

LES FAÇADES ET ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX EN BETON

Les produits préfabriqués de façade et éléments architecturaux en béton sont généralement constitués de grands panneaux ou voiles en béton, de largeurs courantes 6 à 8 m et d'une hauteur d'étage de bâtiment (des hauteurs plus importantes peuvent exister).



La paroi extérieure visible est réalisée la plupart du temps à l'aide d'un béton architectural ne nécessitant pas de finition complémentaire après mise en œuvre. Il est toutefois possible de réaliser un traitement complémentaire (protection, peinture, enduit) lors de la mise en œuvre ou en réhabilitation.

En plus de leur emploi en façade de bâtiment, ces éléments peuvent être utilisés pour de nombreuses autres applications, notamment en génie civil : corniches de ponts, parapets, murs antibruit...

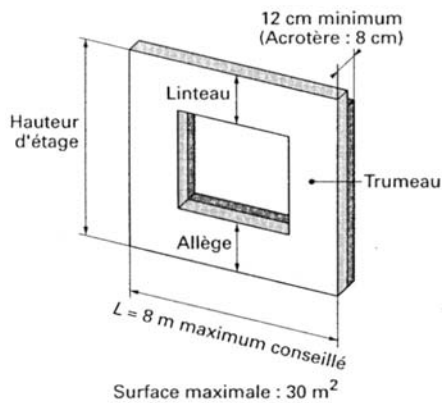
Les différentes familles de produits

On distingue quatre grandes familles de produits caractérisés par leur constitution interne.

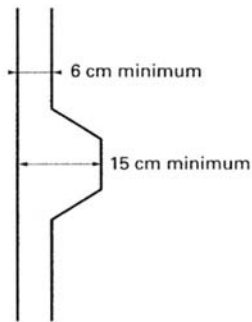
a) Panneaux pleins

Ce sont des éléments armés pouvant être réalisés à partir de bétons de nature différente :

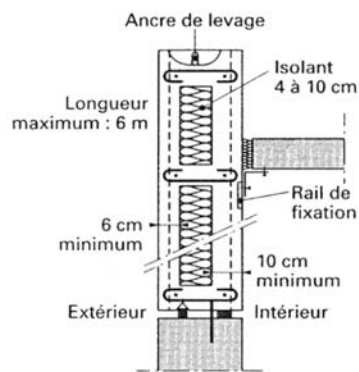
- béton de granulats légers (argile expansée, copeaux de bois...)
- béton courant ;
- béton cellulaire.



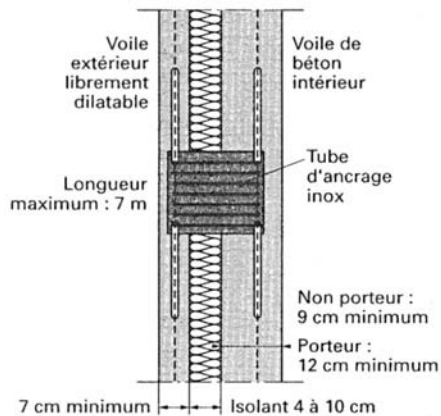
(a) panneau plein



(b) panneau nervuré (section)



(c) panneau sandwich à voiles solidaires



(d) panneau sandwich à voile extérieure librement dilatable (VELD)

Les différentes familles de produits préfabriqués de façade

- composite ciment verre (CCV) ou mortier de fibres métalliques pour constituer des éléments minces d'habillage (10 à 20 mm).

L'épaisseur d'enrobage des armatures peut varier de 2 à 5 cm selon l'exposition des éléments.

Les panneaux peuvent être réalisés à l'aide de deux types de béton : un béton de parement complété par un béton de masse gris solidaire du premier.

b) Panneaux nervurés

Ils sont constitués d'un voile d'épaisseur 6 cm minimum relié à un réseau de nervures jouant le rôle de raidisseurs. Cette solution permet de diminuer le poids des panneaux et de faciliter en conséquence le transport et la mise en œuvre.

c) Panneaux sandwichs à voiles solidaires

Ils renferment un élément léger utilisé souvent comme isolant thermique. Les voiles sont solidarisés par des nervures armées ou des plots en béton.

