

LE BETON ARCHITECTONIQUE

LE BETON ARCHITECTONIQUE

GUIDE POUR ARCHITECTES ET PRESCRIPTEURS

L'architecture est un art vivant en perpétuel changement sous l'influence de plusieurs facteurs dont les développements technologiques, les tendances sociétales, les traditions, et la culture. Le « Béton architectonique » préfabriqué y apporte sa « pierre » au sens propre comme au figuré.

L'utilisation du béton comme matériau de construction présentant une dimension esthétique a été réintroduit dans les années 1920 par le célèbre architecte Le Corbusier. La chapelle de Ronchamps en France en est un exemple marquant. Le Corbusier n'était pas seulement attiré par les caractéristiques structurelles, mais également par l'aspect brut du béton coulé en place. D'ailleurs, ce style portait le nom de « Brutalisme ». Bien que l'architecture de Le Corbusier suscite toujours l'admiration, l'association de l'esthétique et du béton a bien changé depuis. La rugosité n'est plus ressentie comme une expression mais plutôt comme une imperfection.

Cette publication entend donner au concepteur et au prescripteur les informations fondamentales sur les possibilités et les applications du béton architectonique. De même, elle tente d'encourager l'émergence d'idées empreintes des innombrables possibilités qu'il offre.

www.febelarch.be

FEBE ARCH



Le béton architectonique

Possibilités et utilisations du béton architectonique



La FEBE est l'union professionnelle reconnue des fabricants de produits préfabriqués en béton. L'industrie belge du béton fabrique un large éventail d'éléments préfabriqués pour la construction, depuis les plus simples produits non armés comme les blocs en maçonnerie ou les pavés aux plus grands éléments de structure comme les poutres de pont. À côté de la promotion des produits en béton préfabriqué, la FEBE s'attelle à faire entendre le point de vue de l'industrie du béton préfabriqué sur les plans technique, social, économique et juridique.

www.febe.be

FEBELARCH regroupe au sein de la FEBE les fabricants d'éléments en béton architectonique. Les membres de FEBELARCH travaillent ensemble à l'étude et la mise au point de caractéristiques techniques, la certification de la qualité (BENOR) et la mise en valeur des possibilités d'application et des prescriptions des éléments de haute qualité en béton architectonique.

www.febelarch.be

Reproduction autorisée sous réserve de mention de la source.

D/2010/9748/02

CRÉATION, IMPRESSION, FAÇONNAGE

Lannoo, Tielt

www.lannooprint.be

ÉDITEUR RESPONSABLE

E. Dano

Bd du Souverain, 68 – 1170 Bruxelles

TABLE DES MATIÈRES

Préface	5
Chapitre 1 : Le béton comme matériau d'expression	7
Le béton comme matériau de structure	9
Le béton comme instrument d'expression architecturale	12
Chapitre 2 : Mise en œuvre du béton architectonique	25
Le béton architectonique porteur coulé en place	27
Le béton architectonique porteur préfabriqué	28
Le béton architectonique non porteur préfabriqué	30
Quelle mise en œuvre choisir ?	31
Organisation	32
Chapitre 3 : Principaux types d'éléments en béton architectonique	35
Panneaux de revêtement	37
Éléments de structure	47
Éléments pour balcon	48
Corniches	51
Escaliers	53
Petits éléments décoratifs de façade + balustrades	56
Éléments pour le génie civil	59
Mobilier urbain	62
Chapitre 4 : Qualité, certification et BENOR	65
Marquage CE	67
Qualité	69
Certification	69
Certification des produits comme base de la marque BENOR	71
La marque de conformité BENOR	71
Contrôle	71
Références – Spécifications techniques	72

Chapitre 5 : Durabilité et entretien	75
Introduction	77
Apparence du béton architectonique	79
Salissure de la surface du béton architectonique	85
Chapitre 6 : Exemples de réalisations	89
Hôpital AZ Groeninge	91
Construction d'une villa	93
Place du Phare à Knokke	95
Collège Van der Meij	99
Béton graphique à Louvain	101
Annexes	103
Cahier général des charges	105
Modèle de check-list pour l'entrepreneur	116
Bibliographie	118
Liste des fabricants	119

L'architecture est un art vivant en perpétuel changement sous l'influence de plusieurs facteurs dont les développements technologiques, les tendances sociétales, les traditions, et la culture. Le « Béton architectonique » préfabriqué y apporte sa « pierre » au sens propre comme au figuré.

L'utilisation du béton comme matériau de construction présentant une dimension esthétique a été réintroduit dans les années 1920 par le célèbre architecte Le Corbusier. La chapelle de Ronchamps en France en est un exemple marquant. Le Corbusier n'était pas seulement attiré par les caractéristiques structurelles, mais également par l'aspect brut du béton coulé en place. D'ailleurs, ce style portait le nom de « Brutalisme ». Bien que l'architecture de Le Corbusier suscite toujours l'admiration, l'association de l'esthétique et du béton a bien changé depuis. La rugosité n'est plus ressentie comme une expression mais plutôt comme une imperfection.

Le béton ne doit pas nécessairement être gris et rugueux. Depuis les années soixante, l'industrie du béton préfabriqué a développé des techniques pour affiner l'apparence du béton, ce qui d'ailleurs lui a valu le nom significatif de « béton architectonique ». Depuis toujours, la Belgique a été un précurseur dans ce domaine. Aujourd'hui, le secteur poursuit ses développements et l'industrie de la préfabrication est toujours dominante en Europe, avec de nombreuses réalisations en Belgique et dans les pays limitrophes.



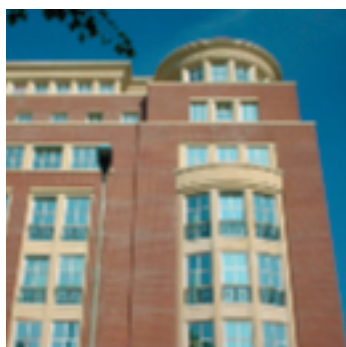
'One Coleman street' – arch. David Walker

Le terme « béton architectural » est utilisé par l'industrie de la préfabrication pour un ensemble d'éléments dont la forme, la finition, la couleur, la texture et l'excellente qualité apportent une contribution essentielle à l'architecture de la façade ou à toute autre construction. La caractéristique principale du béton architectural réside dans ses possibilités quasi illimitées en matière de style, de couleur et de surface. Les applications sont légion : de la reproduction de façades classiques avec ornements de style Renaissance aux plus audacieux bâtiments futuristes. La seule limite est celle que s'impose le concepteur. De plus, le béton architectural est un matériau qui permet de combiner une architecture attrayante avec d'autres fonctions constructives et physiques. Il est utilisé pour les façades de tous types de bâtiments, qui se distinguent par leur apparence prestigieuse et pleine de caractère. Les éléments sont également utilisés à l'intérieur des bâtiments pour toutes sortes de fonctions constructives et décoratives.

