- la sécurité structurale (résistance et stabilité) aux états limites ultimes – ELU ;
- l'aptitude au service de la construction aux états limites de service – ELS.

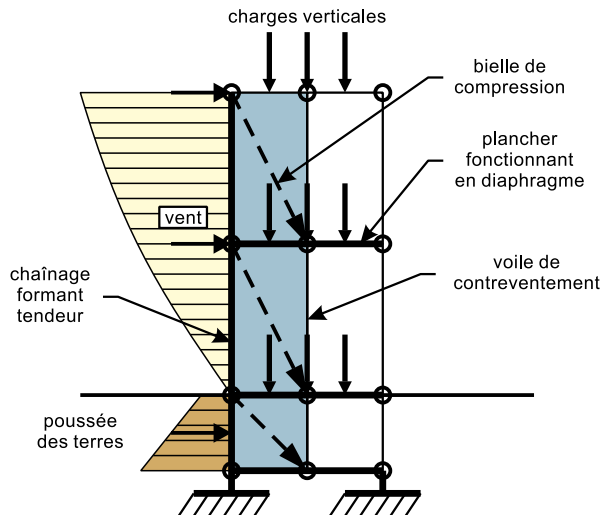
Ces types d'états sont à considérer pour la structure prise dans son ensemble et pour ses différents éléments constitutifs compte tenu des assemblages utilisés.

**Les différents états limites sont définis par l'Eurocode 0.**

**Le dimensionnement aux différents états limites est défini dans l'Eurocode 2.**

## 2.3 - Organisation structurale: contreventement

L'organisation structurale a pour objet de conférer à la construction sa stabilité vis-à-vis des actions appliquées. Cette stabilité est obtenue en contreventant la construction (voir figure).



### Principe de contreventement

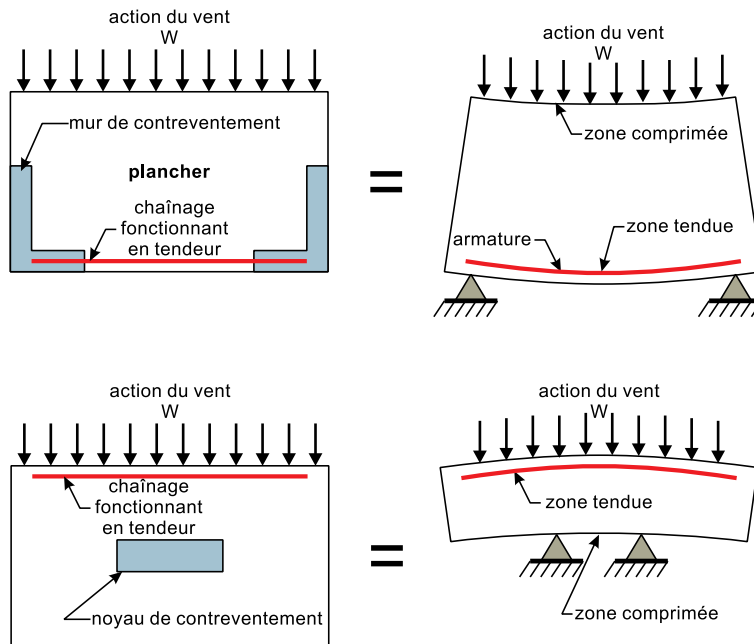
L'objet du contreventement est de descendre jusqu'au plan de fondation l'ensemble des actions appliquées.

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'escaliers ou d'ascenseurs ;
- portiques superposés dans les constructions à poteaux 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 planchers et éléments de contreventement verticaux.



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 figures 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.



# 3 - Tenue au séisme

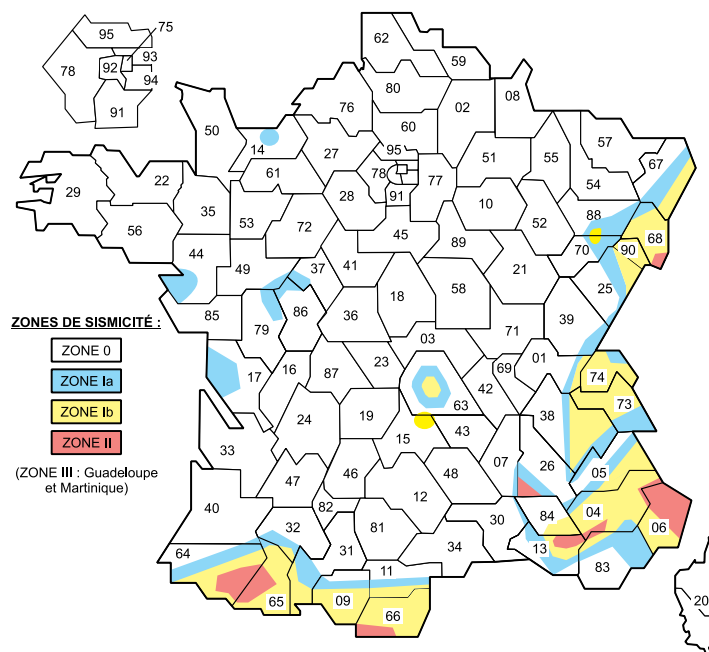
**3.1 Les règles PS92 et PS-MI**

**3.2 Dimensionnement selon l'Eurocode 8**

### 3.1 - Les règles parasismiques

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). Elles sont rendues d'application obligatoire par l'arrêté du 29 mai 1997.

Cette réglementation est associée à la carte de zonage sismique suivante datant de 1985.



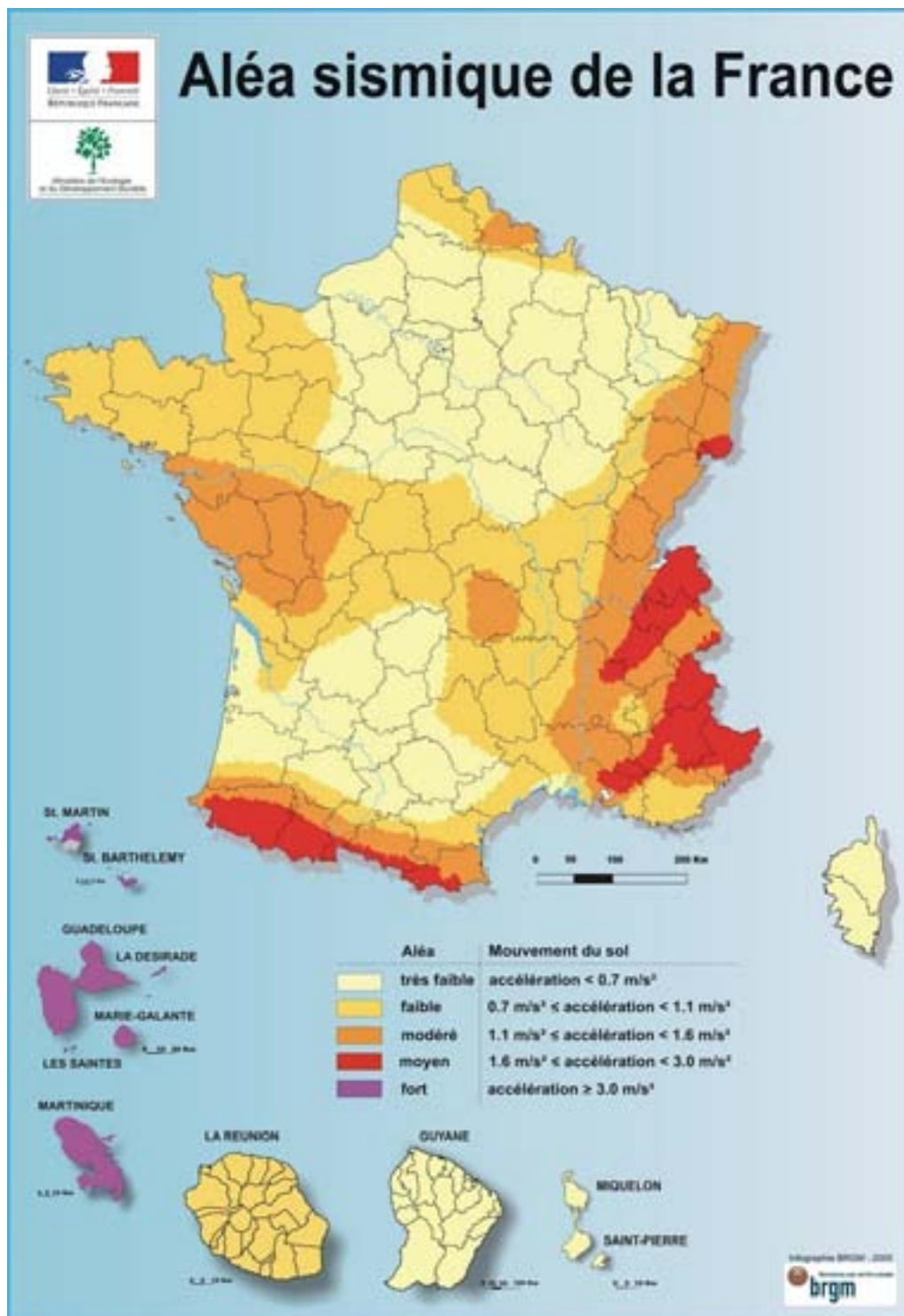
**Carte d'aléa sismique applicable jusqu'à fin 2009**

Une nouvelle réglementation va entrer en application dans le courant de l'année 2009. Elle introduira une nouvelle carte d'aléa (voir page 211) ainsi que les Eurocodes comme nouvelle norme de référence. À titre transitoire, les PS92 et PS-MI continueront à s'appliquer pendant une période qui reste à définir.

#### ■ **Le nouveau zonage sismique national**

Au plus tard en janvier 2010 sera mis en place un nouveau zonage sismique associé à l'Eurocode 8 (voir carte). L'évolution des connaissances scientifiques et l'évolution de la réglementation parasismique à l'échelle européenne ont nécessité une réévaluation du zonage en se basant sur une approche de type probabiliste (prise

en compte des périodes de retour). Contrairement au précédent zonage qui était basé sur des limites cantonales, ces limites seront désormais communales. Ce nouveau zonage se montre plus sévère que l'ancien, avec une zone de faible sismicité relativement étendue. Il conduit de ce fait à un renforcement de l'application des règles parasismiques sur le territoire français.



■ **Classement des bâtiments à risque normal**

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

- Catégorie d'importance I

Bâtiments dans lesquels l'activité humaine ne nécessite pas un séjour de longue durée.

- Catégorie d'importance II

Bâtiments d'habitation, bureaux, lotissements industriels pouvant accueillir au plus trois cents personnes et faisant moins de 28 m de hauteur.

- Catégorie d'importance III

Les mêmes que ceux de la classe B mais pouvant accueillir plus de trois cents personnes et faisant plus de 28 m de hauteur.

- Catégorie d'importance IV

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 – les écoles font partie de la catégorie III.

■ **Textes applicables en fonction des zones et des atégories d'importance du bâtiment**

	Catégorie d'importance du bâtiment			
Zone de sismicité	I	II	III	IV
<b>1 (très faible)</b>	Aucune exigence	Aucune exigence	Aucune exigence	Aucune exigence
	Aucune exigence	Dispositions constructives pour les éléments non structuraux uniquement	Eurocode 8	Eurocode 8
	Aucune exigence	Eurocode 8 ou PS-MI (pour les maisons individuelles uniquement)	Eurocode 8	Eurocode 8
	Aucune exigence	Eurocode 8 ou PS-MI (pour les maisons individuelles uniquement)	Eurocode 8	Eurocode 8
	Aucune exigence	Eurocode 8 ou PS-MI Antilles (pour les maisons individuelles uniquement)	Eurocode 8	Eurocode 8

## 3.2 - Dimensionnement selon l'Eurocode 8

### ■ Définition de l'action sismique

L'action sismique applicable à un bâtiment se caractérise par :

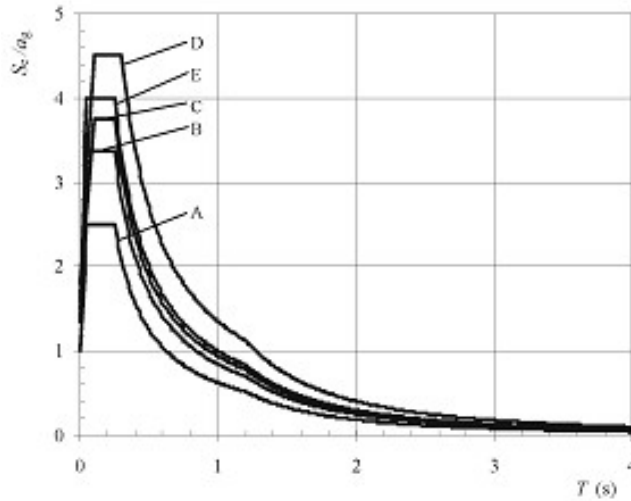
– l'accélération de calcul  $a_g$  au niveau du sol de classe A :  $a_g = \gamma_I \times a_{gr}$ ,  $a_{gr}$  est définie par la carte d'aléa sismique et  $\gamma_I$  est fonction de l'importance du bâtiment ;

Catégorie d'importance	Types de bâtiment	Coefficient d'importance $\gamma_I$
<b>I</b>	Bâtiments d'importance mineure pour la sécurité des personnes, par exemple, bâtiments agricoles, etc.	0,8
<b>II</b>	Bâtiments courants n'appartenant pas aux autres catégories.	1,0
<b>III</b>	Bâtiments dont la résistance aux séismes est importante compte tenu des conséquences d'un effondrement, par exemple : écoles, salles de réunion, institutions culturelles, etc.	1,2
<b>IV</b>	Bâtiments dont l'intégrité en cas de séisme est d'importance vitale pour la protection civile, par exemple : hôpitaux, casernes de pompiers, centrales électriques, etc.	1,4

– la définition d'un « spectre de réponse élastique » Se dépendant du type de sol et de la période de vibration T du bâtiment.

Eurocode 8 – Définition des sols (France métropolitaine)			
Classe de sol	Description	NSPT* (coups/30 cm)	Coefficient de sols
<b>A</b>	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant.	–	1
<b>B</b>	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile surconsolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur.	> 50	1,35
<b>C</b>	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres.	15 à 50	1,5
<b>D</b>	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 15	1,6
<b>E</b>	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions de classe C ou D, d'épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide équivalent à celui de la classe A.	–	1,8

1. Essai de pénétration au carottier selon NF EN ISO 22476-3.



**Eurocode 8 – Spectre de réponse élastique (France métropolitaine)**

■ **Période propre de la structure**

Pour les bâtiments réguliers en élévation jusqu'à 40 m de hauteur, il est possible de déterminer une valeur approchée de la période propre du bâtiment en utilisant la formule suivante :

$$T = C_t \times H^{3/4}$$

où  $C_t$  peut être pris égal à 0,075 pour les structures à portiques en béton et à 0,05 pour les autres cas.

La période propre de la structure associée à sa ductilité (déformation plastique du bâtiment permettant de dissiper l'énergie de déformation) va permettre de définir le spectre de calcul de la structure.