Les nervures peuvent également être remplacées par une armature métallique formant treillis, suffisamment rigide pour assurer la cohésion d'ensemble du panneau. Ce type de panneau peut également être réalisé en CCV avec une double peau à isolation intégrée. Cette dernière solution est intéressante car elle réduit de manière importante les ponts thermiques régnant au droit des nervures.

d) Panneaux sandwichs à voile extérieur librement dilatable

Ils comportent un dispositif d'accrochage ponctuel du voile extérieur sur le voile intérieur. Ce dispositif est complété par un ensemble d'épingles de stabilisation uniformément réparties dans le voile. L'épaisseur minimale du voile extérieur est de 7 cm. L'épaisseur du voile intérieur peut être de 9 cm en cas de murs non porteurs et de 12 cm dans le cas d'éléments porteurs.

Leur grand intérêt est de pouvoir supprimer les ponts thermiques au niveau de la façade et de proposer optionnellement une paroi interne porteuse.

Fonctions mécaniques offertes

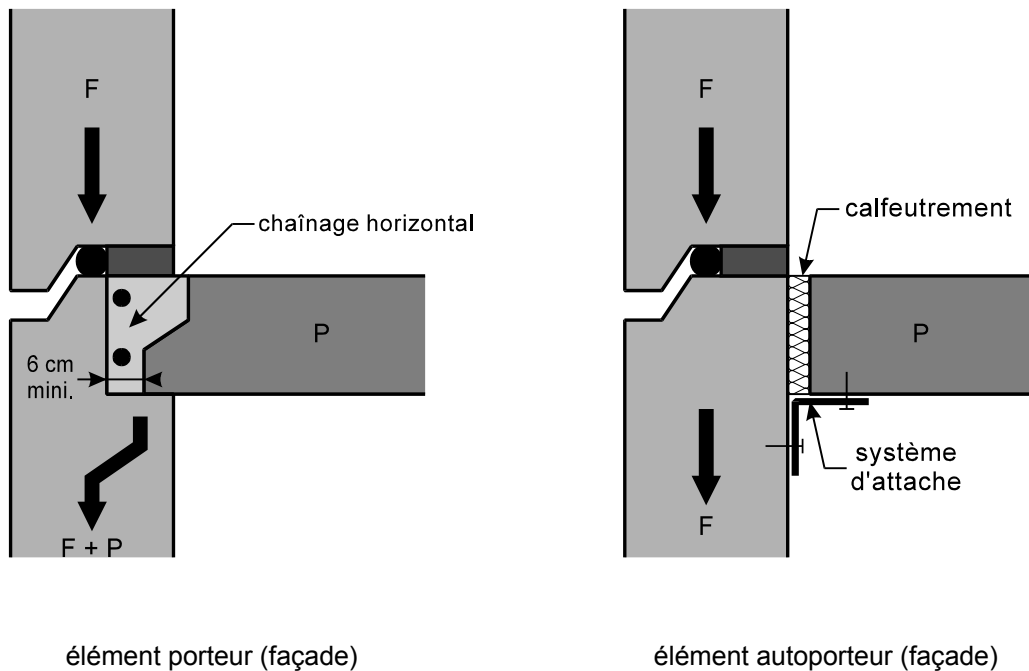
Vis-à-vis de la fonction mécanique offerte, ces panneaux peuvent être :