L'apparence du béton architectural a bien évolué ces dernières années. Dans sa première période, autour des années soixante, l'accent était mis sur la visualisation de la structure interne du béton. Celui-ci était rendu apparent par lavage, gommage, bouchardage et bien d'autres techniques encore et, dans la plupart des cas, embelli par l'utilisation de ciment blanc et de granulats décoratifs.

Cependant, l'intérêt de la société moderne pour un environnement plus esthétique et plus harmonieux n'a cessé de croître. Ceci a profondément influencé l'architecture des bâtiments et des matériaux de façade. Les panneaux de façade uniformes et lisses de jadis ont été remplacés par des formes beaucoup plus variées, ce qui a remis en valeur les matériaux de façades naturels et classiques. Le béton architectural s'inscrit dans cette tendance. Au lieu de montrer la structure interne du béton comme par le passé, aujourd'hui, des textures de surface qui ressemblent aux matériaux naturels et traditionnels sont utilisées : finitions en pierre naturelle, béton poli, revêtements en brique et en pierre naturelle, etc. En outre, les nouvelles techniques de moulage ont élargi les possibilités en matière de forme, surtout pour les motifs et ornements complexes. Ici aussi, l'industrie du béton est devenue plus flexible. Il y a quelques années, il fallait au moins vingt à trente éléments pour que la série soit économiquement intéressante, alors qu'aujourd'hui, il est relativement facile de produire des séries plus limitées. Les dernières évolutions sont d'ordre technologique avec, entre autres, l'introduction du béton autocompactant.

Cette publication entend donner au concepteur et au prescripteur les informations fondamentales sur les possibilités et les applications du béton architectural. De même, elle tente d'encourager l'émergence d'idées empreintes des innombrables possibilités qu'il offre.



Le béton comme matériau d'expression

1.1 Le béton comme matériau de structure

- 1.1.1 Une histoire séculaire
- 1.1.2 Composition du béton
- 1.1.3 Caractéristiques physiques et mécaniques du béton

1.2 Le béton comme instrument d'expression architecturale

- 1.2.1 Forme des éléments
- 1.2.2 Structure de surface
- 1.2.3 Couleurs
- 1.2.4 Aspects de surface (texture)
- 1.2.5 Exemples d'aspects de surface
- 1.2.6 Combinaison avec d'autres matériaux
- 1.2.7 Coûts déterminants



1. Le béton comme matériau d'expression

1.1 Le béton comme matériau de structure

Les constructions sont soumises à de nombreuses exigences et obligations. En tant que matériau de construction, le béton est à même de répondre à toutes ces demandes :

- il est mécaniquement très stable
- il est imperméable
- il est résistant au feu
- il est un isolant acoustique
- il est thermiquement inerte
- il est extrêmement durable
- il est écologique

Le béton est le résultat d'un mélange de minéraux solides (ciment blanc ou gris, gravillons, sable, pigments de couleur), d'eau et d'adjuvants. Cette combinaison donne au béton frais une grande plasticité et au produit final les caractéristiques physico-chimiques recherchées.

Diverses qualités spécifiques font du béton un matériau adapté à la conception d'éléments préfabriqués.

- Mise en œuvre facile : toutes les formes et dimensions sont possibles et le béton peut également servir à la fabrication de détails de pièces de revêtement.
- Souplesse esthétique : la gamme des composantes, des compositions, des formes de coffrage et des traitements de surface d'application pour le béton est inépuisable.
- Durabilité : le béton résiste aux intempéries.
- Coût avantageux : le prix du béton dépend des performances recherchées.

Pour l'utilisateur qui accorde le produit à ses besoins, le béton est un des matériaux le moins cher du marché.

1.1.1 Une histoire séculaire

Le béton a une histoire séculaire. Des représentations de la fabrication et de l'utilisation du béton existaient déjà sur des peintures murales réalisées deux mille ans avant J.C. à Thèbes. Les Égyptiens et Babyloniens étaient déjà capables de fabriquer des arcades et des voûtes en béton.

Les Romains aussi connaissaient le béton. Ils l'utilisaient pour des constructions qui devaient disposer d'une grande résistance à la compression, telles des coupes (le Panthéon), des aqueducs et des viaducs. Avec du ciment naturel comme base, ils utilisaient également le béton comme matériau de remplissage entre les pierres maçonnées.



Le Panthéon

Après l'époque romaine, le béton est tombé en désuétude. Il n'a réapparu qu'au début du 19^{ème} siècle. En 1824, l'Anglais Aspdin a découvert une méthode de fabrication artificielle de ciment portland, qui rendait possible la réalisation en béton plutôt qu'en maçonnerie coûteuse de constructions telles que des murs de quais, des jetées et des sols.

Il a toutefois effectué sa percée définitive grâce à l'invention du béton armé, dans la deuxième moitié du 19^{ème} siècle. A partir de ce moment, les forces de traction dans le béton étaient absorbées par l'armature. Le béton ne dispose en effet que d'une résistance réduite à la traction. L'acier, par contre, offre une très bonne résistance aux forces de traction. De plus, l'acier se dilate de la même façon que le béton, permet une excellente adhésion au béton et est protégé par le béton de la formation de rouille.

Il restait toutefois le problème de petites fissures dans le béton avant que l'acier ne puisse absorber les forces de traction. Dans certains cas, cela pouvait avoir des conséquences très néfastes sur l'apparence et sur la durabilité de la construction. Ce problème fut résolu par l'introduction du béton précontraint. En donnant à l'armature d'acier une précontrainte, le béton est soumis à une compression avant la sollicitation. Ceci permet d'empêcher les effets de traction dans le béton après sollicitation, et donc l'apparition de fissures. Pour la fabrication de béton précontraint, les fabricants utilisent de l'acier à hautes performances.

Le béton évolue constamment. Comme par exemple pour le béton autocompactant, qui grâce à une composition spéciale, ne doit plus être compacté. Cette technologie vient du Japon, et a continué son développement. Une autre évolution est l'utilisation du ciment photocatalytique qui permet de réaliser du béton plus facile d'entretien et ayant des propriétés assainissantes. De même, l'amélioration constante des compositions de béton permet d'obtenir des résistances toujours plus élevées. La durabilité en est elle aussi améliorée.