■ **Ductilité de la structure**

La déformation non élastique d'un bâtiment sous une charge donnée permet de dissiper à moindre coût l'énergie de déformation transférée à la structure. Ce comportement ductile permet de minimiser les sollicitations s'exerçant au niveau de la fondation.

Cette capacité à se déformer plastiquement sans perte de résistance se traduit par l'attribution d'un coefficient de comportement  $q$  dont la valeur dépend du type de structure résistante.

## Eurocode 8 – Coefficient de comportement pour un bâtiment régulier en élévation

Type de structure	q
Système à ossature ou à contreventement mixte	3,3 à 3,9
Système de murs non couplés	3
Système à noyau	0,5 à 2
Système à pendule inversé	0,5 à 1,5

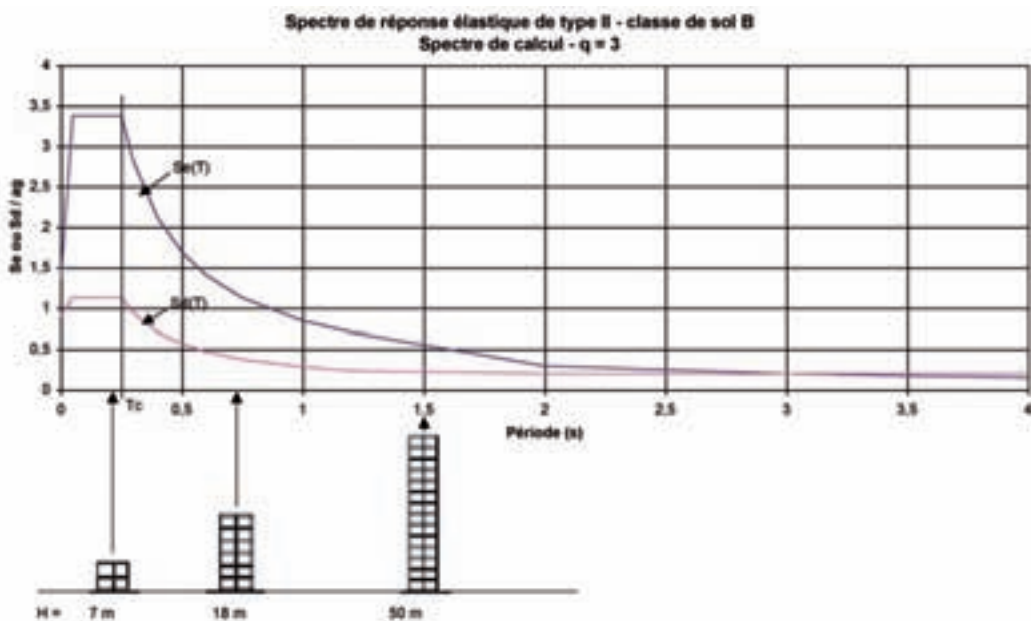
### ■ Types de structure et coefficient de comportement

Les bâtiments en béton peuvent être classés selon deux classes de ductilité : DCM (ductilité moyenne) et DCH (haute ductilité), en fonction de leur capacité de dissipation hystérétique.

Un bâtiment à ossatures en béton ou à contreventement mixte (équivalent à un système à ossature ou à un système de murs) peut être considéré comme appartenant à la classe DCM lorsqu'il respecte les dispositions constructives définies dans l'Eurocode.

### ■ Spectre de calcul $S_d(T)$

Il se déduit du spectre de réponse élastique et fait intervenir le coefficient de comportement  $q$  de l'ouvrage. Il réduit le niveau du spectre de réponse élastique  $S_e(T)$  vu précédemment.





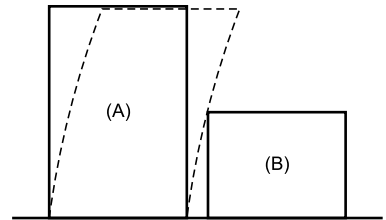
### ■ Dimensionnement des bâtiments

Les principes qui guident la conception des bâtiments sont :

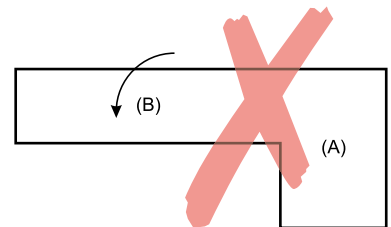
- la simplicité de la structure (régularité en plan et en élévation) ;
- l'uniformité, la symétrie et l'hyperstaticité ;
- la résistance et la rigidité : en plan dans les deux directions et en torsion ;
- l'action diaphragme des planchers ;
- des fondations appropriées.

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

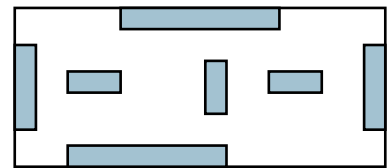
• Les partis architecturaux complexes peuvent conduire à un surcoût notable de l'ouvrage pour satisfaire aux règles parasismiques. La division de la construction en blocs indépendants peut apporter une réponse économiquement intéressante. Prévoir entre les blocs des joints suffisamment larges pour permettre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



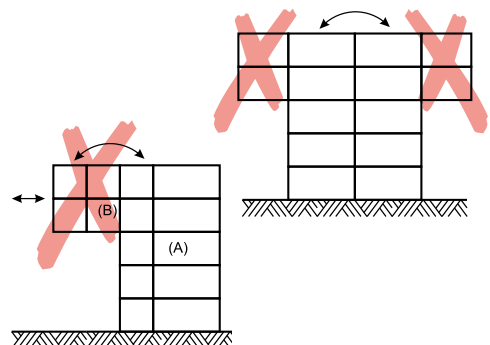
• Les formes en plan conduisant à une répartition fortement dissymétrique des masses sont à éviter.



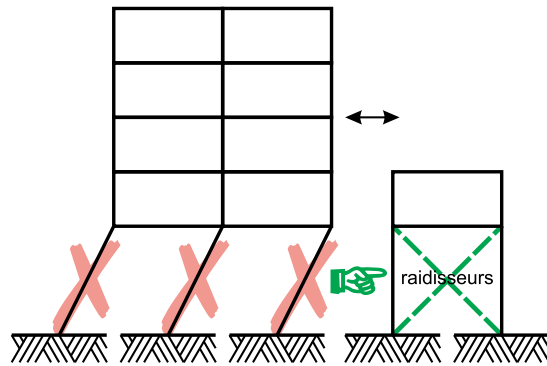
• En plan, une configuration sensiblement symétrique des éléments verticaux de contreventement suivant les deux directions orthogonales de la construction est à privilégier.



• 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.



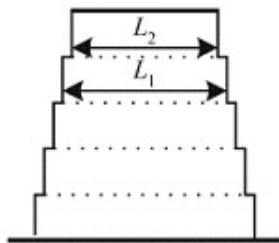
• Monolithisme de la construction

Les structures doivent être conçues de manière à constituer des ensembles aussi monolithes 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.

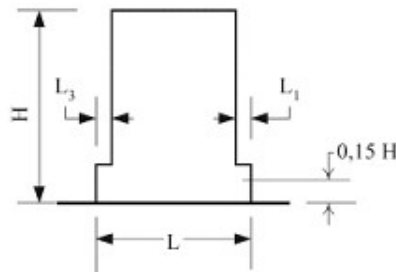
L'Eurocode 8 préconise les critères suivants pour la régularité en élévation.

a)



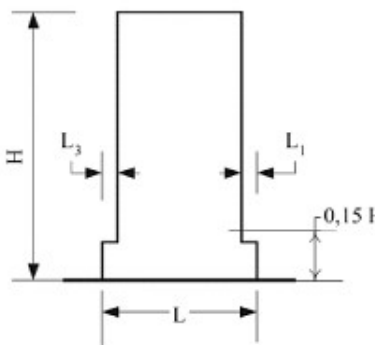
Critère pour a) :  $\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,20$

b) (le retrait a lieu au-dessus de 0,15 H)

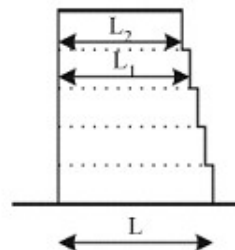


Critère pour b) :  $\frac{L_3 + L_1}{L} \leq 0,20$

c) (Le retrait a lieu en dessous de 0,15 H) d)



Critère pour c) :  $\frac{L_3 + L_1}{L} \leq 0,50$



Critères pour d) :  $\frac{L - L_2}{L} \leq 0,30$

$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,10$

### Critères de régularité en élévation des bâtiments avec retraits

■ **Méthodes d'analyse et de calcul**

Différentes méthodes sont utilisables selon les critères de régularité de la structure.

Plan	Élévation	Modèle de calcul	Méthode d'analyse
Oui	Oui	Plan	Force latérale
Oui	Non	Plan	Modale
Non	Oui	Spatial	Force latérale
Non	Non	Spatial	Modale

• **Combinaisons d'action**

La masse  $m$  du bâtiment à considérer pour le calcul est égale à :

$$\sum G_{k,j} \text{ " + " } \sum \psi_{E,i} \times Q_{k,j}$$

avec :  $\psi_{E,i} = \varphi \times \psi_{2,i}$  (voir Eurocodes 0 et 1 pour les valeurs de  $\psi_{2,i}$ ).

Eurocode 8 – Valeurs de $\varphi$ pour le calcul de $\psi_{E,i}$		
Catégories de bâtiments	Étage considéré	Valeur de $\varphi$
A à C	Toit	1
	Étages à occupations corrélées	0,8
	Étages à occupations indépendantes	0,5
D à F et archives		1

• **Matériaux**

L'acier doit être de classe B ou C (tableau C.1 de l'Eurocode 2). Le coefficient partiel est pris égal à 1.

Le béton doit être de classe C 16/20 au minimum et le coefficient partiel est pris égal à 1,3.

• **Méthode d'analyse par forces latérales**

Quelle que soit la méthode employée, la stabilité mécanique du bâtiment doit être vérifiée :

- résistance à la force horizontale engendrée par l'action sismique (vérification au cisaillement de la base de la structure) ;

- résistance à la torsion de la structure ;
- non-basculement se traduisant par une vérification de chaque élément de contreventement sous une flexion composée.

Cette vérification doit être faite selon deux axes orthogonaux, orientés généralement selon la longueur et la largeur du bâtiment.

### • Résistance au cisaillement

Pour les structures répondant aux critères de régularité et en élévation, on vérifiera que l'effort tranchant sismique sollicitant la base de la structure est inférieur à l'effort résistant :

$$F_b = S_d(T_1) \times m \times \lambda \leq V_{Rd}$$

avec :

$S_d(T_1)$  : ordonnée du spectre de calcul pour la période propre  $T_1$  du bâtiment, selon l'axe principal considéré (X ou Y – calcul à effectuer selon les deux axes principaux orthogonaux du bâtiment) ;

$m$  : masse du bâtiment définie ci-dessus ;

$\lambda$  : coefficient de correction égal à 0,85 si  $T_1 \leq 2 T_c$  (voir spectre de calcul) et si le bâtiment a plus de deux étages ; autrement  $\lambda = 1$  ;

$V_{Rd}$  : effort résistant de calcul déterminé conformément à l'Eurocode 2.

Les efforts sont répartis dans les différents éléments de contreventement (poteaux, murs) au prorata de leur section transversale.

### • Effet de la torsion

Dans le cas d'un bâtiment régulier en plan, les effets de torsion accidentels peuvent être pris en compte en multipliant l'effort sollicitant par le coefficient  $\delta$  :

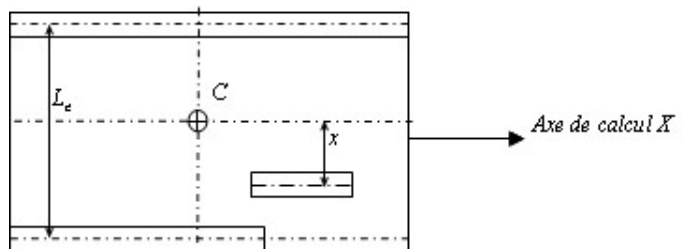
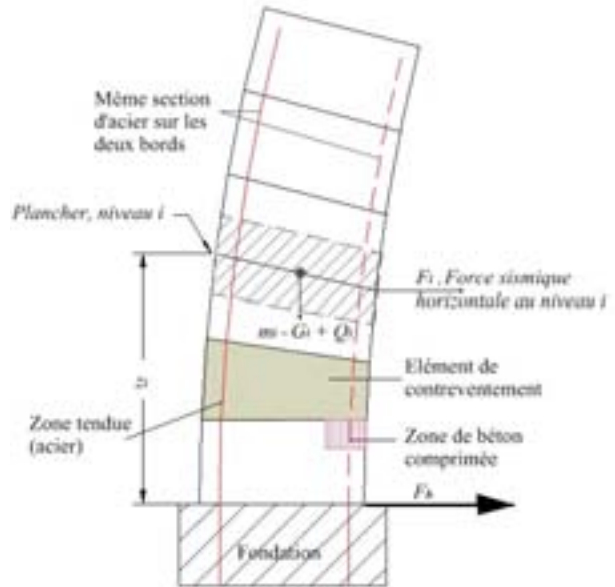
$$\delta = 1 + 0,6 \times \frac{x}{L_e}$$

avec :

$x$  : distance de l'axe de l'élément au centre de masse C ;

$L_e$  : distance entre les deux contreventements extrêmes.

Nota : lorsque l'analyse selon les deux directions de calcul est réalisée de manière indépendante, le coefficient 0,6 est remplacé par 1,2.



• **Résistance au renversement**

Chaque élément de contreventement est vérifié en fonction du moment de renversement et de l'effort vertical appliqués (vérification conformément à l'Eurocode 2). Afin de tenir compte de l'alternance de l'action sismique, la section d'acier calculée est également à disposer sur le bord vertical opposé de l'élément. Les chaînages doivent être continus depuis la fondation jusqu'au sommet de la structure.

■ **Dispositions constructives minimales**

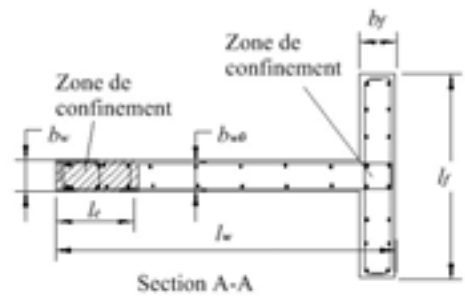
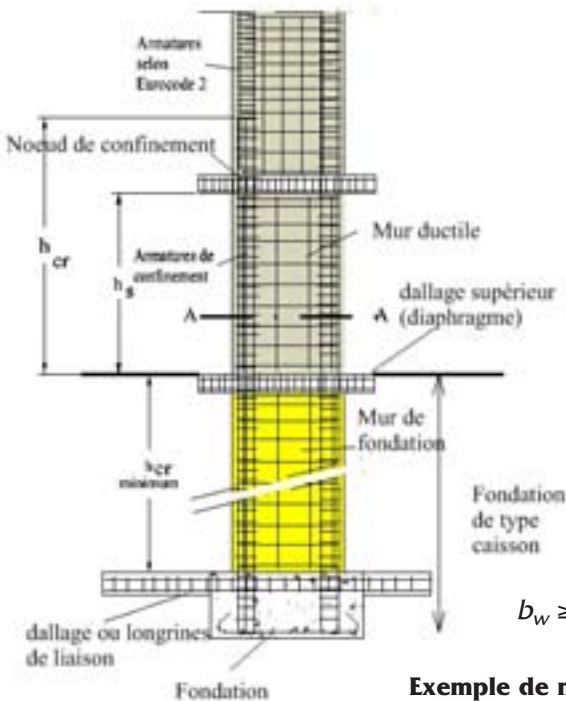
• **Murs de contreventement**

Les éléments de mur sont considérés :

- soit comme murs ductiles pouvant dissiper de l'énergie dans une zone de rotule plastique de flexion ;
- soit comme murs de grandes dimensions (longueur > 4 m ou 2/3 de la hauteur), supposés développer une fissuration limitée et un comportement non élastique (soulèvement d'ensemble de la structure).