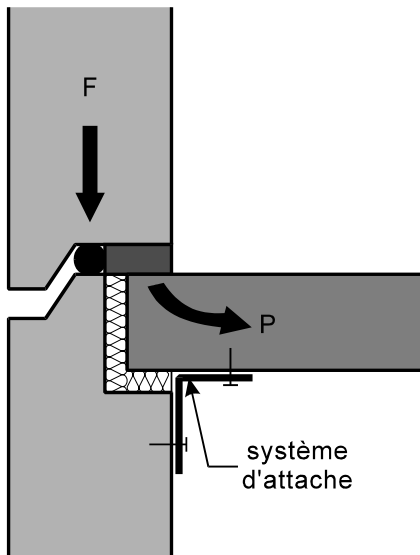
- porteurs :
ils supportent alors, en plus de leur poids propre, les charges verticales d'exploitation venant des planchers ainsi que les charges horizontales (exemples : vent, poussée des terres) ;
- autoporteurs :
ils reprennent leur poids propre et les charges horizontales ;
- portés ou suspendus :
leur poids propre est alors supporté par la structure.

En construction, les entreprises utilisent actuellement de plus en plus des éléments autoporteurs, portés ou suspendus car ils permettent de séparer le cycle de réalisation de la façade de celui du gros œuvre.

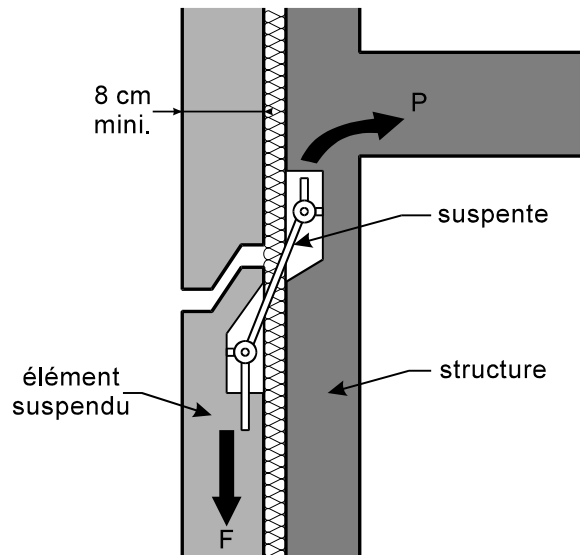
La souplesse de production est ainsi améliorée et les façades peuvent être mises en œuvre en fin de chantier, ce qui permet d'éviter des dégradations accidentelles ou des salissures au niveau des parements.

4 fonctions mécaniques possibles





élément porté (façade)



élément suspendu (façade)

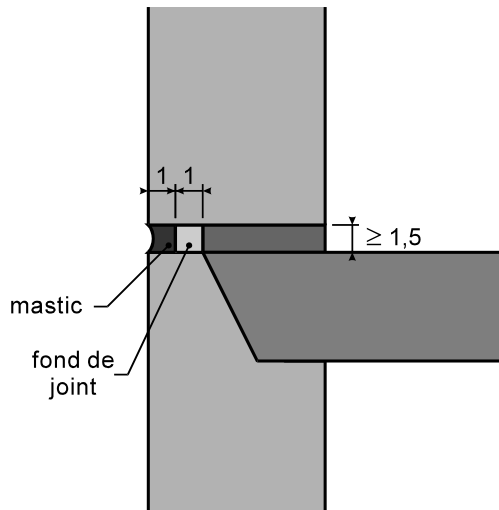
Caractéristiques principales

Ils peuvent assurer un grand nombre de fonctions permettant de répondre à l'ensemble des exigences essentielles :

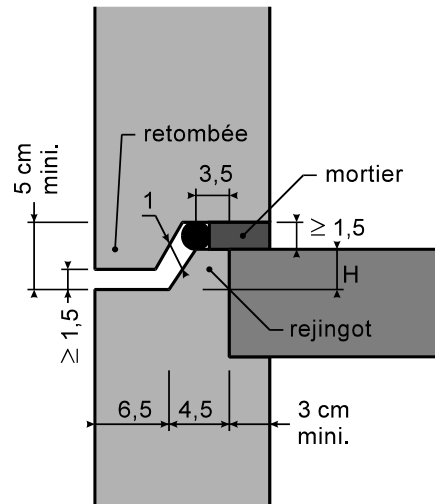
- résistance mécanique et stabilité ;
- tenue au séisme ;
- sécurité en cas d'incendie ;
- étanchéité à l'air et à l'eau, selon les types de joints adoptés ; (voir schémas ci-après)
- isolation thermique ;
- isolation acoustique ;
- aspect (gravillons lavés, bouchardé, sablé, poli..) ;
- durabilité.