1.1.2. Composition du béton

La composition du béton dépend de la forme recherchée et des traitements de surface. Il faut aussi tenir compte de la façon dont le béton sera utilisé.

Béton autocompactant





Balcons en béton architectonique



Résidence De Corner, Knokke – balcons et éléments en béton architectonique – combinaison de béton lisse et de béton lavé

Les ciments utilisés peuvent être blancs ou gris. Le choix dépend de la teinte et de l'aspect de finition recherché, des granulats et pigments utilisés et des conditions environnementales auxquelles les éléments préfabriqués seront exposés. Le ciment est conforme à la NBN EN 206-1 et à la NBN B15-001.

Les granulats sont conformes à la NBN EN 206-1 et à la NBN B15-001 et aux prescriptions s'y rapportant du PTV 411. Le choix de leurs caractéristiques (aspect roulé ou cassé, teinte, dimensions) est déterminé par les aspects mécaniques, physico-chimiques et esthétiques.

Pour les types de béton poli, les granulats doivent disposer d'une texture et d'une porosité en fonction du type de traitement (mat ou brillant) :

- Granulats tendres (calcaires moyens et certains marbres) pour un polissage mat,
- Granulats mi-durs (calcaires durs, marbres, granites, rhyolites) pour un polissage mat ou brillant,
- Granulats durs (feldspaths, basaltes) offrant une excellente résistance aux conditions atmosphériques difficiles.

L'eau de gâchage est conforme à la norme NBN EN 206-1 et à la NBN B15-001. Elle n'est pas polluée et contient une quantité limitée de sel dissous.

Les adjuvants intégrés au béton (plastifiants, entraîneurs d'air, hydrofuges, accélérateurs de prise, etc.) permettent un traitement plus aisé et de meilleure qualité, et éventuellement une durabilité accrue. Les adjuvants doivent être conformes à la norme NBN EN 206-1 et à la NBN B15-001. Les hydrofuges garantissent, outre bien sûr l'imperméabilité, des teintes plus stables à long terme.

Les pigments de coloration sont des oxydes de métal naturels ou synthétiques assurant une grande stabilité de couleur à long terme.

1.1.3. Caractéristiques physiques et mécaniques du béton

Les caractéristiques physiques et mécaniques du béton proviennent principalement de sa composition (composants et dosage) et des techniques de fabrication appliquées (compactage, vibration, cure).

Caractéristiques principales des types de béton composés de granulats courants :

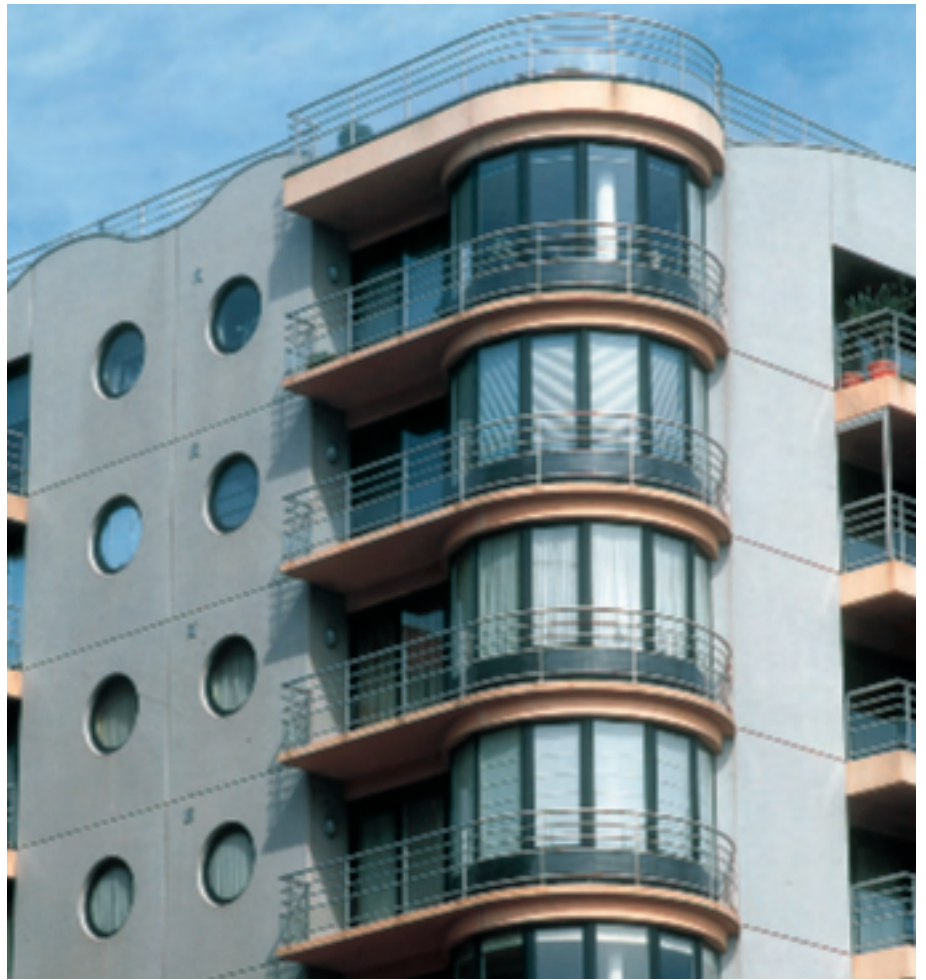
- Masse volumique : 2300 à 2500 kg/m³
- Résistance à la compression à 28 jours : 30 à 80 N/mm²
- Résistance à la compression avant 28 jours : déterminée selon une courbe définie par essai pour les différents types de ciment
- Résistance à la traction : environ 1/10^e de la résistance à la compression

1.2 Le béton comme instrument d'expression architecturale

Pour les revêtements de façade, le béton architectural offre une palette de styles, de couleurs et de textures inégalée. Les possibilités du béton architectural sont légion : que ce soit la restauration de façades classiques ou la construction d'un bâtiment futuriste, le concepteur se heurtera plutôt aux limites de sa créativité qu'à celles du béton architectural.

'Origin' béton architectural préfabriqué teinté bleu – arch. Beekink & Molenaar





Résidence Astrid à Blanckenberge – balcons et panneaux de façade en béton architectonique – combinaison de béton lavé beige et gris clair

Le béton architectonique est également utilisé dans des applications décoratives intérieures, telles que des colonnes spéciales, des parois, des éléments de série et le revêtement de noyaux.

Le succès esthétique et économique du béton architectonique préfabriqué dépend en grande partie du savoir-faire du concepteur. Assurément, il doit maîtriser les caractéristiques techniques de ce matériau de même que les possibilités de production et de montage.