Pour la classe DCM, l'épaisseur du voile est égale à :

$$b_{w0} \geq \max \left\{ 0,15 \text{ m} ; \frac{h_s}{20} \right\}$$



$$b_f \geq \frac{h_s}{15} ; l_f \geq \frac{h_s}{5}$$

$$l_c \geq \max \{ 0,15 l_w ; 1,5 \times b_w \}$$

$$b_w \geq \max \left\{ 0,2 \text{ m} ; \frac{h_s}{20} ; \frac{h_s}{15} \text{ si } l_c \leq \max \{ 2b_w ; 0,2l_w \} \right\}$$

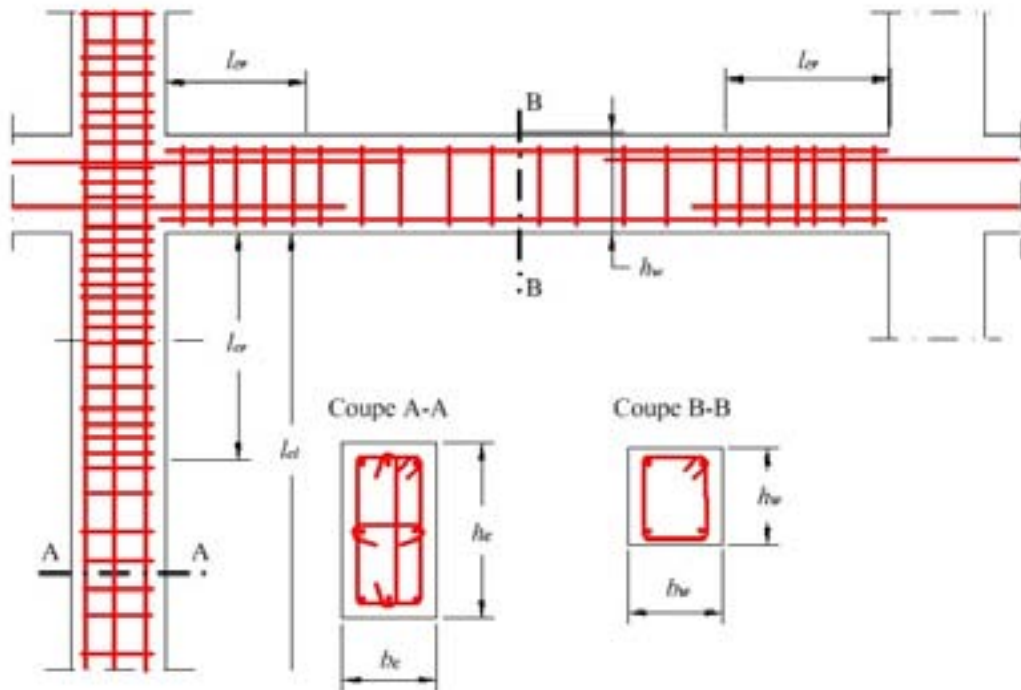
**Exemple de mur ductile**

### • Poutres

- largeur maximale:  $b_w \leq \min \{h_c + h_w; 2h_c\}$ ;
- longueur critique:  $l_{cr} = h_w$  ou  $2h_w$  si les poteaux sont discontinus.

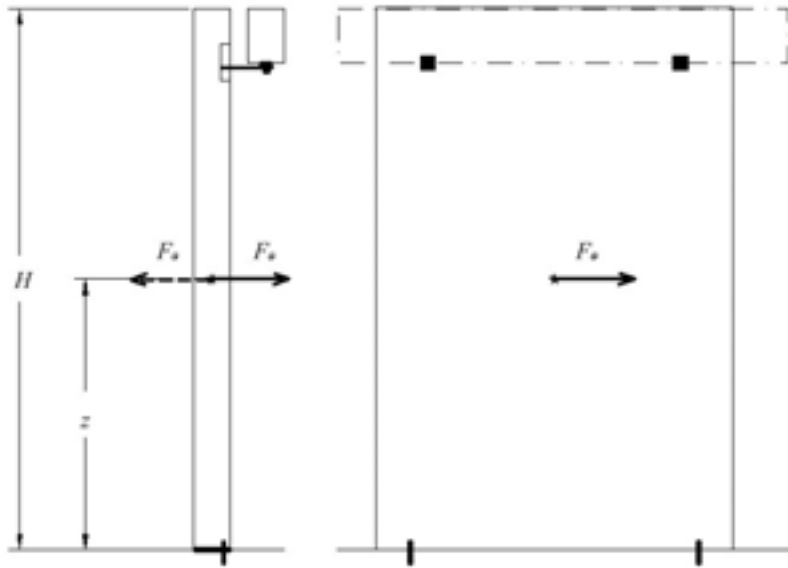
### • Poteaux

- largeur minimale:  $b_c \geq 250 \text{ mm}$  ;
- longueur critique:  $l_{cr} = \max \left\{ h_c; \frac{l_{cl}}{6}; 0,45 \text{ m} \right\}$ ,  
 $l_{cl}$  étant la longueur libre du poteau.



### ■ Éléments non structuraux

Les éléments non structuraux des bâtiments qui peuvent, en cas de rupture, exposer les personnes à des risques ou affecter la structure principale du bâtiment ou l'exploitation des installations présentant des risques particuliers, doivent être vérifiés – ainsi que leurs supports – en vue de résister à l'action sismique de calcul.



• **Action sismique de calcul**

Les effets de l'action sismique peuvent être déterminés en appliquant aux éléments non structuraux une force horizontale  $F_a$  définie comme suit :

$$F_a = \frac{S_a \times W_a \times \gamma_a}{q_a}$$

avec

$F_a$  force sismique horizontale, agissant au centre de gravité de l'élément non structural, dans la direction la plus défavorable (basculement transversal ou en plan) ;

$W_a$  poids de l'élément ;

$S_a$  coefficient sismique applicable aux éléments non structuraux ;

$\gamma_a$  coefficient d'importance de l'élément (= 1 pour un panneau) ;

$q_a$  coefficient de comportement de l'élément (= 2 pour un panneau).

$S_a$  peut être calculé en utilisant l'expression suivante :

$$S_a = \alpha \times S \times \left[ 3 \times \frac{(1 + z/h)}{1 + (1 - T_a/T_l)^2} - 0,5 \right]$$

avec :

$\alpha$  rapport entre l'accélération de calcul au niveau d'un sol de classe A,  $a_g$ , et l'accélération de la pesanteur  $g$  ;

$S$  paramètre du sol ;

$T_a$  période fondamentale de vibration de l'élément non structural ;



- $T_1$  période fondamentale de vibration du bâtiment dans la direction appropriée ;
- $z$  hauteur de l'élément non structural au-dessus du niveau d'application de l'action sismique ;
- $H$  hauteur du bâtiment depuis les fondations ou le sommet d'un soubassement rigide.

La valeur du coefficient sismique  $S_a$  ne peut pas être prise inférieure à  $\alpha \cdot S$ .

#### • Dimensionnement et dispositions constructives

Les éléments doivent être dimensionnés et conçus en détail de manière à conserver leur capacité à supporter les charges gravitaires présentes dans la situation sismique de calcul lorsqu'ils sont soumis aux déformations maximales imposées.

Ils sont dimensionnés selon les dispositions de l'Eurocode 2 en considérant les conditions de déplacement imposées par les éléments supports (vérification des effets du second ordre le cas échéant).

#### • Exigences relatives aux fixations (Eurocode 2)

Il convient de considérer à la fois les effets locaux et les effets d'ensemble des éléments de fixation.

##### **Nota**

*Les exigences relatives au dimensionnement des fixations sont données dans la Spécification Technique « Méthode de dimensionnement des fixations utilisées dans le béton » (en cours d'élaboration).*

Il convient d'utiliser des éléments de fixation dont les performances sont conformes aux exigences d'une Norme CEN ou sont démontrées par un Agrément Technique Européen.

## 4 - Réglementation thermique RT 2005\*

- 4.1 Vérification de la conformité réglementaire par le calcul**
- 4.2 Vérification de la conformité réglementaire par application d'une solution technique du Ministère**
- 4.3 Solutions techniques industrielles**
- 4.4 Labels associés à la RT 2005**
- 4.5 Le Diagnostic de Performances Énergétiques (DPE)**

*\* À la date de l'édition de ce document, on ne connaît pas encore le contenu de la réglementation thermique 2012 applicable en 2010 aux bâtiments tertiaires. Toutefois, on sait que l'objectif Bâtiment Basse Construction (BBC) soit 50 kwh/m<sup>2</sup>/an d'énergie primaire est visé.*

**L'objectif de la RT 2005 est de diminuer la consommation d'énergie des bâtiments neufs de 15 % à 20 % par rapport à la RT 2000 (limitation des émissions de gaz à effet de serre).**

**Cet objectif est atteint par :**

- un renforcement des exigences sur le bâti (renforcement d'environ 10 % de la performance des parois);
- l'introduction des énergies renouvelables dans les systèmes de référence;
- une meilleure prise en compte de la conception bioclimatique (apports solaires, inertie thermique, etc.).

La nouvelle réglementation thermique a été publiée le 25 mai 2006 (décret et arrêté du 24 mai 2006), en remplacement de la RT 2000. Elle est applicable à tous les permis de construire déposés à partir du 1er septembre 2006 : maison individuelle, bâtiment d'habitation collectif et bâtiment tertiaire y compris les bâtiments d'activité).

Elle ne s'applique pas aux cas suivants :

- bâtiment dont la température intérieure est inférieure à 12 °C;
- piscine, patinoire;
- bâtiment d'élevage;
- bâtiment ayant des contraintes particulières de température, d'hygrométrie ou de qualité de l'air;
- construction provisoire (durée d'utilisation < 2 ans).

Elle impose à la fois le respect d'exigences de moyens et de résultats.

### **Deux objectifs à atteindre lors de la conception d'un bâtiment**

- Maîtriser les consommations énergétiques globales du bâtiment dues pour l'essentiel aux pertes thermiques par : les parois, la ventilation, l'éclairage, l'eau chaude sanitaire et la climatisation.
- Limiter la température intérieure pendant les heures les plus chaudes de l'été (confort d'été).

### **Trois moyens pour satisfaire à la réglementation**

- Calcul de la consommation énergétique globale et calcul des températures intérieures en période d'été.
- Appliquer une solution technique du Ministère de l'équipement et du Logement.
- Appliquer une solution technique industrielle.

## 4.1 - Vérification de la conformité réglementaire par le calcul

Cette vérification (à l'aide d'un logiciel adapté) exige le respect simultané des trois critères suivants :

- consommation en énergie primaire\* :  $Cep \leq Ceperéf$  et  $Cep \leq Cepmax$  ;
- caractéristiques thermiques minimales pour tous les composants de l'enveloppe (parois, menuiseries, ponts thermiques, etc.) et tous les systèmes (ventilation, chauffage, ECS, etc.) (valeurs garde-fou) ;
- confort d'été :  $Tic \leq Ticréf$ .

### ■ Maîtrise des consommations énergétiques

À partir de la géométrie réelle du bâtiment et des caractéristiques thermiques réelles des différents composants de l'enveloppe (isolation de chaque paroi, performance des vitrages, ponts thermiques...), on calcule le coefficient moyen de déperditions thermiques par les parois noté **Ubat**.

Avec ce coefficient **Ubat** et les performances thermiques des systèmes de ventilation, d'éclairage, de chauffage, de refroidissement, on calcule la consommation énergétique globale du bâtiment notée **Cep** (valeur ramenée au m<sup>2</sup> de plancher – SHON, surface hors œuvre nette).

Parallèlement à ce calcul, à partir de la même géométrie de bâtiment et des caractéristiques thermiques de référence **Uréf** des différents composants de l'enveloppe, on calcule le coefficient moyen de déperditions thermiques de référence du bâtiment, noté **Ubatréf**.

Les valeurs de référence utilisées pour ce calcul sont fixées réglementairement (voir tableau). Le coefficient **Ubatréf** et les caractéristiques thermiques de référence des différents systèmes (ventilation, éclairage...) permettent de calculer une consommation énergétique globale de référence notée **Ceperéf**.

L'objectif réglementaire est atteint si :

- \* **Cep** est inférieur ou égal à **Ceperéf** ;
- \* **Cep** est inférieur ou égal à **Cepmax** (tableau ci-après).

\* Énergie primaire = consommation finale + consommation nécessaire à la production de cette énergie.

En France, on considère les équivalences suivantes : 1 kWh gaz = 1 kWh<sub>ep</sub>, 1 kWh fioul = 1 kWh<sub>ep</sub>,  
1 kWh élec = 2,58 kWh<sub>ep</sub> (kWh<sub>ep</sub> : kilowatt-heure énergie primaire).

<b>Consommation maximale de chauffage, refroidissement et ECS en kWhep/m<sup>2</sup>/an</b>			
<b>Cepmax</b>	<b>Zones H1 (a, b, c)</b>	<b>Zones H2 (a, b, c, d)</b>	<b>Zone H3</b>
Combustibles fossiles	130	110	80
Chauffage électrique, dont PAC (pompe à chaleur)	250	190	130

• **U<sub>bat</sub>** est inférieur ou égal à :

- 1,2 fois **U<sub>batréf</sub>** pour les maisons individuelles ;
- 1,25 fois **U<sub>batréf</sub>** pour les autres bâtiments d'habitation ;
- 1,5 fois **U<sub>batréf</sub>** pour les autres types de bâtiment.

• La caractéristique thermique minimale de chaque composant du bâtiment et de chaque système est supérieure ou égale aux **valeurs garde-fous** figurant dans l'arrêté (voir tableau).