4 exemples de joints d'étanchéité

a) Joints d'étanchéité horizontaux



joint horizontal simple (exposition favorable)



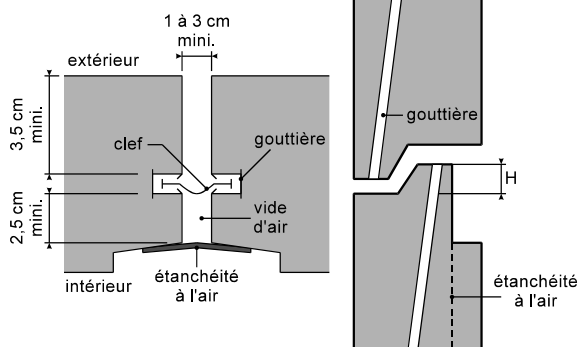
situation	H
abritée	4 à 5 cm
normale	6 à 7 cm
très exposée	8 à 10 cm

joint à retombée et rejingot

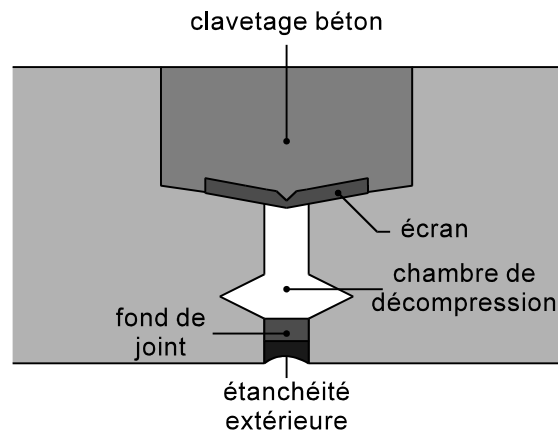
b) Joints d'étanchéité verticaux

coupe horizontale

coupe verticale



joint à glissière et languette



écran pare-pluie et chambre de décompression

Exigences normatives

Le DTU 22.1 "Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire" précise les règles de conception applicables pour assurer le bon comportement de ces éléments à l'usage envisagé.

Le cahier des charges FIB « Eléments architecturaux en béton fabriqués en usine » définit une terminologie d'état de surface, des caractéristiques communes aux éléments destinés au bâtiment et au génie civil ainsi que les niveaux d'exigences. Il ne vise pas la conception et la mise en œuvre.

Certification de produits

Les caractéristiques techniques garanties à la livraison sont précisées dans le cahier des charges FIB Éléments architecturaux. Ce document constitue le référentiel technique pour l'attribution de la certification produits QualiF-IB dont la gestion est confiée au CERIB par la FIB.

La liste des producteurs certifiés se trouve sur le site web www.cerib.com

Normalisation européenne

Le groupe de travail CEN TC 229/WG1/ TG 8 est mandaté pour rédiger le futur texte normatif européen. Ce document est actuellement soumis à l'enquête CEN.

**EXTRAITS DU CAHIER DES CHARGES DES ELEMENTS ARCHITECTURAUX
EN BETON FABRIQUES EN USINE (septembre 1996) - éditeur FIB**

Aspect de surface

Il est caractérisé par la désignation de la référence et la définition du niveau de qualité (régularité teinte et texture).

♦ **Désignation de la référence**

Il s'agit d'un échantillon de l'ordre de 1 m x 1 m, voire un élément témoin. La formalisation de l'accord fait l'objet d'un procès verbal d'acceptation signé par les parties concernées. Le procès verbal mentionne également, en regard du nuancier choisi, le niveau de teinte moyenne correspondant à l'échantillon témoin.