1.2.1 Forme des éléments

Les esquisses de l'architecte et les études techniques constituent la base des formes des éléments. Le coffrage et le décoffrage de la forme générale doivent s'effectuer aisément. Pour le coffrage des éléments, différents matériaux entrent en ligne de compte : acier, bois, plastique, polystyrène expansé, polystyrène coulé, polystyrène pourvu de ciselures, caoutchouc, élastomère. Le choix du matériau dépend du nombre de pièces à fabriquer et de la complexité du produit fini (ex. les détails, la finesse des moulures, etc.).

1.2.2 Structure de surface

Le concepteur désireux de rendre la façade plus vivante peut profiler les éléments. Il peut, par exemple, faire ressortir des petits volumes tels qu'une nervure, ou prévoir des évidements au centre des panneaux. Ces profilages créent un jeu de lumière (dessins et formes géométriques) reproduisant le concept de l'architecte. Certains fournisseurs spécialisés proposent plusieurs profilages dans leurs catalogues, mais ceux-ci sont généralement exécutés sur commande. Un autre type de profilage est obtenu par incorporation. La pose d'éléments décoratifs (des pierres ou des galets) sur le fond du coffrage ou du moule, peut également donner de très beaux résultats.

Lorsque des moules rigides sont utilisés, le profilage doit être tel que l'élément puisse être sorti du moule. Le moule doit pouvoir être « ouvert » ou pourvu de parois de coffrage inclinées permettant le décoffrage. Des moules souples, tels que ceux en élastomère, sont particulièrement appropriés aux formes complexes.

111 Strand, Londres – arch. Squire & Partners, éléments avec insertion de pierre naturelle





University of Edinburgh, arch. F. Browns

1.2.3 Couleurs

Grâce au choix des composants, du dosage et du traitement de surface, le concepteur est en mesure de réaliser une grande variété de couleurs.

La couleur du béton brut de démoulage dépend principalement des composants les plus fins : pigments, ciments, fillers et sables. La couleur du béton traité (surface lavée, désactivée, gommée ou polie) est liée à la couleur des principaux composants tels que le gros sable, le gravier ou les gravillons.

En fonction du type et de la profondeur du traitement, le mortier de fixation visible entre les gros grains peut avoir une influence plus ou moins grande sur l'aspect général de la surface. Afin d'obtenir un résultat homogène, la couleur du mortier peut être harmonisée avec celle des granulats. Inversement, on peut jouer sur le contraste en faisant clairement ressortir la couleur des gravillons par rapport à celle du mortier d'une autre couleur.

Le ciment

Le béton gris peut être plus ou moins clair en fonction de son origine et de sa composition. Le gris du béton brut varie en fonction de la fabrication (taux d'humidité) et des circonstances auxquelles l'élément a été exposé après le décoffrage (cure, stockage). Si nécessaire, l'homogénéité des coloris peut être améliorée grâce à un léger gommage (fin gommage de la surface).

La composition des ciments blancs se rapproche de celle des ciments gris. Ils sont utilisés pour la fabrication de bétons clairs, en se basant d'ordinaire sur des types de sables naturels à couleur claire : beige, ocre ou rose.

Le ciment blanc est composé de matières premières pures, dans lesquelles les oxydes colorants sont strictement limités. Le ciment blanc n'est pas seulement soumis à un contrôle de qualité standard pour ciments, mais aussi à un contrôle de couleur supplémentaire.



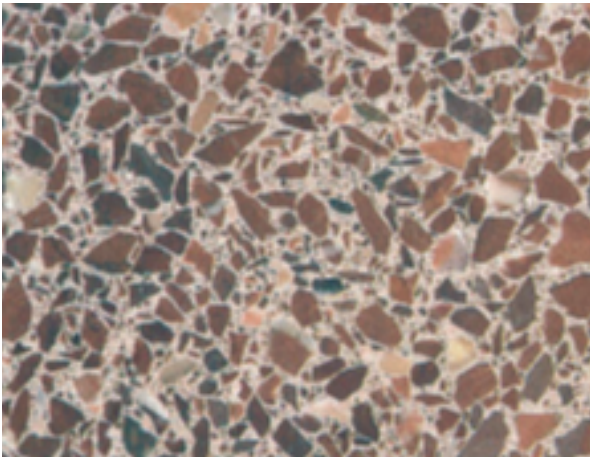
Immeuble de bureaux à Gand, panneaux de façade à base de ciment blanc

Les granulats

L'utilisation de granulats (sable et gravillons) est une évidence, étant donné que ce sont des grains formés par la nature. Le choix proposé est incroyablement grand et en partie encore inexploité.

En matière de sable et gravillons, la diversité des couleurs naturelles est énorme. Grâce au traitement de surface du béton, les teintes peuvent plus ou moins ressortir. Le béton à grains de sable fins peut par exemple être soumis à un gommage ; pour du béton à grains de sable plus gros, le lavage ou le polissage aura une influence sur la couleur.

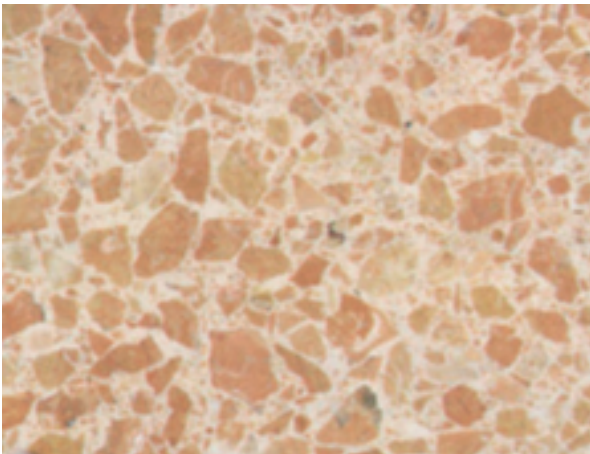
Béton poli brun foncé



Les granulats : sable et marbre concassé



Béton poli ocre



Les granulats : sable et marbre concassé





Large diversité de couleurs et de finitions



Les pigments de coloration offrent un large éventail de possibilités

La combinaison des couleurs

La combinaison des granulats de couleurs différentes ou complémentaires au sein d'une même préparation de béton engendre :

- un effet granit ou tacheté,
- des lignes ou autres effets spéciaux,
- des dessins géométriques suite à la juxtaposition de types de béton de différentes couleurs sur une même surface (coffrage simultané).