<b>Valeurs de références et valeurs garde-fous</b>				
<b>Zones</b>	<b>Valeurs de référence</b>		<b>Valeurs garde-fous</b>	
	H1, H2, H3 > 800 m	H3 ≤ 800 m	-	-
Parois	U <sub>réf</sub> W/m <sup>2</sup> .k	U <sub>réf</sub> W/m <sup>2</sup> .k	U <sub>max</sub> W/m <sup>2</sup> .k	R <sub>min</sub> m <sup>2</sup> .K/W
Murs en contact avec l'extérieur	0,36	0,40	0,45	2,05
Murs en contact avec un local non chauffé			0,45/b*	
Planchers hauts en béton sur extérieur	0,27	0,27	0,34	2,80
Planchers hauts en béton sur local non chauffé	0,20	0,25		
Plancher bas donnant sur l'extérieur	0,27	0,36	0,36	2,60
Plancher bas donnant sur vide sanitaire ou local non chauffé	0,27	0,36	0,40	2,15
Plancher bas sur terre-plein : – dallage ≤ 500 m <sup>2</sup> + isolation périphérique horizontale sur 1,2 m – dallage > 500 m <sup>2</sup> + isolation périphérique verticale de 0,5 m	-	-	-	1,7

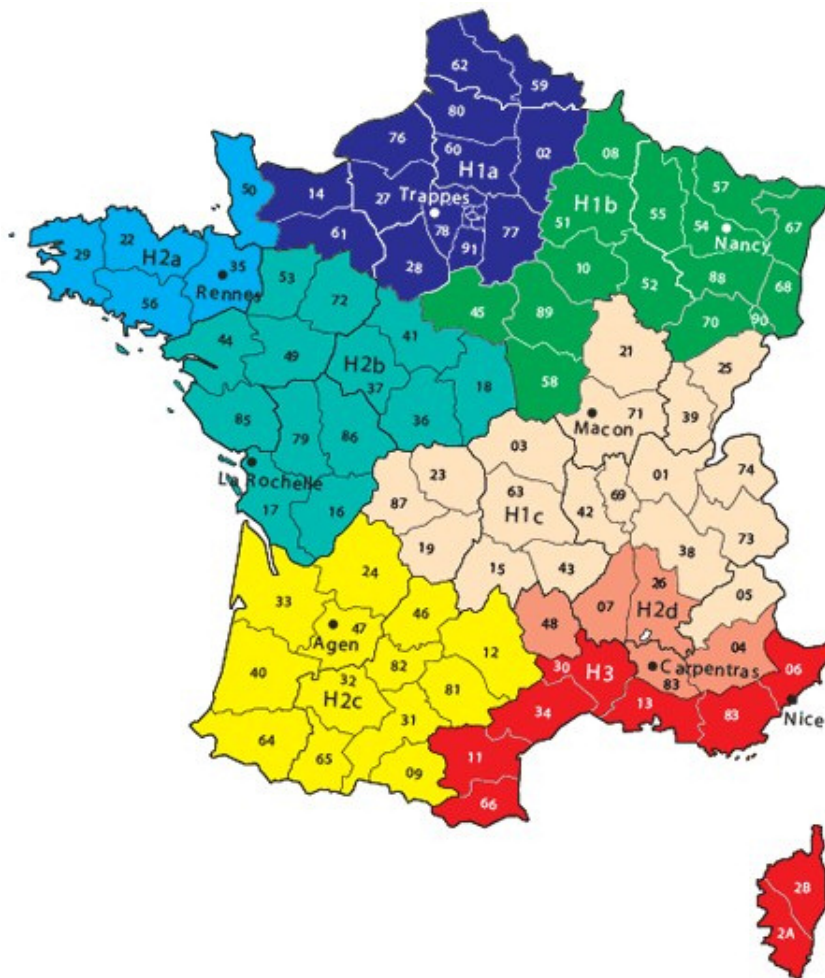
\* *b* : coefficient de réduction des déperditions variables selon le renouvellement d'air des locaux non chauffés. Couramment, *b* = 0,95.

Rappel : plus *U* est faible, plus la paroi est performante (inverse pour *R*).

<b>Valeurs de référence des ponts thermiques en W/m.K</b>			
	<b>Maison individuelles</b>	<b>Logements collectifs</b>	<b>Autres bâtiments</b>
Planchers bas / murs	0,40	0,40	0,40
Planchers intermédiaires sous combles / murs	0,55	0,60	0,60
Toitures-terrasses / murs	0,50	0,60	0,60

■ **Thermique d'été**

À partir des caractéristiques thermiques réelles du bâtiment, de sa localisation, de son exposition... on calcule une température intérieure conventionnelle **Tic** pendant les heures les plus chaudes de l'été. Pour ce même bâtiment, à partir de caractéristiques thermiques de référence, on calcule une température intérieure de référence **Ticréf** pour la même période. L'objectif réglementaire est vérifié si **Tic** est inférieur ou égal à **Ticréf**.



La délimitation des zones dépend des conditions d'exposition au soleil.  
 Les indices a, b, c, d fixent l'écart de température pris dans le calcul de déperdition, pour l'été.

**RT 2005 – Nouvelles zones climatiques**

## 4.2 - Vérification de la conformité réglementaire par application d'une solution technique du Ministère

En alternative à la vérification par calculs, il est possible d'utiliser les solutions techniques proposées par le Ministère chargé de la Construction et développées par le CSTB :

- ST 2007-001 : Solution technique relative au respect des exigences de confort d'été de la RT2005.
- ST 2007-002 : Solution technique relative au respect des exigences de la RT2005 pour les maisons individuelles non climatisées.

Solution téléchargeable sur le site : <http://www.rt-batiment.fr>

## 4.3 - Solutions techniques industrielles

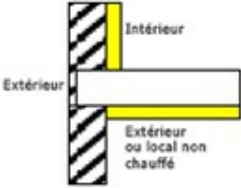
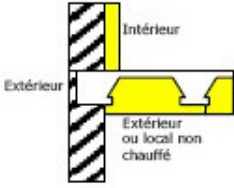
Comme pour la RT 2000, tout acteur de la construction (industriels, fédérations, etc.) peut concevoir ses propres solutions techniques au sens de la RT 2005.

Il lui faut pour cela :

- déterminer et décrire précisément le panel de bâtiments représentatif du secteur constructif visé ;
- réaliser un dossier de calcul justifiant les niveaux de performances revendiqués en ce qui concerne les consommations d'énergie et le confort d'été ;
- faire valider ce dossier par une commission technique composée de représentants du Ministère, d'experts en thermique et d'experts en bâtiment.

<b>Exemples de solutions</b>			
<b>Mur</b>	<b>Matériau isolant</b>	<b>Valeur de référence U<sub>réf</sub> 0,36 W/m<sup>2</sup>.k</b>	<b>Valeur garde-fou U<sub>max</sub> 0,45 W/m<sup>2</sup>.k</b>
Blocs béton creux épaisseur 200 mm	Polystyrène TH 38 + plaque plâtre 10 mm	90 + 10 (R = 2,4 m <sup>2</sup> .K/W)	70 + 10 (R = 1,9 m <sup>2</sup> .K/W)
Béton plein épaisseur 160 mm	Polystyrène TH 38 + plaque plâtre 10 mm	100 + 10 (R = 2,65 m <sup>2</sup> .K/W)	80 + 10 (R = 2,15 m <sup>2</sup> .K/W)
Blocs en béton cellulaire montés à joints minces	Béton cellulaire Mvn 350 kg/m <sup>3</sup>	300 mm (R = 2,67 à 2,9 m <sup>2</sup> .K/W)	250 mm (R = 2,22 à 2,42 m <sup>2</sup> .K/W)



<b>Exemples de solutions</b>			
<b>Plancher bas</b>	<b>Matériau isolant</b>	<b>Valeur de référence</b>	<b>Valeur garde-fou</b>
Plancher sur terre-plein (1)	Polystyrène TH 35 sous la dalle sur une largeur de 1,2 m	Pas d'exigence	$R = 1,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ 60 mm
Plancher donnant sur un local non chauffé (vide sanitaire) <sup>(2)</sup>			
Zones H1, H2 et H3 > 800 m	Polystyrène TH 38 + plancher béton $R = 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	Uréf = $0,27 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ 120 + languette entrevous 60 mm	$U_{\text{max}} = 0,40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ 80 + languette entrevous 30 mm
Zone H3 ≤ 800 m		Uréf = $0,36 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ 120 + languette entrevous 50 mm	
<b>1. Solution terre-plein</b>		<b>2. Solution vide sanitaire</b>	
			

<b>Exemples de solutions</b>			
<b>Plancher haut</b>	<b>Matériau isolant</b>	<b>Valeur de référence</b>	<b>Valeur garde-fou</b>
En béton donnant sur l'extérieur Zones H1, H2 et H3	Polystyrène TH 38 + plancher béton $R = 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	Uréf = $0,27 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ Isolant épaisseur 130 mm	$U_{\text{max}} = 0,34 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ Isolant épaisseur 100 mm
Autre plancher (combles) Zones H1, H2 et H3 > 800 m		Uréf = $0,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ Isolant épaisseur 180 mm	
Autre plancher (combles) Zone H3 ≤ 800 m		Uréf = $0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ Isolant épaisseur 140 mm	

## 4.4 - Labels associés à la RT 2005

---

Parallèlement à la Réglementation Thermique, d'application obligatoire, des labels d'application volontaires sont utilisables pour classer des ouvrages à performances accrues par rapport à la RT 2005. Ils préfigurent notamment les performances à atteindre avec les futures réglementations.

Les labels sont délivrés à la demande du maître d'ouvrage. Il est uniquement délivré à un bâtiment ayant fait l'objet d'une certification.

L'arrêté du 8 mai 2007, en remplacement de l'arrêté du 27 juillet 2006, définit dorénavant 5 niveaux d'exigences :

- HPE 2005 « haute performance énergétique » ;
- HPE EnR 2005 « haute performance énergétique – énergies renouvelables » ;
- THPE 2005 « très haute performance énergétique » ;
- THPE EnR 2005 « très haute performance énergétique – énergies renouvelables et pompes à chaleur » ;
- BBC 2005 « bâtiment basse consommation énergétique »

Labels	HPE 2005	HPE EnR 2005	THPE 2005	THPE EnR 2005	BBC 2005
Gain de consommation d'énergie primaire par rapport à la consommation de référence (Cepréf)	10 %	10 % + utilisation de l'énergie renouvelable <sup>(1)</sup>	20 %	30 % + utilisation de l'énergie renouvelable <sup>(2)</sup>	Bâtiment d'habitation : Cep ≤ 40 à 75 kWh/m <sup>2</sup> /an selon zone Autres bâtiments : gain de 50 % sur Cepréf

1. Au moins 50 % de l'énergie employée pour le chauffage est issue d'une installation utilisant de la biomasse ou alimentée par un réseau de chaleur utilisant plus de 60 % d'énergies renouvelables.
2. Les bâtiments concernés devront également utiliser les énergies renouvelables comme la biomasse, les pompes à chaleur, le solaire thermique ou photovoltaïque.

## 4.5 - Le Diagnostic de Performances Énergétiques (DPE)

---

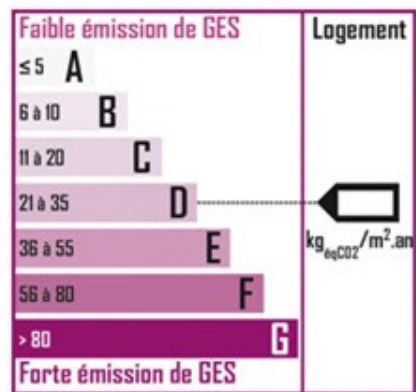
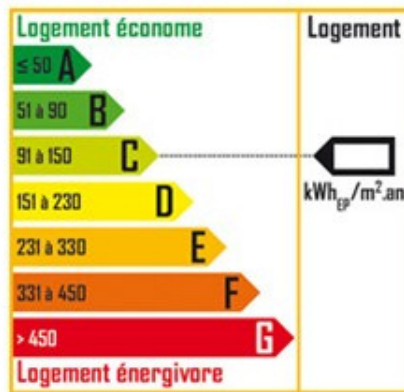
Afin de sensibiliser les consommateurs aux consommations énergétiques des bâtiments, les articles L.134-1 à L.134.5 du code de la construction et de l'habitation instaurent l'obligation de fournir un diagnostic de performance énergétique lors de l'achat, de la location ou de la construction d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment.

Depuis le 1<sup>er</sup> novembre 2006, tous les bâtiments doivent présenter un DPE.

Le DPE permet de connaître :

- les consommations d'énergie (estimation) ;
- les dépenses annuelles : chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, ventilation, éclairage, refroidissement ;
- les émissions de gaz à effet de serre (GES) liées aux consommations ;
- les classements du bâtiment pour l'énergie et pour les émissions de GES.

Ces informations figurent sur une étiquette énergie logement ; réparties de A à G.



# 5 - Isolation acoustique

- 5.1 Quelques rappels**
- 5.2 Termes et définitions**
- 5.3 Réglementation pour les bâtiments**
- 5.4 Bruits de voisinage**
- 5.5 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)**
- 5.6 Réglementation spécifique aux écrans antibruit**

## 5.1 - Quelques rappels

Un son est caractérisé par :

- sa fréquence : exprimée en hertz (Hz), elle traduit le caractère grave ou aigu du son ;
- son niveau d'intensité ( $L_i$ ) ou son niveau de pression ( $L_p$ ) exprimés en décibels (dB) :

$$L_i = 10 \text{ Log}_{10} \left[ \left( \frac{i}{i_0} \right)^2 \right] \quad \text{avec } i_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$$L_p = 10 \text{ Log}_{10} \left[ \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 \right] = 20 \text{ Log}_{10} \left( \frac{P}{P_0} \right) \quad \text{avec } P_0 = 20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$$

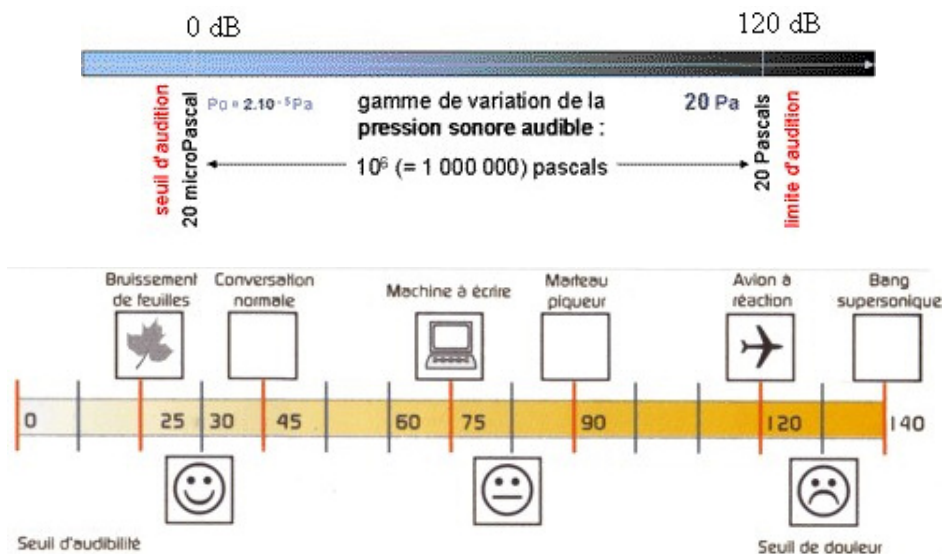
L'intensité sonore s'exprimant en fonction de la pression au carré :  $i = \frac{P^2}{\rho \times c}$

avec  $\rho$  masse volumique de l'air et  $c$  célérité du son, en un même point de l'espace on a donc  $L_i = L_p$ .