Commentaires :

- * Chaque nuancier se présente sous une forme identique. L'échelle centrale verticale comporte 5 niveaux de teinte moyenne avec, de part et d'autre à l'horizontale, la tolérance correspondant au niveau de qualité.
- * Le principe du nuancier est basé sur l'échelle des gris en sept degrés élaborée en 1974 par le CIB (rapport n° 24 du Conseil International du Bâtiment), et reprise depuis par le fascicule de documentation AFNOR P18-503. Les 5 niveaux de teinte moyenne des nuanciers correspondent respectivement aux degrés 2, 3, 4, 5 et 6 de l'échelle CIB et la tolérance à ± 1 degré.

♦ **Définition du niveau de qualité**

Il est spécifié par deux critères : la teinte « T » et la texture d'épiderme « E ».

Teinte*

Le niveau de qualité (homogénéité) de la teinte « T » est défini par un chiffre qui caractérise les écarts admis par rapport à la teinte moyenne, respectivement entre deux zones adjacentes et entre deux zones éloignées (éléments non contigus).

Texture

Le niveau de qualité de la texture d'épiderme « E » est défini par un chiffre qui caractérise le bullage admissible respectivement sur l'ensemble de la surface examinée (bullage moyen) et en zones concentrées (nuages de bulles).

* Contrôle des teintes réalisable à l'aide de l'outil de visualisation du CERIB (1)

Extraits du cahier des charges FIB Éléments architecturaux en béton

(1) fournisseur CERIB : BP 59 – 28231 EPERNON Cedex - tel : 02.37.18.48.00 – fax : 02.37.83.67.39

Dimensions

Classe A : exigence élevée Classe B : exigence courante	CLASSE A	CLASSE B
Epaisseur	± 2 mm	± 4 mm
Planéité (flèche) Face vue : règle de 2 m règle de 0,2 m (local) Face non vue : règle de 2 m	≤ 5 mm ^(*) ≤ 2 mm ^(*)	≤ 10 mm ≤ 4 mm
Gauchissement h = hauteur de l'élément en mm	$\sqrt{h} \times \frac{1}{12}$ mm	$\sqrt{h} \times \frac{1}{6}$ mm
Longueur, largeur, autres dimensions Pour les dimensions jusqu'à 5 m Pour la partie au delà de 5 m et jusqu'à 12 m Tolérance maximale admise quelle que soit la dimension	± 1 mm/m $\pm 0,5$ mm/m ± 8 mm	± 2 mm/m ± 1 mm/m ± 16 mm
Orthogonalité Limite de la différence entre diagonales Pour les dimensions jusqu'à 5 m Pour la partie au delà de 5 m et jusqu'à 12 m Tolérance maximale admise quelque soit la dimension Dans le cas de pièces non rectangulaires, par analogie, la commande pourra préciser la mesure de l'écart entre diagonales théoriques et diagonales mesurées comme mode d'appréciation de l'angularité.	$1,5$ mm/m $0,75$ mm/m 12 mm	3 mm/m $1,50$ mm/m 24 mm
Rectitude des arêtes (des éléments et des ouvertures)	≤ 4 mm	
Angles et arêtes vus Les arêtes d'abouts doivent être nettes et ne pas présenter de discontinuité excédant 50 mm. Les arêtes des angles doivent être bien formées et ne pas présenter d'écornure supérieure à 10 mm.		
Incorporation inserts Sauf précision particulière indiquée sur les plans ou dans les conditions spécifiques des fournisseurs de ces inserts contractuels de fabrication, la tolérance relative à la position de ces éléments est de ± 10 mm.		
Baies pour menuiseries rapportées Sauf précision particulière indiquée sur les plans, la tolérance relative à la position des ouvertures est de ± 5 mm par rapport à la côte théorique.		