Les pigments de coloration

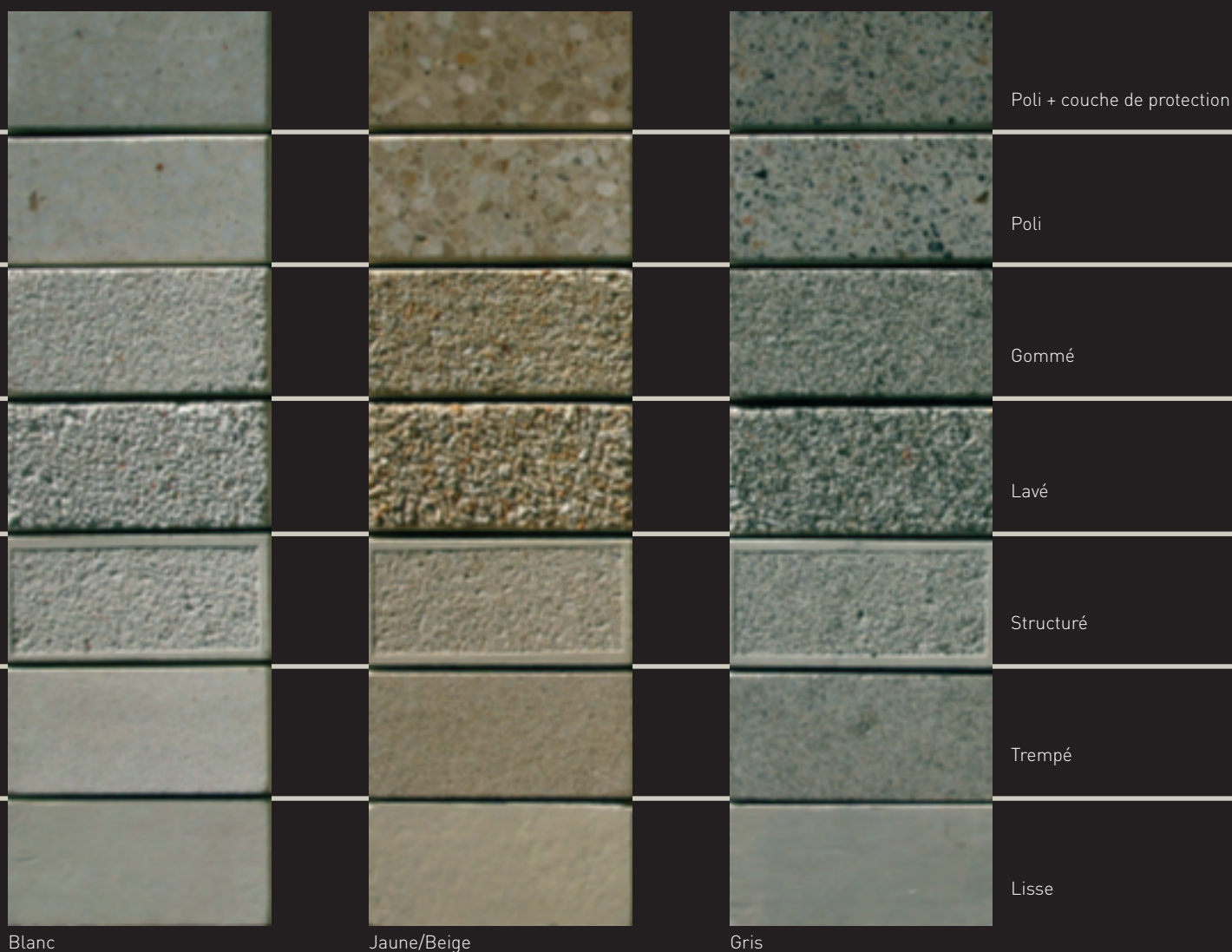
Une autre façon de donner au béton brut ou traité une couleur ou nuance particulière est de faire appel aux pigments de coloration. Ces pigments sont ajoutés en petites quantités au béton (1 à 3 % de la teneur en ciment). Le béton coloré est souvent à base de ciment blanc. Les pigments de coloration sont de préférence combinés avec du sable et des granulats de la même couleur. Ils permettent un large éventail de teintes : jaune, ocre, rouge, brun, brun foncé, noir, vert, bleu, etc. Les pigments de coloration sont quasi indispensables lorsqu'une couleur constante est demandée (par exemple rouge, brun, noir, bleu ou vert). De plus, les pigments de coloration renforcent la couleur des granulats.

Les pigments de coloration peuvent également être utilisés pour améliorer l'homogénéité de la texture du béton à base de ciment gris. Dans ce cas, il est conseillé de faire appel à des pigments minéraux résistants à un environnement alcalin et aux rayons ultraviolets.

L'utilisation de pigments requiert un dosage et un traitement minutieux, ainsi qu'un traitement du béton. Pour cette raison, une utilisation intensive de pigments dans le béton coulé en place n'est pas fréquente.

1.2.4 Aspects de surface (texture)

Outre la couleur, le caractère d'un bâtiment dépend aussi de la texture des éléments. Dans ce domaine aussi, le béton architectonique offre de nombreuses possibilités. Ainsi, par exemple, la différence entre le béton brut et le béton soumis à un traitement après décoffrage. Il est encore possible d'insérer au béton des lamelles de briques, de céramique, de pierre naturelle, etc.



Le choix de la couleur et de la finition de la surface du béton architectonique se fait sur base d'échantillons. Une première sélection a lieu sur base des échantillons du fabricant ; ensuite, le choix définitif est fait à l'aide d'échantillons de grande dimension spécialement fabriqués pour l'occasion.

Néanmoins, il est toujours possible que le produit final diffère légèrement de l'échantillon choisi ; les granulats sont en effet des éléments naturels soumis à une certaine variabilité.

A. Béton brut

L'aspect du béton brut dépend du coffrage. Le béton brut peut être lisse ou structuré.