Lorsque l'on associe deux sources de bruit de même intensité, le niveau de bruit résultant augmente de 3 dB :

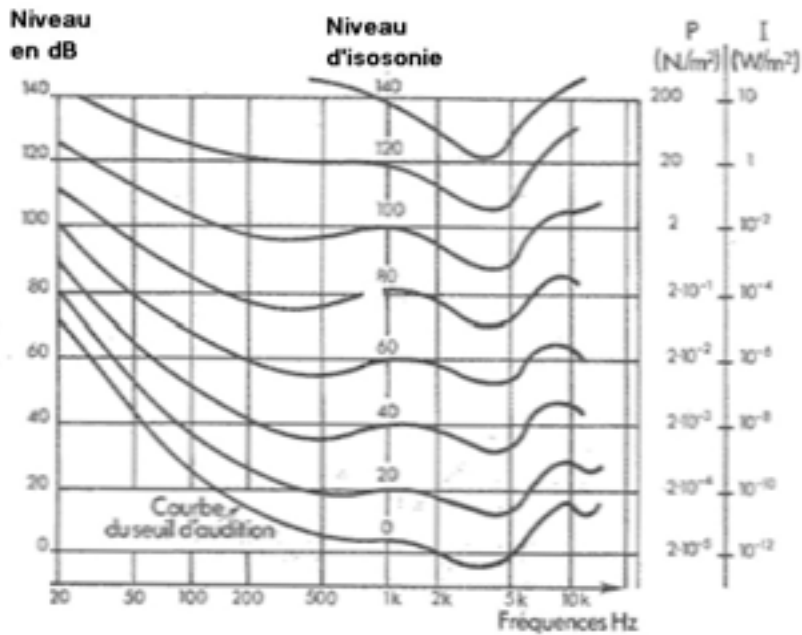
$$L_r = 10 \text{ Log}_{10} \left[ 2 \times \left( \frac{i}{i_0} \right)^2 \right] = 10 \text{ Log}_{10} 2 + L_i = L_i + 3 \text{ dB}$$

Les niveaux sonores courants s'échelonnent de 0 à 120 dB, avec des fréquences de 20 à 10 000 Hz.



Exemple de niveau de pression acoustique en dB

L'oreille est sensible à des variations de fréquences entre 20Hz à 10000 Hz environ. Ce seuil d'audibilité varie toutefois beaucoup avec la fréquence (courbes d'isophonies – diagramme de FLETCHER).



**Courbes d'égal sensibilité de l'oreille en fonction de la fréquence**

Pour tenir compte de la variation de sensibilité selon les fréquences, celles-ci sont organisées en plages fréquences, ordonnées de façon régulière pour l'oreille : les bandes d'octave. Quand on passe d'une octave à une autre, la sensation auditive de la fréquence est doublée. Le spectre sonore est aujourd'hui divisé en 10 octaves, selon les fréquences suivantes.

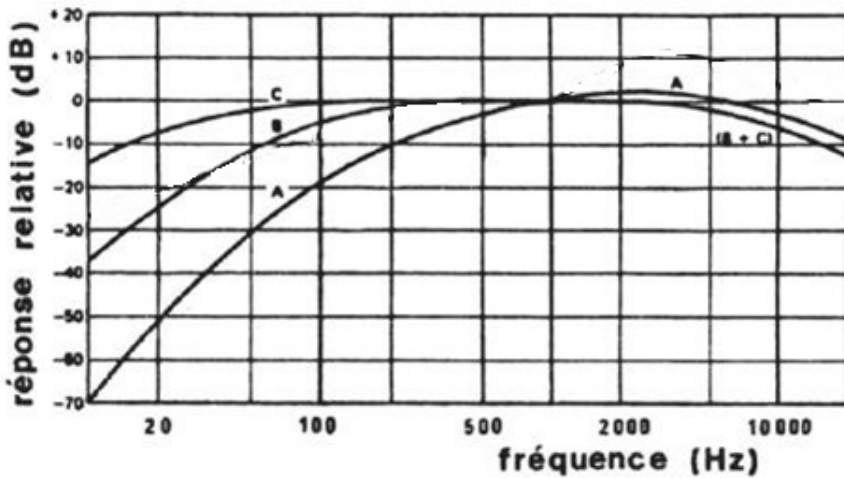
Bandes d'octave en Hz									
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000

Différentes courbes de pondération sont également utilisées pour tenir compte de la variation de sensibilité selon la fréquence (faible réception aux fréquences très basses et très élevées) :

- pondération A : niveaux faibles (jusqu'à 60 dB) ;
- pondération B : niveaux moyens (de 60 à 90 dB) ;
- pondération C : niveaux forts (au-delà de 90 dB).

La courbe de pondération A est utilisée pour exprimer un niveau sonore à l'aide d'un seul indicateur, le dB(A), quand on s'intéresse au risque auditif. Dans le cas de la gêne engendrée par le bruit, on utilise la pondération C qui accorde plus d'importance aux basses fréquences.

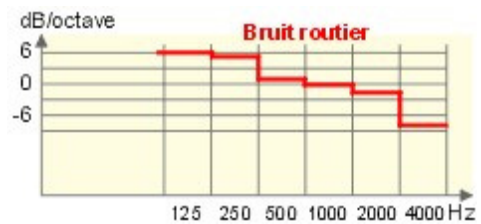
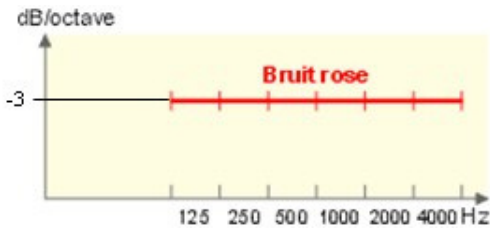
$$L_p \text{ en dB(A)} = L_p \text{ en dB} + \text{pondération}$$



**Courbes de pondération**

Des spectres de bruit normalisés sont également définis pour mesurer les performances des ouvrages :

- bruit rose : l'amplitude décroît avec la fréquence de 3 dB/octave (mesure de l'isolement à l'intérieur d'un bâtiment ou d'une façade à un bruit d'avion) ;
- bruit route : bruit normalisé simulant un bruit routier ou ferroviaire. Il est plus riche en grave que le bruit rose. L'énergie contenue dans chaque bande d'octave est fixée par rapport à l'énergie contenue dans la bande d'octave centrée sur 1000 Hz.



## 5.2 - Termes et définitions

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2000, les performances acoustiques des produits et des constructions s'expriment à l'aide d'indices uniques utilisés par tous les États



membres. Seule a changé la méthode de calcul, et non la qualité acoustique des bâtiments (réglementation de 1996).

En France, cette uniformisation des indices n'a entraîné de changement que pour les indices (classement en dB avec disparition des indices associés).

	<b>Isolation aux bruits aériens intérieurs</b>	<b>Isolation aux bruits aériens extérieurs (routes)</b>	<b>Circulations communes (absorption)</b>	<b>Bruits de choc</b>	<b>Bruits d'équipement</b>
<b>Ancien indice</b> <b>Unité</b>	$D_{nAt}$ dB(A)rose	$D_{nAt}$ dB(A)	$\alpha_w$ sans	$L_{nAT}$ dB(A)	$L_{nAT}$ dB(A)
<b>Nouvel indice</b> <b>Unité</b>	$D_{nTA}$ dB	$D_{nT,A,tr}$ dB	inchangé	$L'_{nT,w}$ dB	inchangé

### **Indice d'affaiblissement acoustique $R_w$ (C; Ctr) (NF EN ISO 717-1)**

L'indice donne la performance de la paroi séparative testée entre deux locaux. C'est une caractéristique propre à la paroi. En France, ces indices sont définis comme suit :

- bruits intérieurs : indice  $R_w + C$  (bruit rose) ;
- bruits extérieurs : indice  $R_w + Ctr$  (bruit routier).

### **Isolement acoustique standardisé pondéré au bruit aérien entre locaux $D_{nT,A}$ (NF EN ISO 717-1)**

Valeur de l'isolement sur site entre deux locaux.

Il est calculé à partir des indices d'affaiblissement acoustique  $R_w$  des parois.

$D_{nT,A} = D_{nT,W} + C = D_{n,w}$  (isolement brut normalisé) + correction en fonction de la durée de réverbération T du local + C (isolement à un bruit rose).

### **Isolement acoustique standardisé pondéré au bruit aérien vis-à-vis des bruits de l'espace extérieur $D_{nT,A,tr}$ (NF EN ISO 717-1)**

Valeur de l'isolement de l'enveloppe du bâtiment et des conditions de montage.

Il est calculé à partir des indices d'affaiblissement acoustique  $R_w$  des parois.

$D_{nT,A,tr} = D_{nT,W} + Ctr = D_{n,w}$  (isolement brut normalisé) + correction en fonction de la durée de réverbération T du local + Ctr (isolement aux bruits routier).

### **Indice unique d'absorption pondéré $\alpha_w$ (NF EN ISO 11654)**

Il exprime l'absorption moyenne d'un matériau.

### **Aire d'absorption équivalente A d'un revêtement absorbant**

$A = S \times \alpha_w$  , où S désigne la surface du revêtement absorbant et  $\alpha_w$  son indice unique d'absorption pondéré fourni par le fabricant. La mise en place de surfaces absorbantes dans un local tend à réduire le phénomène de réverbération.

### **Bruit de choc standardisé $L'_{n,T,w}$ (NF EN ISO 717-2)**

Niveau de bruit perçu dans le local de réception et transmis par une machine à chocs normalisée disposée sur le plancher du local d'émission.

### **Niveau de pression acoustique normalisé $L_{nAT}$ (NF S 31-057)**

Grandeur permettant de quantifier le niveau de bruit dans un local (bruits d'équipements, bruits d'impact).  $L_{nAT}$  tient compte de la pondération A et de la durée de réverbération du local de réception.

### **Émergence aux bruits de voisinage en dB(A) (NF S 31-010)**

L'émergence est la différence entre le niveau de bruit ambiant occasionné par un bruit particulier et le niveau de bruit résiduel habituel, en l'absence de ce bruit particulier. Elle s'évalue en dB(A).

## **5.3 - Réglementation pour les bâtiments**

---

Les types de bâtiments suivants sont soumis à des exigences réglementaires en

- bâtiments d'habitation ;
- établissements d'enseignement ;
- établissements de santé ;
- hôtels.

### **■ Bâtiments d'habitation**

La Nouvelle Réglementation Acoustique (NRA) définie par les deux arrêtés du 28 octobre 1994 a fait l'objet en 1999 de deux nouveaux arrêtés pour se mettre en conformité avec la réglementation européenne (modification des méthodes de mesure et d'interprétation des résultats).

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.

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'isolement minimal ( $D_{nT,A,Tr}$ ) s'étend de 30 dB à 45 dB pour les pièces directement exposées au 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 aéroports (arrêté du 6 octobre 1978) doit être égale à 35 dB(A) Rose en zone C (ancien indice  $D_{nAT}$ ).

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

<b>Isolements aux bruits aériens et niveaux de bruits réglementaires (arrêté du 30 juin 1999)</b>					
		Émission	Local de réception : pièce d'un autre logement		
				Pièce principale	Cuisine, salle d'eau
Intérieur	Isolation acoustique normalisée $D_{nT,A}$ en dB	Local d'un logement, à l'exclusion des garages individuels		53	50
		Circulation commune	Séparation par une porte palière ou une porte de distribution	40	37
			Autres cas	53	50
		Garage individuel ou collectif		55	52
		Local d'activité		58	55
	Bruits d'impacts $L'_{n,T,w}$ en dB	Tout local, sauf : balcons et loggias non situés au-dessus de la pièce principale, escaliers (si ascenseur), locaux techniques		58	-
	Bruits d'équipement $L_{nAT}$ en dB(A)	Appareil individuel de chauffage ou de climatisation du logement	Pièce principale fermée	35	50
		Appareil individuel de chauffage	Cuisine ouverte sur pièce principale	40	50
		Équipements individuels ou collectifs extérieurs au logement		30	35
	Traitement absorbant des circulations communes <sup>(1)</sup> $A \geq \text{Surface du sol de la circulation} / 4$				
Extérieur	Isolation acoustique normalisée $D_{nT,A,Tr}$ en dB	A 2 m devant la façade		30 <sup>(2)</sup>	30 <sup>(2)</sup>

1. Ne sont pas considérés comme circulations communes : halls d'entrée, circulations communes sur lesquelles ne donnent ni logement ni loge de gardien, circulations ayant une face à l'air libre, escaliers encloués et ascenseurs.

2. Des valeurs plus importantes peuvent être exigées en fonction de la classification de la voie, de 30 à 45 dB(A) route selon l'arrêté du 30 mai 1996.

Les logements autorisés dans les zones de bruit des aéroports doivent respecter un isolement minimal de 35 dB(A) rose selon arrêté du 6 octobre 1978.

■ **Établissements recevant du public**

Depuis 1995 pour les établissements d'enseignement et depuis 2003 pour les hôtels et les établissements de santé, les exigences applicables en matière d'isolement aux bruits extérieurs routiers sont identiques à celles des bâtiments d'habitation.

Pour les isollements aux bruits des aéroports, des exigences plus importantes sont spécifiées selon la zone :

ERP (établissements d'enseignement, de santé et hôtels) isolement au bruit des aéroports $D_{n,T,A}$ en dB	Zone A : 47 Zone B : 40 Zone C : 35
---	---

• **Établissements d'enseignement**

La réglementation relative aux établissements d'enseignement est définie par l'arrêté du 25 juin 2003 (abrogation de l'arrêté du 9 janvier 1995).

Établissement d'enseignement (hors école maternelle) Isolement aux bruits aériens – $D_{n,T,A}$ en dB – Arrêté du 25 avril 2003							
Local d'émission \ Local de réception	Local d'enseignement, d'activités pratiques, administration	Local médical, infirmerie, atelier peu bruyant, cuisine, local de rassemblement fermé, salle de réunions, sanitaires	Cage d'escalier	Circulation horizontale, vestiaire fermé	Salle de musique, salle polyvalente, salle de sports	Salle de restauration	Atelier bruyant (4)
(1)	43 (2)	50	43	30	53	53	55
Local médical, infirmerie	43 (2)	50	43	40	53	53	55
Salle polyvalente	40	50	43	30	50	50	50
Salle de restauration	40	50 (3)	43	30	50		55

1. Local d'enseignement, d'activités pratiques, administration, bibliothèque, centre de documentation et d'information (CDI), salle de musique, salle de réunions, salle des professeurs, atelier peu bruyant.
2. Un isolement de 40 dB est admis en présence d'une ou plusieurs portes de communication.
3. À l'exception d'une cuisine communiquant avec la salle de restauration.
4.  $L_{nAT} \geq 85 \text{ dB(A)}$ .