Durabilité

- ◆ Enrobage des armatures : minimal 25 mm pour toute surface extérieure ou exposée aux intempéries, minimal 20 mm pour toutes autres parties.
- ◆ Résistance mécanique : à 28 jours et sauf spécification supérieure précisée à la commande, le béton constitutif doit présenter une résistance caractéristique de 30 MPa au fractile 0,05.
- ◆ Absorption d'eau par remontée capillaire : Le coefficient d'absorption d'eau par remontée capillaire du béton de granulats courants doit présenter à 28 jours pour les bétons de masse et de parement une valeur au plus égale à 3, aucun résultat individuel n'excédant 3,5.
- ◆ Plasticité : Sauf utilisation d'adjuvants, la plasticité du béton frais doit être telle que son affaissement au cône d'Abrams mesuré selon la norme NF P18-451 (voir norme européenne NF EN 12390) soit inférieur ou égal à 10 cm.
- ◆ Essais complémentaires pour environnement agressif.

Extraits du cahier des charges FIB Éléments architecturaux en béton (suite)

Résistance au gel-dégel

Il est défini quatre classes de résistance au gel correspondant aux types d'environnement (gel pur, gel + sels de déverglaçage) auxquelles les éléments, notamment ceux destinés à la réalisation d'infrastructures routières, peuvent être exposés :

désignation de la classe de résistance	Types d'environnement correspondants(1)		Essais et spécifications	Classes d'exposition correspondantes		
	nature de gel	type de salage		fascicule 65A	EN 206-1	EN 13369
Gs + S (2)	gel sévère	très fréquent (> 30 j/an)	Essai de gel selon P 18-424 et essai d'écaillage selon P 18-420 : <ul style="list-style-type: none"> • allongement relatif $\leq 500 \mu\text{m/m}$ et rapport des carrés des fréquences de résonance ≥ 60 (mesuré selon NF P 18-414) ; • écaillage $\leq 750 \text{ g/m}^2$. 	EC2 ED2	XF4	E
		fréquent (10 à 29 j/an)		ED2		
Gs		peu fréquent (< 10 j/an)	Essai de gel selon P 18-424 : <ul style="list-style-type: none"> • allongement relatif $\leq 500 \mu\text{m/m}$ et rapport des carrés des fréquences de résonance ≥ 60 (mesurés selon NF P 18-414). 	EA2 EB2	XF3	D
Gm + S (2)	gel modéré	très fréquent (> 30 j/an)	Essai de gel selon P 18-425 et essais d'écaillage selon P 18-420 : <ul style="list-style-type: none"> • allongement relatif $\leq 500 \mu\text{m/m}$ et rapport des carrés des fréquences de résonance ≥ 60 (mesuré selon NF P 18-414) ; • écaillage $\leq 750 \text{ g/m}^2$. 	EC2 ED2	XF4	E
		fréquent (10 à 29 j/an)				
Gm		Peu fréquent (< 10 j/an)		EA1 EB1	XF1	C

- (1) Les types d'environnement sont ceux du fascicule 65A du CCTG, qui définit :
- trois natures de gel : gel sévère (plus de 10 jours /an à $T < - 10 \text{ }^\circ\text{C}$) – gel faible (au plus 2 jours/an à $T < - 5 \text{ }^\circ\text{C}$) – gel modéré (entre gel sévère et gel faible).
 - deux types de salage : très fréquent (plus de 30 jours/an) – fréquent (moins de 30 jours/an).
- (2) Une classe exceptionnelle « S_S » correspondant à une valeur d'écaillage $\leq 200 \text{ g/m}^2$ peut être requise pour des éléments de génie civil destinés à être vus de près (< 3,0 m) et dont les qualités esthétiques sont particulièrement importantes pour l'ouvrage dans lequel ils sont incorporés.
- (3) La spécification d'absorption d'eau ≤ 3 n'est pas requise pour les bétons avec entraîneur d'air.

Ouvrages (réglementation et normalisation)

Les textes à appliquer en fonction des différents critères exigenciels sont précisés ci-après.