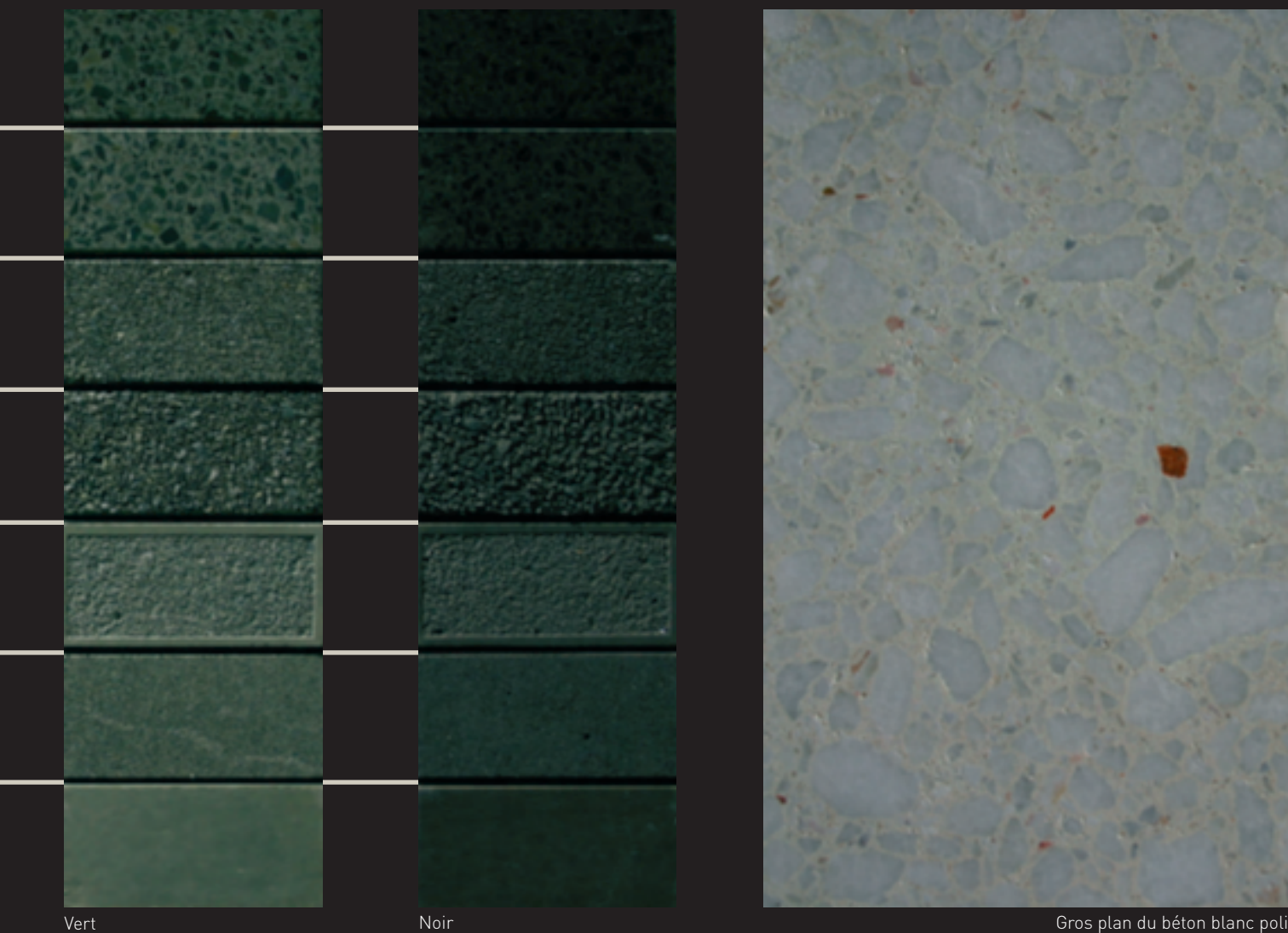
Béton lisse

D'un point de vue qualitatif, le béton lisse préfabriqué est supérieur au béton coulé en place, parce qu'il est produit dans de meilleures conditions : un coffrage parfait assure une surface plane et les tables de vibration garantissent un compactage optimal.

Béton structuré

Le béton structuré est fabriqué à l'aide de coffrages structurés. Un profilage plus ou moins léger est appliqué sur la surface du béton, soit par le coffrage même, soit par insertion d'un relief (négatif) dans le coffrage. Généralement, un tel relief est composé de polystyrène expansé, de polyuréthane ou de caoutchouc siliconé.

Le béton brut gris a néanmoins aussi quelques désavantages. Ainsi, il n'est pas toujours possible d'éviter des bulles d'air ou des fissures de retrait, qui, en raison du caractère de ce type de béton, sont par contre extrêmement visibles. De même, l'exposition des éléments à la pluie cause des traces indélébiles. En outre, des différences de couleur peuvent apparaître au sein du même élément ainsi qu'entre les différents panneaux.



Le béton structuré élimine un certain nombre de ces désavantages, mais un résultat optimal n'est possible que lorsque le béton est soumis après décoffrage à un des traitements décrits ci-dessous.

B. Béton traité

Béton lavé (fortement ou légèrement)

Les parois du coffrage sont recouvertes d'un produit qui désactive, ralentit ou annule l'hydratation du ciment. Après le décoffrage, le matériau non hydraté est enlevé à l'aide d'un jet d'eau rendant visible les grains de sable ou les granulats. L'effet dépend de la profondeur d'action du produit désactivant. La forme, le type, la teinte des granulats, la granulométrie ainsi que la composition du mélange jouent également un rôle important.

Béton trempé (ou acidé)

Le béton traité à l'aide d'une solution acide est pourvu d'une structure finement sablée. Lorsque toutes les parties de l'élément doivent avoir cette structure, l'élément est entièrement trempé dans un bain rempli d'une telle solution. Dans d'autres cas, le produit acide est apposé sur la surface à traiter. Un bon rinçage est absolument nécessaire.

Béton gommé ou grenailé

La surface à traiter est traitée par gommage par la projection de grenailles (acier, verre, ...) à haute pression. Un gommage léger rend visible le grain du sable ; un gommage intense met les granulats en évidence. Plus le gommage est intense, plus la surface devient mate. Le gommage requiert une grande compétence et a comme avantage que l'effet peut être contrôlé au fur et à mesure du traitement.

Béton poli

Le béton poli a une surface lisse et une brillance plus ou moins prononcée. Le polissage a lieu en différentes étapes, ce qui donne une structure de surface de plus en plus fine et un brillant de plus en plus intense.

- Le ponçage : dès que le béton a assez durci, 1 à 2 mm de la surface sont poncés afin de rendre les granulats apparents. Lors du traitement apparaissent plusieurs cannelures. Celles-ci sont effacées lors du deuxième traitement à l'aide d'une meule plus fine.
- Le polissage : après un premier ponçage, la surface est masticuée. (Le masticage sert à remplir les cavités et à refermer les petits éclats). Dès que la surface a durci, elle est à nouveau traitée à l'aide de meules plus fines, ce qui fait disparaître les cannelures et apparaît la brillance naturelle des granulats. Mais ce n'est pas encore suffisant pour donner une brillance naturelle à la surface. En traitant celle-ci encore deux fois à l'aide de meules toujours plus fines, on obtient d'abord une brillance satinée et ensuite une brillance intense.