**École maternelle**  
**Isolement aux bruits aériens –  $D_{n,T,A}$  en dB – Arrêté du 25 avril 2003**

Émission Réception	Salle de repos	Salle d'exercice ou local d'enseignement (5)	Administration	Local médical, infirmerie	Espaces d'activités, salle d'évolution, salle de jeux, local de rassemblement fermé, salle d'accueil, salle de réunions, sanitaires (4), salle de restauration, cuisine, office	Circulation horizontale, vestiaire
Salle de repos.	43 (1)	50 (2)	50	50	55	35 (3)
Local d'enseignement, salle d'exercice.	50 (2)	43	43	50	53	30 (3)
Administration, salle des professeurs.	43	43	43	50	53	30
Local médical, infirmerie	50	50	43	43	53	40

1. Un isolement de 40 dB est admis en cas de porte de communication, de 25 dB si la porte est anti-pince-doigts.
2. Si la salle de repos n'est pas affectée à la salle d'exercice. En cas de salle de repos affectée à une salle d'exercice, un isolement de 25 dB est admis.
3. Un isolement de 25 dB est admis en présence de porte anti-pince-doigts.
4. Dans le cas de sanitaires affectés à un local, il n'est pas exigé d'isolement minimal.
5. Notamment dans le cas d'un autre établissement d'enseignement voisin d'une école maternelle.

**Établissement d'enseignement**  
**Bruits de choc –  $L'_{n,t,w}$  en dB – Arrêté du 25 avril 2003**

Local de réception	Local d'enseignement, d'activités pratiques, administration, bibliothèque, CDI, salle de musique, salle de réunions, salle des professeurs, atelier peu bruyant, local médical, infirmerie, salle de restaurant, salle polyvalente.	Niveau maximal 60 (1)
--------------------	---	-----------------------

1. Si les chocs sont produits dans un atelier bruyant ou une salle de sport : 45 dB.  
Si les chocs sont produits dans une salle d'exercice : 55 dB dans les salles de repos non affectée à la salle d'exercice.

**Établissement d'enseignement**  
**Bruits d'équipement –  $L_{n,A,t}$  maximal en dB(A) – Arrêté du 25 avril 2003**

Équipement	Local de réception	Niveau maximal
(1) Équipement fonctionnant de façon continue	Bibliothèque, CDI, salle de musique, salle de repos, local médical, infirmerie	33 (1) 38 (2)
(2) Équipement fonctionnant de façon intermittente	Local d'enseignement, d'activités pratiques, administration, salle à manger, salle polyvalente, atelier peu bruyant	38 (1) 43 (2)

<b>Établissement d'enseignement</b> <b>Traitements acoustiques internes – Arrêté du 25 avril 2003</b>	
<b>Locaux meublés non occupés</b>	<b>Durée de réverbération moyenne</b> <b>(exprimée en secondes)</b>
Salle de repos des écoles maternelles; salle d'exercice des écoles maternelles; salle de jeux des écoles maternelles	$0,4 \leq Tr \leq 0,8$
Local d'enseignement; de musique; d'études; d'activités pratiques; salle de restauration et salle polyvalente de volume $250 \text{ m}^3$	
Local médical ou social, infirmerie; sanitaires; administration; foyer; salle de réunion; bibliothèque; centre de documentation et d'information	
Local d'enseignement, de musique, d'études ou d'activités pratiques d'un volume $> 250 \text{ m}^3$ , sauf atelier bruyant (1)	$0,6 \leq Tr \leq 1,2$
Salle de restauration d'un volume $> 250 \text{ m}^3$	$Tr \leq 1,2$
Salle polyvalente d'un volume $> 250 \text{ m}^3$ (2)	$0,6 \leq Tr \leq 1,2 \text{ s}$ et étude particulière obligatoire
Autres locaux et circulations accessibles aux élèves d'un volume $> 250 \text{ m}^3$	$Tr \leq 1,2$ si $250 \text{ m}^3 < V \leq 512 \text{ m}^3$ $Tr \leq 0,15 \times V(1/3)$ si $V > 512 \text{ m}^3$
Salle de sports	Définie dans l'arrêté relatif à la limitation du bruit dans les établissements de loisirs et de sports pris en application de l'article L. 111-11-1 du code de la construction et de l'habitation.
	<b>Aire d'absorption équivalente moyenne (A)</b>
Circulations horizontales, halls $< 250 \text{ m}^3$ , préaux	Au moins la moitié de la surface au sol $\alpha_w = 0,8$

1.  $LnAT \geq 85 \text{ dB(A)}$

2. En cas d'usage de la salle de restauration comme salle polyvalente, les valeurs à prendre en compte sont celles données pour la salle de restauration.

### \* Établissements de santé

<b>Établissements de santé</b> <b>Isolement aux bruits aériens – <math>D_{n,T,A}</math> en dB – Arrêté du 25 avril 2003</b>					
Émission	Locaux d'hébergement et de soins	Salles d'examens de consultations, bureaux médicaux et soignants, salles d'attente	Salles d'opérations, d'obstétrique et salles de travail	Circulations internes	Autres locaux
Réception					
Salles d'opérations, d'obstétrique et salles de travail	47	47	47	32	47
Locaux d'hébergement et de soins, salles d'examen et de consultation, salles d'attente*, bureaux médicaux et soignants, autres locaux où peuvent être présents des malades.	42	42	47	27	42

\* Hors salles d'attente des services d'urgence.

Nota: La porte entre les cabines de déshabillage et les cabinets de consultation devra avoir un indice d'affaiblissement acoustique pondéré  $RA = R_w + C$  supérieur ou égal à 35 dB.

<b>Établissement de santé</b> <b>Bruits de choc – <math>L'_{n,t,w}</math> en dB – Arrêté du 25 avril 2003</b>		
Local de réception	Locaux autres que : circulations, sanitaires et locaux techniques (cuisine, buanderie, chaufferie)	Niveau maximal 60 (1)

<b>Établissement de santé</b> <b>Bruits d'équipement – <math>L_{n,A,t}</math> maximal en dB(A) – Arrêté du 25 avril 2003</b>		
Équipement	Local de réception	Niveau maximal
Équipement quelconque du bâtiment	Local d'hébergement	30
Équipement hydraulique et sanitaire des chambres voisines		35
Équipement collectif du bâtiment (1)	Bureaux médicaux et des soignants, salles d'examens, de consultations, salles d'attente	35
	Locaux de soins, salles d'opération, d'obstétrique et salle de travail	40

1. À l'exception des équipements de traitement d'air des salles d'opération.

<b>Établissement de santé</b> <b>Traitements acoustiques internes – Arrêté du 25 avril 2003</b>		
<b>Volumes des locaux</b>	<b>Nature des locaux</b>	<b>Durée de réverbération moyenne (exprimée en secondes)</b>
$V \leq 250 \text{ m}^3$	Salle de restauration	$Tr \leq 0,8$
	Salle de repos du personnel	$Tr \leq 0,5$
	Local public d'accueil	$Tr \leq 1,2$
	Bureaux médicaux et des soignants, local d'hébergement ou de soins, salles d'examens et de consultations	$Tr \leq 0,8$
$V > 250 \text{ m}^3$	Tous locaux et circulations accessibles au public (1)	$Tr \leq 1,2 \text{ s}$ si $250 \text{ m}^3 < V < 512 \text{ m}^3$
		$Tr \leq 0,15 \times V(1/3)$ si $V > 512 \text{ m}^3$
		<b>Aire d'absorption équivalente moyenne (A)</b>
Circulations communes intérieures des secteurs d'hébergement et de soins		Au moins le tiers de la surface au sol

1. À l'exception des circulations communes intérieures des secteurs d'hébergement et de soins.



• Hôtels

<b>Hôtels</b> <b>Isolement aux bruits aériens – <math>D_{n,T,A}</math> en dB – Arrêté du 25 avril 2003</b>		
Local d'émission	Local de réception	$D_{n,T,A}$ en dB
Chambre voisine – Salle de bains d'une autre chambre	Chambre	50
Circulation intérieure		38
Bureau – Local de repos du personnel – Vestiaire fermé Hall de réception – Salle de lecture		50
Salle de réunion – Atelier – Bar, commerce – Cuisine – Garage, parking, zone de livraison fermée – Gymnase, piscine intérieure – Restaurant Sanitaire collectif – Salle de TV – Laverie – Local poubelles		55
Casino, salon de réception sans sonorisation Club de santé – Salle de jeux		60
Discothèque, salle de danse		*
Chambre voisine – Salle de bains d'une autre chambre		Salle de bains
Circulation intérieure	38	

\* Exigences d'isolement selon l'arrêté du 15 décembre 1998 relatif aux prescriptions applicables aux établissements ou locaux recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée, à l'exclusion des salles dont l'activité est réservée à l'enseignement de la musique et de la danse.

<b>Hôtels</b> <b>Bruits de choc – <math>L'_{n,t,w}</math> en dB – Arrêté du 25 avril 2003</b>		
Local d'émission	Local de réception	$L'_{n,t,w}$ en dB
Local extérieur à la chambre et à ses locaux privatifs	Chambre	60

<b>Hôtels</b> <b>Bruits d'équipement – <math>L_{n,A,t}</math> maximal en dB(A) – Arrêté du 25 avril 2003</b>		
Équipement	Local de réception	Niveau maximal
Équipement implanté dans la chambre (climatiseur, chauffage, ventilation)	Chambre	35
Équipement collectif ou individuel du bâtiment		30

<b>Hôtels</b> <b>Traitements acoustiques internes – Arrêté du 25 avril 2003</b>	
Circulations horizontales sur lesquelles donnent les chambres	Aire d'absorption équivalente (A) des revêtements absorbants : au moins le quart de la surface au sol

## • Cas particulier des établissements recevant du public et diffusant de la musique amplifiée

Décret n° 98-1143 et arrêté du 15 décembre 1998 relatif aux prescriptions applicables aux établissements ou locaux recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée (plus de 12 fois par an).

Lorsque ces établissements ou locaux sont soit contigus, soit situés à l'intérieur de bâtiments comportant des locaux à usage d'habitation, ou destinés à un usage impliquant la présence prolongée de personnes, l'isolement minimal suivant est exigé entre le local où s'exerce l'activité et le local de réception.

<b>Établissements diffusant de la musique amplifiée</b> <b>Isolement aux bruits aériens – <math>D_{n,T(99)}</math> en dB – Décret du 15 décembre 1998</b>						
Fréquence centrale de l'octave	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Niveau de référence à l'émission	99 dB	99 dB	99 dB	99 dB	99 dB	99 dB
Isolement minimal $D_{n,T(99)}$	66 dB	75 dB	82 dB	86 dB	89 dB	91 dB

Ces valeurs peuvent toutefois être réduites lorsque le niveau d'émission est inférieur à 99 dB.

Par ailleurs, le décret impose l'installation de limiteurs de pression acoustique lorsque l'isolement ne permet pas de respecter les valeurs d'émergence définies dans le décret n° 95-408 du 18 avril 1995.

Enfin, les exploitants doivent également fournir, en complément de l'étude de l'impact des nuisances sonores, un certificat d'isolement acoustique.

## 5.4 - Bruits de voisinage

---

Décret n° 95-408 du 18 avril 1995, décret n° 2006-1099 du 31 août 2006, arrêté du 5 décembre 2006.

Les niveaux de bruit ambiant à ne pas dépasser sont fixés comme suit :

- émergence spectrale à l'intérieur d'une pièce principale d'un logement : 25 dB(A) ;
- émergence globale pour tout autre cas : 30 dB.

Les valeurs limites d'émergence sont définies dans le tableau ci-après.

<b>Bruit de voisinage – Décret du 31 août 2006</b>															
Réception	Valeurs limites de l'émergence en dB(A)														
Pièce principale de logement	Selon l'émergence spectrale définie comme suit: 7 dB pour 125 et 250 Hz ou 5 dB pour 500, 1000, 2000 et 4000 Hz														
Autres cas	Selon l'émergence globale suivante: 5 dB(A) de 7H à 22 H et 3 dB(A) de 22 H à 7 H + termes correctifs selon la durée en dB(A): <table style="margin-left: 20px;"> <tr><td>≤ 1 min</td><td>: 6</td></tr> <tr><td>Entre 1 et 5 min</td><td>: 5</td></tr> <tr><td>Entre 5 et 20 min</td><td>: 4</td></tr> <tr><td>Entre 20 et 2 H</td><td>: 3</td></tr> <tr><td>Entre 2 H et 4 H</td><td>: 2</td></tr> <tr><td>Entre 4 H et 8 H</td><td>: 1</td></tr> <tr><td>&gt; 8 H</td><td>: 0</td></tr> </table>	≤ 1 min	: 6	Entre 1 et 5 min	: 5	Entre 5 et 20 min	: 4	Entre 20 et 2 H	: 3	Entre 2 H et 4 H	: 2	Entre 4 H et 8 H	: 1	> 8 H	: 0
≤ 1 min	: 6														
Entre 1 et 5 min	: 5														
Entre 5 et 20 min	: 4														
Entre 20 et 2 H	: 3														
Entre 2 H et 4 H	: 2														
Entre 4 H et 8 H	: 1														
> 8 H	: 0														

## 5.5 - Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

### ■ ICPE soumise à autorisation – Arrêté du 23 janvier 1997

<b>ICPE soumise à autorisation Émergences admissibles – Arrêté du 23 janvier 1997</b>		
Niveau de bruit ambiant existant (zones à émergence réglementée)	Émergence admissible de 7 H à 22 H, sauf dimanches et jours fériés en dB(A)	Émergence admissible de 22 H à 7 H ainsi que dimanches et jours fériés
> 35 dB(A) et ≤45 dB(A)	6	4
> 45 dB(A)	5	3

### ■ ICPE soumise à déclaration – Arrêté type selon Arrêté du 23 janvier 1997.

<b>ICPE soumise à déclaration – Niveaux limites de bruits admissibles – Arrêté du 23 janvier 1997</b>	
Émission	Réception
ICPE dans immeuble	Local d'habitation: 35 dB(A) de jour, 30 dB(A) de nuit; Local tertiaire: 45 dB(A); Local industriel non bruyant: 55 dB(A)
ICPE extérieur à un immeuble	En limite de propriété: 45 dB(A) + correctifs liés au temps et à l'environnement

## 5.6 - Réglementation spécifique aux écrans antibruit

---

### ■ *Spécification des produits*

L'arrêté du 24 avril 2006 (JO du 16 mai 2006) a rendu obligatoire au 1<sup>er</sup> mai 2007 le marquage CE des dispositifs antibruit routiers commercialisés dans l'union européenne. Dans le cadre de la directive européenne 89/106 produits de construction, le marquage CE des dispositifs antibruit routiers est basé sur l'annexe ZA de la norme harmonisée NF EN 14 388. Il concerne un ensemble de caractéristiques acoustiques et non acoustiques. Le marquage CE est indiqué par le fabricant sous sa responsabilité, par référence aux performances validées par un ou plusieurs organismes notifiés.

La norme EN 14388 décrit les performances de divers types de dispositifs antibruit. Les méthodes d'essai permettant d'en évaluer les performances sont réparties en quatre groupes :

- détermination des performances acoustiques en laboratoire ;
- détermination des performances acoustiques *in situ* ;
- détermination des caractéristiques non-acoustiques ;
- évaluation de la durabilité (caractéristiques acoustiques et non-acoustiques).

En fonction de la nature de l'élément (écran antibruit, revêtement antibruit ou autre dispositif), et de la manière dont il remplit sa fonction antibruit (absorption, diffusion, diffraction), certaines de ses caractéristiques sont déterminantes.