Résistance mécanique et stabilité

- NF P 06-001 "Charges d'exploitation".
- NF P 06-004 "Poids propre des éléments et autres charges permanentes".
- DTU 22-1 "Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire".
- P 05-321 "Présentation des performances des façades construites avec des composants de même origine".
- P 08-302 "Murs extérieurs des bâtiments - Résistance aux chocs - Méthodes d'essais et critères".
- P 08-321 "Façades construites avec des composants - Essais de résistance aux chocs".
- P 08-322 "Façades construites avec des composants - Essais de résistance aux pressions et dépressions statiques engendrées par le vent".
- "Prescriptions techniques communes aux procédés de mur ou de gros œuvre" (mai 1987) du GS n° 1.(GS1 : Groupe Spécialisé n° 1 chargé de formuler les Avis Techniques «préfabrication lourde», secrétariat : CSTB).
- Règles UEATC relative aux procédés de construction par grands panneaux lourds préfabriqués (juin 1966).
- Règles BAEL 91 modifiées 99 (DTU P 18-702) "Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé, suivant la méthode des états limites".
- Règles NV 65 (DTU P 06-002) "Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions".

Tenue aux séismes

- Règles PS 92 (NF P 06-013) "Règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments".
- Règles PSMI (NF P 06-014) "Règles de construction parasismiques des maisons individuelles et des bâtiments assimilés".

Sécurité en cas d'incendie

- Arrêté du 25 juin 1980 modifié : réglementation applicable aux établissements recevant du public (ERP).
- Instruction technique n° 249 modifiée du 21 juin 1982 relative aux façades.
- Articles R 235-4-8 et R 235-4-15 du code du travail.
- Arrêté du 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 19 décembre 1988 : réglementation applicable aux bâtiments d'habitation.
- Arrêté du 18 octobre 1977 : réglementation applicable aux immeubles de grande hauteur (IGH).

Isolation thermique

- Décret et Arrêté du 29 novembre 2000 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment.
- Règles Th-U relatives au calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction.

Isolation acoustique

- Les Arrêtés du 28 octobre 1994 : nouvelle réglementation acoustique pour les bâtiments d'habitation (NRA).
- Arrêté du 30 mai 1996 : modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et isolements acoustiques des bâtiments d'habitation affectés par le bruit.
- Exigences QUALITEL vis-à-vis du confort acoustique des bâtiments d'habitation.
- Arrêté du 9 janvier 1995 : réglementation acoustique applicable aux établissements d'enseignement.

Étanchéité à l'air et à l'eau

- DTU 22.1.
- Prescriptions techniques communes du GS1.

Exécution

- DTU 22.1.
- Fascicules 65, 65A, 65B du CCTG : exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint.

Aspect de surface

- Fascicule de documentation P 18 503.
- Fascicule 65A du CCTG.
- Cahier des charges FIB Éléments architecturaux.

Durabilité

- DTU 22.1.
- Règles UEATC relatives aux procédés de construction de grands panneaux lourds préfabriqués.
- Règles BAEL 91.
- Fascicule 65A du CCTG.
- Cahier des charges FIB relatif aux éléments architecturaux en béton fabriqué en usine.

Nota : le guide pour l'utilisation d'éléments en béton architectonique dans les projets d'architecture (collection Technique CIMBETON, référence B62) rassemble toutes les données concernant cette famille de produits.

Produits complémentaires

Associés à ces éléments, on peut trouver tout un ensemble de produits appelés éléments d'habillage et de décoration.

Ils permettent d'assurer une finition complémentaire en façade.

On trouve notamment :

- bardages, vêtements ;
- bandeaux applicables au droit d'un joint ;
- éléments de corniches, génoises ;
- balustrades, garde-corps ;
- dalles de balcons, loggias ;
- cellules tridimensionnelles.

Une autre technologie d'éléments utilisant des plaques de parement en béton architectonique de faible épaisseur (30 mm environ) peut également être employée pour les éléments de façade.

Ces éléments sont fixés individuellement à la structure du bâtiment à l'aide de pattes de fixation et goupilles de liaison.