Le béton poli a comme avantage que la façade est lisse, ce qui la rend fortement autonettoyante et facile à l'entretien. Cet avantage est encore renforcé par l'application d'un produit de protection.

1.2.5 Exemples d'aspects de surface

illustrations en pages 18 et 19.

Faculté des Métiers, Evry – arch. Lehoux & Phily – béton poli

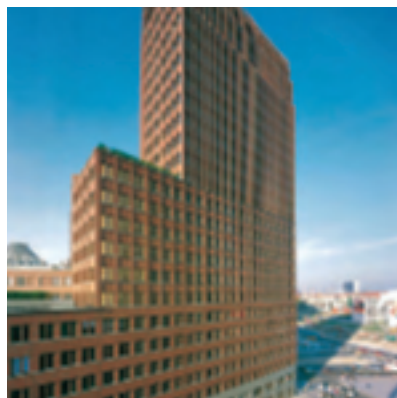


1.2.6 Combinaison avec d'autres matériaux

Les éléments de façade préfabriqués peuvent aussi être recouverts d'autres matériaux tels que des dalles en céramique, des briques ou des pierres naturelles. Ces matériaux sont alors placés dans le fond du moule et ensuite bétonnés dans les éléments.

Pour des matériaux de petite dimension tels que des carreaux de céramique, la fixation au béton est en soi durable, à condition que la partie postérieure du matériau soit suffisamment rugueuse ou profilée. Les matériaux de plus grande dimension, tels que la pierre naturelle, nécessitent davantage de mesures. Par exemple, les pierres sont pourvues d'un ancrage. De plus, l'adhésion entre la pierre naturelle et le béton est rompue afin de permettre un certain mouvement entre les deux matériaux. En effet, la pierre naturelle a un coefficient de dilatation différent de celui du béton. En outre, la température à l'extérieur de l'élément (côté pierre naturelle) est différente de celle du côté intérieur de l'élément (côté béton).

Insertion de briques





Insertion de céramiques, Karl Scharnagring, München

1.2.7 Coûts déterminants

Divers éléments contribuent au coût du béton architectonique. Voici les plus importants :

Composition et apparence du béton

Le coût des produits en béton dépend entre autres :

- du prix des matières premières (ciment gris ou blanc, type de granulats...)
- de la quantité et de la complexité de l'armature
- de la finition (lisse, gommée, polie...)
- des équipements de manipulation et de montage

Complexité du coffrage

Le coût des produits en béton dépend entre autres :

- de la complexité de la forme de l'élément
- des profilages (évidements, faux joints, répartition en compartiments...)

Nombre de moules

Le coût des produits en béton dépend entre autres :

- du nombre d'éléments différents (chaque forme nécessite un coffrage unique)
- du délai de livraison. La combinaison du délai de livraison et de la logique de montage peut faire en sorte que pour la production d'un élément, plusieurs moules identiques soient nécessaires.

Transport et manipulation

Le coût des produits en béton dépend entre autres :

- de la dimension et du poids des éléments. Ils déterminent le type de matériel pour le grutage et le montage nécessaire sur le chantier.
- de l'accessibilité du chantier (y a-t-il un lieu de déchargement ?)
- de la nécessité d'un stockage intermédiaire.

Plusieurs de ces facteurs s'influencent mutuellement. Il est par conséquent conseillé de demander l'avis du fabricant dès la phase de l'avant-projet.

De Colonel, Maastricht – arch. Kollhoff & Timmermann





Maasparc Rotterdam – Architectura (arch. T. Theodorescu), Rotterdam



Origin, Utrecht – B+M architecten, Den Haag



Origin, Utrecht – B+M architecten, Den Haag



Zwaenestede, 's Hertogenbosch – Arch. C. Schrauwen, Amsterdam



Zwaenestede, 's Hertogenbosch – Arch. C. Schrauwen, Amsterdam



Maasparc Rotterdam – Architectura (arch. T. Theodorescu), Rotterdam

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 mise en œuvre choisir ?

2.5 Organisation



2. Mise en œuvre du béton architectonique

Le béton architectonique peut être coulé en place (c.-à-d. sur chantier). Cela implique toutefois que l'entrepreneur réalise également le revêtement de façade ainsi que les finitions sur place.

Afin de faciliter la mise en œuvre et en vue de réaliser de finitions spécifiques, il est souvent préférable (ou même absolument nécessaire) de préfabriquer les éléments en usine et de les transporter ensuite entièrement finis sur chantier. Dans ce contexte, il est important de savoir si les éléments vont participer à la reprise des charges verticales sollicitant l'ouvrage. Le choix de la méthode de pose (traditionnelle, séquentielle) dépend en effet de la réponse apportée à cette question, et il aura dès lors un grand impact sur les coûts de la construction.

2.1 Le béton architectonique porteur coulé en place

Cette méthode de mise en œuvre fait appel à des coffrages qui doivent être disponibles dès le début du chantier et permet la construction d'éléments monolithiques de très grandes dimensions et d'une grande portance : pièces volumineuses, structures, murs, poutres, dalles et planchers.

Principales caractéristiques de cette méthode :

- Elle permet de réaliser différentes finitions. Les plus courantes sont : brut de décoffrage, désactivé, gommé et bouchardé. Certaines finitions, telles que le polissage, sont plus difficiles à réaliser sur chantier. Pour ces finitions, la préfabrication peut se révéler plus économique.
- Elle requiert une parfaite organisation du chantier et une étude préliminaire approfondie du matériel de coffrage à utiliser : résistance, dimensions, position de l'armature et des évidements, composantes de sécurité.
- Elle demande, pour une mise en œuvre correcte, l'étude en détail des plans de conception afin de déterminer le coffrage, la position des évidements et l'armature.
- Elle peut occasionner d'importantes inégalités suite au coulage vertical du béton dans des coffrages d'une grande hauteur et à la difficulté de vibrer correctement les éléments (ce qui peut entraîner des différences de couleur ou d'homogénéité).
- Elle impose une organisation du chantier dans laquelle il faut tenir compte de l'acheminement des matériaux (les armatures, le béton, etc.), du délai de réalisation ainsi que des conditions atmosphériques (telles que le gel, la pluie ou la chaleur) pouvant causer des problèmes de production.
- Elle nécessite un travail sur chantier en toute sécurité, ce qui signifie que sur chaque chantier, il faut du personnel qualifié (un chef de chantier expérimenté et du personnel exécutant qui généralement doit être formé). Il est impératif de réaliser un plan de sécurité prenant en compte des questions telles que l'enchaînement de la mise en œuvre et le contrôle de finition.