### **Normes d'essais acoustiques**

- NF EN 1793-1 : Dispositif de réduction du bruit du trafic routier – Méthodes d'essais pour la détermination de la performance acoustique – Partie 1 : caractéristiques intrinsèques relatives à l'absorption acoustique ;
- NF EN 1793-2 : Dispositif de réduction du bruit du trafic routier – Méthodes d'essais pour la détermination de la performance acoustique – Partie 2 : caractéristiques intrinsèques relatives à l'isolation aux bruits aériens ;
- NF EN 14389-1 : Dispositif de réduction du bruit du trafic routier – Méthodes d'évaluation des performances à long terme – Partie 1 : caractéristiques acoustiques.

### **Normes d'essais non acoustiques**

- \* NF EN 1794-1 : Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Performances non acoustiques – Partie 1 : performances mécaniques et exigences en matière de stabilité ;
- \* NF EN 1794-2 : Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Performances non acoustiques – Partie 2 : exigences générales pour la sécurité et l'environnement
- Pr EN 14389-2 : Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Méthodes d'évaluation des performances à long terme – Partie 2 : caractéristiques non acoustiques.

 Dupont Béton 28 ÉPERNON 06 EN 14388 Dispositif de réduction du bruit du trafic routier Écran antibruit autoporteur en béton absorbant Dimensions en mm : épaisseur 300, largeur 2000, hauteurs 2500 et 3500				
Atérioration acoustique $DL_{a}$	11 dB			
Isolation acoustique aux bruits aériens $DL_{a}$	27 dB			
Danger des chutes de débris	Classe 3			
Reflexion de la lumière	F70			
Résistance aux charges	Hauteur 2500		Hauteur 3500	
Poids propre d'un élément acoustique				
- Poids mouillé	x kN	y kN		
- Poids mouillé réduit	w kN	z kN		
Charge verticale maximum qu'un élément peut supporter	p kN/m	p kN/m		
Charge perpendiculaire maximum qu'un élément acoustique peut supporter (due à la charge au vent et à la charge statique)	q kN/m <sup>2</sup>	q kN/m <sup>2</sup>		
Charge perpendiculaire maximum qu'un élément structural peut supporter (due à la charge au vent, à la charge statique et au poids propre)	r kN/m	s kN/m		
Moment de flexion qu'un élément structural peut supporter (du au déplacement de la neige)	t kNm	t kNm		
Charge perpendiculaire maximum qu'un élément acoustique peut supporter (due au déplacement de la neige)	u kN/2 m x 2 m	u kN/2 m x 2 m		
Durabilité prévue des caractéristiques acoustiques				
Modifications de l'indice de réflexion acoustique $DL_{a}$ en dB après	5 ans	10 ans	15 ans	20 ans
En classes d'exposition typiques	-3	-5	-5	-6
En classe 4C) pour les sets de déverglage	-3	-5	-6	-8
Modifications de l'indice d'isolation acoustique aux bruits aériens $DL_{a}$ en dB après	5 ans	10 ans	15 ans	20 ans
En classes d'exposition typiques	0	0	0	-2
En classe 4C) pour les sets de déverglage	-1	-2	-2	-3
Durabilité prévue des caractéristiques non acoustiques				
Durée de vie	30 ans			
Ces valeurs déclarées s'entendent pour des produits mis en œuvre et entretenus selon les dispositions de la documentation technique référencée AYZW de décembre 2008				

Exemple de marquage CE d'écran antibruit

### ■ Spécification des ouvrages

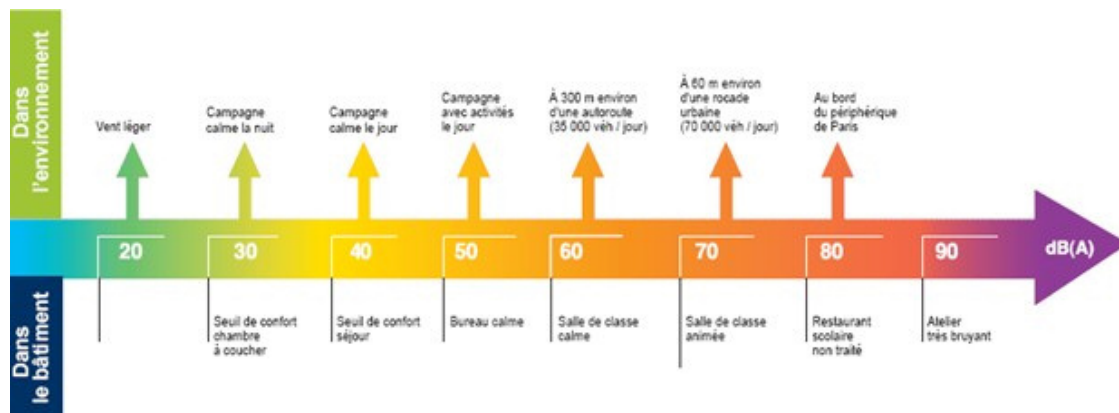
Pour la construction des voies routières nouvelles et la transformation significative des voies existantes, le décret du 9 janvier 1995 fixe les obligations à respecter. L'arrêté interministériel du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières précise les règles à appliquer.

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 (voir tableau).

	LAeq (6h - 22h)	LAeq (22h - 6h)
Établissement de soins et d'action sociale	60 dB(A)	55 dB(A)
Établissement d'enseignement à l'exclusion des ateliers bruyants et 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)	-

Limites admissibles de bruit en façade, LAeq, selon l'arrêté du 5 mai 1995.

L'indicateur du niveau de bruit LAeq correspond à une accumulation quotidienne de bruits divers et variés. Il représente le cumul de l'énergie sonore reçue pendant une période donnée, notée LAeq. La réglementation française actuelle fixe les seuils à respecter pour les deux périodes de référence suivantes : jour (6h-22h), nuit (22h-6h).



**Exemple d'échelle de bruit en LAeq en dB(A)**

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

Les normes traitant des essais de caractérisation des éléments sont :

- EN 1793-1 : Méthode de qualification : mesure de l'indice d'absorption en salle réverbérante ;
- EN 1793-2 : Méthode de qualification : mesure de l'indice d'affaiblissement en salle réverbérante ;
- EN 1793-3 : Définition du spectre de référence « bruit routier ».

Les normes relatives aux performances de l'ouvrage sont en préparation. Toutefois, dans l'attente de ces normes, la norme française NF S 31-089 sert de référence. Elle pourrait être remplacée à terme par la méthode CEN/TS 1793-5 (valeur *in situ* de réflexion acoustique et d'isolation aux bruits aériens).

Les normes EN 1793-1 et 2 introduisent la notion de classes de performances.

Pour la norme EN 1793-1, la classification d'un élément vis-à-vis de l'absorption acoustique s'effectue selon le tableau suivant.

Il est intéressant d'observer que dès aujourd'hui

**Classes d'absorption acoustique selon la norme EN 1793-1**

CATÉGORIE	DL <sub>∞</sub> en dB(A)
A0	Non testé
A1	< 4
A2	4 à 7
A3	8 à 11
A4	> 11

d'hui beaucoup d'écrans acoustiques en béton sont conformes à la catégorie A2.

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

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

**Classes d'affaiblissement ou d'isolation acoustique selon la norme EN 1793-2**

CATÉGORIE	DL <sub>∞</sub> en dB(A)
B0	Non testé
B1	< 15
B2	15 à 24
B3	< 24



# 6 - Sécurité incendie

- 6.1 Exigence de résistance au feu selon le type d'établissement**
- 6.2 Résistance au feu des éléments**
- 6.3 Exigence de réaction au feu pour les revêtements**
- 6.4 Définition et implantation des dégagements**
- 6.5 Respect de la règle C+D pour l'implantation des ouvertures en façade**
- 6.6 Règles spécifiques aux ERP et IGH**
- 6.7 ICPE : façades écran thermique pour les entrepôts**

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 pour la protection de l'environnement (ICPE).

Pour satisfaire à cette exigence, les règles suivantes sont à appliquer.

## 6.1 - Exigence de résistance au feu selon le type d'établissement

---

Les critères de résistance sont déterminés réglementairement selon le type de bâtiment ou d'établissement.

Bâtiment ou établissement	Texte de référence
Habitation	Arrêté du 31 janvier 1986 modifié
Établissements recevant du public (ERP)	Arrêté du 25 juin 1980 modifié
immeubles de grande hauteur (IGH)	Arrêté du 18 octobre 1977 modifié
établissements industriels et commerciaux (EIC)	Arrêté du 5 août 1992 (modification de l'article R 235-4
Parcs de stationnement couverts	Circulaires du 3 mars 1975 et du 4 novembre 1987, arrêté du 9 mai 2006
Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)	Décret du 21 septembre 1977 et arrêtés types pour les ICPE soumises à autorisation

Le degré de résistance au feu (R, EI ou REI) est défini dans le tableau ci-après..

**Résistance au feu requise pour la structure en heure selon les types d'établissement (hors ICPE)**

	0	1/4 h	1/2h	1h	1h1/2	2h	3 et 4h
RDC seulement ERP (cat 5) Bureaux	Industries		ERP(cat 5) (1)				Isolement entre ERP et parc de stationnement(2)
H ≤ 8m	Bureaux Industries	Habitation (1 <sup>e</sup> famille)	ERP (2 <sup>e</sup> , 3 <sup>e</sup> et 4 <sup>e</sup> catégorie) Habitation (2 <sup>e</sup> famille)	ERP 1 <sup>e</sup> catégorie			
8 < H ≤ 28 m				ERP (2 <sup>e</sup> , 3 <sup>e</sup> et 4 <sup>e</sup> cat.) Habitation (3 <sup>e</sup> famille) Bureaux Industries (3)	ERP 1 <sup>e</sup> catégorie		
28 < H ≤ 50 m					Habitation (4 <sup>e</sup> famille)	IGH classes W, O, R, U, Z (4)	Isolement entre IGH et ERP; IGH et parc de stationnement (2)
H > 50 m						IGH classe A (4)	Isolement entre ERP et parc de stationnement (2)

H: hauteur du niveau le plus haut (prise au niveau du plancher bas)

1. ERP avec locaux réservés au sommeil au-dessus du RDC.

2. Béton avec protection.

3. 1/2 h pour un plancher sur vide sanitaire non aménageable.

4. 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.

## 6.2 - Résistance au feu des éléments

Selon le nouvel arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, des éléments de construction et d'ouvrages, les critères de performance utilisés pour l'évaluation de la résistance au feu sont les suivants :

- stabilité au feu (SF ou R), pour laquelle le critère de résistance mécanique est requis ;
- pare-flamme (PF), pour laquelle sont requis les critères d'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds ;

– coupe-feu (CF), pour laquelle sont requis les critères d'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds et d'isolation thermique (échauffement de la face non exposée limitée à 140 °C en moyenne, 180 °C sur un point de mesure).

**Nota**

*Les gaines et conduits se voient attribuer un classement PF ou CF de traversée de paroi.*

• **Relation entre classement français et européen**

La résistance au feu des éléments de construction peut être déterminée selon les critères français ou européens (NF EN 13501-2) (cas des produits revêtus du marquage CE).

Spécification	Réglementation française	Normalisation européenne
Stable au feu	Stabilité au feu sous son poids propre ou sous un chargement donné: <b>SF</b>	Stabilité au feu sous son poids propre : pas d'indice de classement
		Stabilité au feu sous un chargement donné: <b>R</b>
Pare flamme	<b>PF</b>	<b>E</b>
Isolation thermique	Pas d'indice de classement	<b>I</b>
Exemple : élément non porteur Coupe feu 1 H 30	CF 1H30	<b>EI 90</b>
Exemple : élément porteur Coupe-feu 1 H 30	CF 1H30	<b>REI 90</b>

Les critères européens R, E et I peuvent être accompagnés d'autres critères de qualification tels que :

- \* M : action mécanique (tenue sous un choc par exemple) ;
- \* W : tenue au rayonnement.

La résistance au feu est évaluée dans l'Eurocode 2 partie feu (NF EN 1992-1-2) de trois manières : par essai, par calcul ou par valeurs tabulées (règles simplifiées).

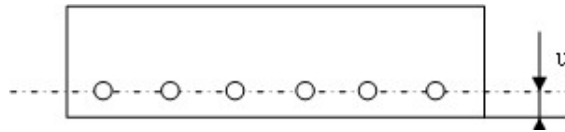
Les tableaux ci-après donnent les épaisseurs minimales et enrobages minimaux pour des voiles de béton, porteurs ou non. Pour les voiles porteurs, l'épaisseur est fonction du niveau de chargement au feu (fi, comparé au chargement à froid).

**NF EN 1992-1-2 Épaisseur minimale – Voiles non porteurs (cloisons) – Classement EI  
Dalles sur appuis simples – Classement REI**

Temps d'exposition en minutes	30	60	90	120	180	240
Épaisseur voile ou dalle béton en mm	60	80	100	120	150	175
Distance armature u en mm (dalle – un seul sens porteur)	10	20	30	40	55	65

**NF EN 1992-1-2 Épaisseur minimale des voiles porteurs (murs)  
Classement REI – Épaisseur voile / distance à l'axe de l'armature (u)**

Temps d'exposition en minutes		30	60	90	120	180	240
$\mu_{fi} = 0,35$	Épaisseur voile béton en mm	100	110	120	150	180	230
	Distance armature u en cm	10	10	20	25	40	55
$\mu_{fi} = 0,7$	Épaisseur voile béton en mm	120	130	140	160	210	270
	Distance armature u en cm	10	10	25	35	50	60



### 6.3 - Exigence de réaction au feu pour les revêtements

Elle caractérise l'aptitude des matériaux à alimenter l'incendie.

Le classement des matériaux est déterminé selon l'arrêté du 21 novembre 2002, basé sur la norme NF EN 13501-1.

En fonction de leur réaction au feu, la réglementation considère deux caractéristiques essentielles :

- la quantité de chaleur dégagée au cours de la combustion ;
- la présence ou l'absence de gaz inflammable.

Le classement est réalisé soit avec les anciens indices (M0 à M4) soit avec les Euroclasses (classement A1 à F – classement des produits marqués CE).

Le système des Euroclasses de réaction au feu partage les matériaux de construction en deux familles : les sols (indice FL ajouté) et les autres produits. Il est construit autour de trois niveaux de sollicitation thermique représentatifs de diverses phases de développement du feu.

<b>Réaction au feu – Définition des niveaux de classement</b>	
Type de sollicitation	Classement
Attaque par une petite flamme	E, F
Sollicitation par un objet en feu ou feu pleinement développé dans la pièce voisine	B, C, D
Feu pleinement développé dans la pièce	A1, A2

<b>Réaction au feu – Classement français et européen</b>			
Classement français	Caractère	Critère d'appréciation	Classement européen équivalent (*)
M0	Incombustible	Pouvoir calorifique < 2 à 3 MJ/kg	A1
M1	Ininflammable	Pas de production de chaleur notable	A2, B
M2	Difficilement inflammable	Production de chaleur croissante + gouttes	C
M3	Moyennement inflammable		D
M4	Facilement inflammable		D, E
NC	Non classé		F

\* Cette équivalence doit être définie dans le cadre d'un texte de référence (norme ou arrêté).  
L'indice FL est ajouté à l'indice principal pour le classement des produits de sol (exemple : CFL).

**Nota**

Une annexe à l'arrêté du 21 novembre 2002 donne une liste des produits classés A1 ou A1FL sans essai. Tous les bétons contenant moins de 1 % de matériaux organiques appartiennent à ces classes.

## 6.4 - Définition et implantation des dégagements

### ■ Largeur et implantation des dégagements

Ils sont définis selon les arrêtés relatifs à la sécurité des bâtiments (voir § 4.1).

Les dégagements sont destinés à faciliter l'évacuation rapide des occupants et à assurer leur protection en cas de sinistre (nombre et implantation, compte tenu des distances à parcourir). Cette organisation est fonction de la destination du bâtiment et de ses locaux, en référence aux textes réglementaires qui s'y rapportent.

## Terminologie des dégagements des ERP – arrêté du 25 juin 1980 modifié

Dégagement normal : dégagement comptant dans le nombre minimal de dégagements imposés en application des dispositions de l'article CO 38 de l'arrêté ;

Dégagement accessoire : dégagement de dimension inférieure à l'unité de passage et imposé lorsque, exceptionnellement, les dégagements normaux ne sont pas judicieusement répartis.

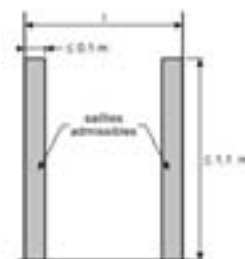
Dégagement supplémentaire : dégagement en surnombre des dégagements définis ci-dessus ; s'il existe, il doit avoir les mêmes caractéristiques qu'un dégagement normal.

Dégagement de secours : dégagement normal, accessoire ou supplémentaire qui, pour des raisons d'exploitation, n'est pas utilisé en permanence par le public. Il doit répondre aux prescriptions de chacune de ces catégories.

Dégagement protégé : dégagement dans lequel le public est à l'abri des flammes et de la fumée. Deux cas sont possibles :

- dégagement encloisonné : dégagement protégé dont toutes les parois ont un degré minimal de résistance au feu imposé ;
- dégagement à l'air libre : dégagement protégé dont un côté au moins est ouvert sur l'extérieur par la moitié de sa surface.

<b>ERP – Sécurité d'utilisation et incendie</b>		
<b>Caractérisation des dégagements (règles générales)</b>		
<b>Effectif à évacuer</b>	<b>Nombre de dégagements en UP (1)</b>	
1 à 19	1 UP	
20 à 50	RDC	1 UP + dégagement accessoire de 0,60 m
	Etage: h plancher ≤ 8 m	1 UP
	Etage: h plancher > 8 m	Escalier 1 UP + 1 dégagement accessoire de 0,60 m
	Sous-sol	
bâtiment compartimenté		
51 à 100	2 dégagement de 1 UP ou 1 dégagement de 2 UP + dégagement accessoire de 0,60 m	
de 101 à 500	1 UP par fraction de 100 + 1	
plus de 500	1 UP par fraction de 100	
<p>1. Largeur des unités de passage des dégagements normaux (UP)</p> <p>largeur l pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– une UP : 0,90 m ;</li> <li>– deux UP : 1,40 m ;</li> <li>– pour un nombre n supérieur à deux UP : n x 0,60 m.</li> </ul>		





La réglementation actuelle prévoit notamment de protéger les escaliers contre les risques d'incendie en les encloisonnant dans un volume délimité par des parois et des portes pour lesquelles des critères de résistance au feu sont exigés (parois coupe-feu, pare-flammes, revêtements utilisables selon leur degré de réaction au feu).

La réglementation précise pour ces encloisonnements les conditions de désenfumage, ainsi que les conditions d'ouverture et de fermeture des portes d'accès.

Les dégagements des établissements industriels et commerciaux sont sensiblement similaires à ceux des ERP.

La réglementation relative à l'accessibilité des bâtiments aux handicapés (arrêté du 1<sup>er</sup> août 2006) est aujourd'hui plus sévère et devient dans de nombreux cas prépondérante pour la définition des largeurs des circulations et dégagements.

Cette nouvelle réglementation s'applique actuellement aux ERP et aux bâtiments d'habitation (voir ci-après).

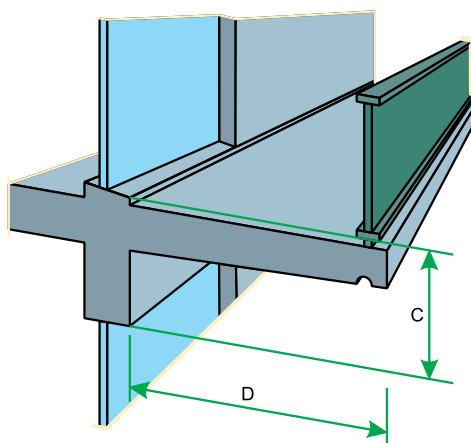
### ■ **Largeur minimale des circulations communes et dégagements pour les ERP et les bâtiments d'habitation**

Outre les largeurs minimales imposées par la réglementation sécurité d'utilisation et incendie présentée ci-dessus, des largeurs minimales plus sévères peuvent être imposées par la nouvelle réglementation relative à l'accessibilité des bâtiments aux handicapés (arrêté du 1<sup>er</sup> août 2006 et circulaire DGUHC n° 2007-53 du 30 novembre 2007).

<b>Accessibilité des bâtiments aux handicapés – Arrêté du 1er août 2006</b>		
<b>Type de bâtiment</b>	<b>Largeur minimale des cheminements extérieurs (en cm)</b>	<b>Largeur minimale des circulations et dégagements intérieurs (en cm)</b>
ERP	140 (120 ponctuellement)	140
Bâtiment d'habitation collectif	120 (90 ponctuellement)	120
Logement, Bâtiment d'habitation individuel		90 80 pour les escaliers

## 6.5 - Respect de la règle C+D pour l'implantation des ouvertures en façade

<b>Règles C + D pour les façades comportant des baies</b>			
	<b>Valeur du C + D en m selon la masse combustible mobilisable M en MJ/m<sup>2</sup></b>		
	<b>M ≤ 25</b>	<b>25 &lt; M ≤ 80</b>	<b>M &gt; 80</b>
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



## 6.6 - Règles spécifiques aux ERP et IGH

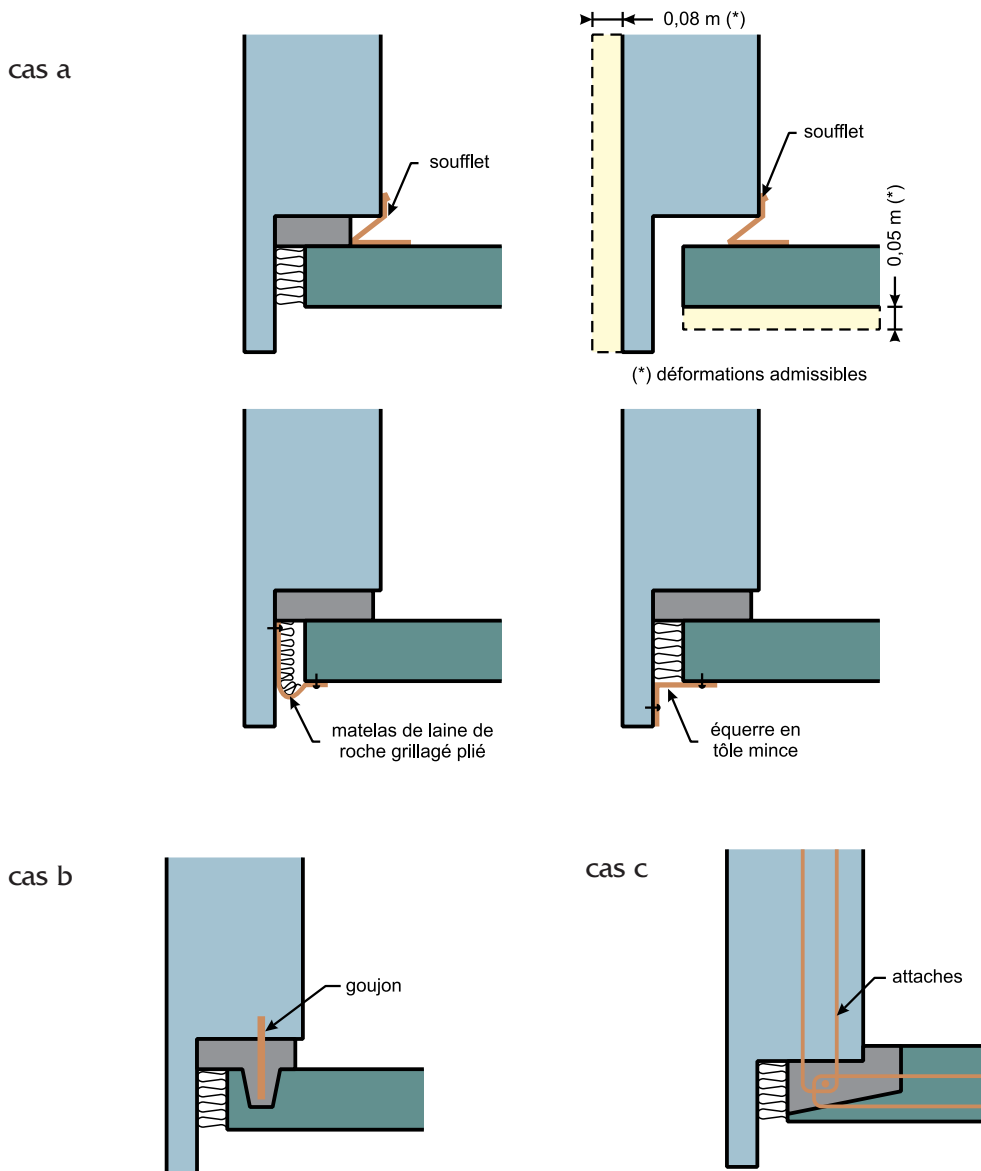
Pour les ERP et IGH : étanchéité de la jonction panneau-plancher réalisée selon l'une des dispositions de la circulaire n° 249 pour assurer l'étanchéité au feu.

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.



## 6.7 -s ICPE : façades écran thermique pour les entrepôts

---

La législation des installations classées régit la plupart des industries dangereuses ou polluantes. Elle repose actuellement sur la loi du 19 juillet 1976 et son décret d'application du 21 septembre 1977. Cette législation vise à prévenir l'ensemble des risques et nuisances provenant d'une installation.

Les activités polluantes ou dangereuses sont définies dans une nomenclature qui soumet les installations à un régime de déclaration ou d'autorisation. Cette nomenclature comporte environ 200 rubriques.

Les autorisations sont délivrées par le préfet, au terme d'une procédure d'enquête publique.

Les installations soumises à déclaration font l'objet d'une simple déclaration au préfet accompagné de renseignements techniques et de protection en cas de sinistres.

Des arrêtés types fixent les prescriptions générales des installations soumises à déclaration. Exemples : rubrique 1510 « entrepôts couverts soumis à autorisation », rubrique 2662 « plasturgie ».

### ■ *Cas des entrepôts couverts soumis à autorisation*

Les entrepôts sont compartimentés de manière à limiter la propagation du feu. Ils sont découpés en cellules de compartimentage dont la dimension est fonction de l'équipement en systèmes de protection :

- surface des cellules limitée à 3000 m<sup>2</sup> en l'absence de système d'extinction automatique et à 6000 m<sup>2</sup> lorsqu'elles en sont équipées ;
- murs séparatifs de degré CF minimum 2 heures pour le compartimentage ; le mur séparatif CF doit dépasser d'au moins 1 m la couverture au droit du franchissement ;
- murs de façade en matériaux M0 lorsqu'il n'y a pas de dispositif de d'extinction automatique ;
- portes de communication de degré CF 2 heures et munies d'un système de fermeture automatique ;
- toiture en matériaux M0 ou M1 selon les conditions de montage et recouverte, sur une largeur minimale de 5 m de part et d'autre des parois séparatives, d'une bande de protection disposées sur les revêtements d'étanchéité ;
- planchers coupe-feu de 2 heures pour les entrepôts de deux niveaux ou plus, avec structure coupe-feu d'une heure lorsque le plancher est situé à plus de 8 m de hauteur.

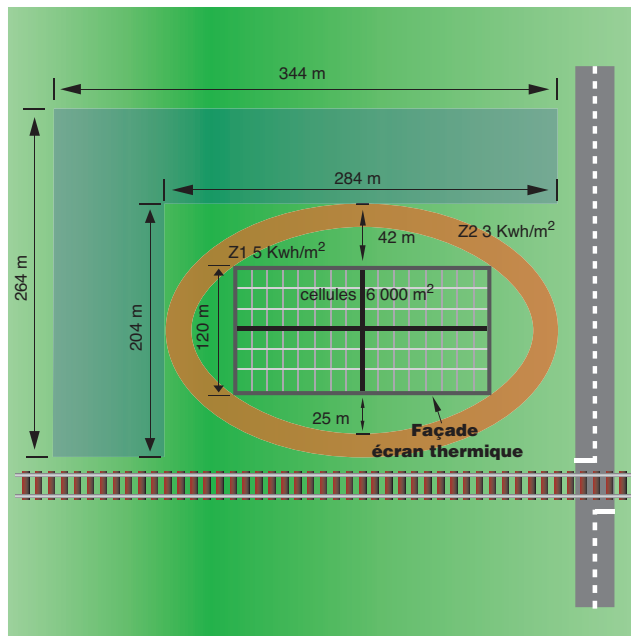
De plus les parois extérieures doivent être éloignées par rapport à l'environnement (tiers) selon une distance déterminée par arrêté préfectoral. Cet éloignement est fonction du flux thermique maximal autorisé :

- 5 kW/m<sup>2</sup> (seuil légal) ;
- 3 kW/m<sup>2</sup> pour le seuil de douleur et premières brûlures.

L'emploi de façades écran thermique permet de limiter la puissance des flux transmis à l'environnement et de réduire de manière importante la surface d'implantation du bâtiment (gain en coût foncier).

Exemple de gain en surface :

- surface de l'entrepôt : 120 m x 200 m : 24000 m<sup>2</sup> ;
- surface du terrain sans façades écran thermiques : 264 x 344 m : 90816 m<sup>2</sup> ;
- surface du terrain avec façades écran thermiques : 204 x 284 m : 57936 m<sup>2</sup> ;  
soit un gain de 32 880 m<sup>2</sup> (36 % de gain en surface).



---

**Crédit photographique**

H. Abbadie, N. Borel, D. Boy-de-la-Tour, H. Chapon, A. Goustard, A. Fouquez,  
l'Image contemporaine, Y. Lainville, J.-M. Landecy, O. Martin-Gambier,  
G. Maucuit-Lecomte, M. Moch, J.-M. Monthiers, P. Muller, M. Plemet, M. Robinson,  
Tricycle, O. Wogenscky, X... tous droits réservés.

**Mise en page et réalisation**

Amprincipe Paris  
R.C.S. Paris B 389 103 805

**Impression**

Gibert Clarey S.A.

---

Édition août 2009



**CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS**

7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00 • Fax : 01 55 23 01 10  
E-mail : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net) • internet : [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)