Principales difficultés :

Le choix du béton coulé en place implique que :

- le résultat sur le chantier soit parfait du premier coup (aucune erreur n'est permise) ;

- le résultat soit entièrement sous contrôle, même si des difficultés (telles que les conditions atmosphériques) influencent négativement la certitude d'obtenir un élément homogène ;
- l'avancement des travaux dépend entre autres des moyens mis à disposition par l'entreprise (par exemple le matériel de coffrage).

2.2 Le béton architectonique porteur préfabriqué

La production d'éléments préfabriqués doit toujours être précédée par une phase de conception pendant laquelle les caractéristiques géométriques et l'assemblage de chacun des éléments sont clairement définis.

La préfabrication permet tous les types de revêtement de façade: brut de décoffrage, gommé ou désactivé, bouchardé, poli mat ou brillant, ...

Cette méthode requiert:

- une bonne préparation de chantier. En effet, les éléments en béton architectonique doivent être rigoureusement définis à l'avance; de même, il est impératif de savoir précisément de quelle façon les joints et les liaisons correspondent aux spécifications du projet.
- une étude du transport des éléments vers le chantier.
- une livraison à des dates précises, en fonction du planning du chantier. Il faut tenir compte d'un éventuel remplacement d'un élément (par exemple : de mauvaise dimension) dans un délai acceptable.

AZ Groeninge – arch. Baumschlagger & Eberle – Façade portante en béton architectonique



Cette méthode permet :

- de mieux contrôler la qualité de fabrication, le personnel spécialisé maîtrise mieux les outils de production lorsqu'ils se trouvent sur un site industriel,
- d'être moins dépendant des conditions atmosphériques,
- de choisir parmi un large éventail de finitions possibles à l'aide d'échantillons,
- de réaliser des prototypes afin de pouvoir juger à l'avance du résultat final,
- de réaliser des formes et finitions complexes,
- de réparer d'éventuelles erreurs pendant la production et non sur chantier,
- d'adapter, dans le cadre de certaines limites, le délai de livraison des produits à l'avancement du chantier (pour mieux contrôler le délai de réalisation),

Détail d'élément de façade portante





Colonnes et poutres en béton architectonique poli



Façade extérieure portante

- de construire plus rapidement, suivant un tempo préétabli,
- de contrôler à l'avance en usine la qualité des éléments.

Cette méthode implique une réalisation rigoureuse des joints et des liaisons, ce qui nécessite du personnel qualifié.

2.3 Le béton architectonique non porteur préfabriqué

Depuis quelques années, l'industrie du béton fabrique une nouvelle génération de produits en béton non portants préfabriqués (autoportants, portants et suspendus) qui permet un avancement séquentiel du chantier. Cette méthode assure plus de flexibilité lors des travaux :

- l'entreprise et le fabricant conviennent ensemble d'un planning et peuvent ensuite exécuter leurs activités séparément ;
- les éléments architectoniques sont mis en œuvre à la fin du gros œuvre, après la réalisation de la structure, ce qui limite le risque de salissure des éléments de façade et permet en outre une mise en œuvre extrêmement rapide ;
- les liaisons jouent un rôle moins important pour l'étanchéité (l'étanchéité est mieux répartie entre les éléments préfabriqués et coulés en place).

Les éléments en béton architectonique non portants ainsi réalisés disposent des mêmes caractéristiques techniques que les grands éléments de façade fixés mécaniquement à la structure et peuvent être utilisés soit comme revêtement de façade, soit comme revêtement décoratif dans le bâtiment même. Ils sont également très performants comme systèmes d'isolation externes et offrent un confort thermique particulièrement élevé. Utilisés de cette façon, ils peuvent être couplés à des murs-rideaux grâce à des structures secondaires.

D'autres produits non portants préfabriqués sont également utilisés comme éléments de coffrage. Du béton structuré coulé en place peut ainsi être combiné à un revêtement en béton préfabriqué – à un prix très compétitif.



Panneaux sandwichs non portants
sur structure en acier



Façade extérieure non portante sur parois portantes en béton – Bâtiment Astra Garden à Zaventem

2.4 Quelle mise en œuvre choisir ?

Le choix de la mise en œuvre doit se baser sur des critères tels que :

- les caractéristiques techniques et la performance de l'ouvrage à réaliser,
- la complexité et la qualité des parties en surface,
- les délais,
- le budget.

Afin de s'assurer du meilleur choix aux niveaux technique et économique, une étude comparative est absolument nécessaire. Dans ce contexte, il faut tenir compte de toutes sortes de restrictions ainsi que du résultat souhaité.

Dans la plupart des cas, la préfabrication se révèle être plus efficace et plus adaptée. Elle permet en effet un meilleur contrôle de qualité de la finition dans le respect du budget et du délai de mise en œuvre.

2.5 Organisation

Le succès de l'utilisation des éléments en béton architectonique préfabriqué est le résultat d'une collaboration efficace entre l'architecte, l'entrepreneur et le fabricant.

Déroulement des tâches pour les différents intervenants	
Phases du projet	Études et travaux spécifiques
Conception	L'architecte choisit le revêtement extérieur sur base d'une collection d'échantillons de couleur.
Avant-projet	<ul style="list-style-type: none"> – Avec l'architecte, analyse des solutions techniques répondant aux spécifications du marché : composition des éléments, choix des assemblages et des liaisons, choix du béton – Analyse de l'organisation du chantier : estimation et délai de livraison – Pré-étude des documents et évaluation technique et économique des solutions constructives
Adjudication	Inscription par l'entreprise de gros œuvre (l'entreprise mentionne le nom du fabricant choisi)
Annonce des travaux	<ul style="list-style-type: none"> – Fabrication des échantillons de contrôle des différents revêtements d'extérieur – Validation par l'architecte – Commande des éléments – Commande des matériaux par le fabricant
Étude	<ul style="list-style-type: none"> – Plans d'exécution corrects avec le détail de production (dimensions, traitement de surface, insertions, réservations, ouvertures) – Calcul de l'armature en béton armé par le bureau d'étude – Élaboration des fiches produit, validation de l'avant-projet et du contrôle de la mise en œuvre – Planning de la production et délai de livraison
Réalisation	<ul style="list-style-type: none"> – Production des éléments – Contrôle de qualité – Transport vers le chantier – Livraison sur chantier par l'entreprise en charge de la pose – Stockage éventuel et mise en œuvre par le fabricant selon le plan définitif

Note

La préfabrication est une méthode de construction qui ne produit qu'un minimum de déchets sur les chantiers. Dès lors, le béton architectonique les rend plus propres.



De Mouterij, Brugge - Arch. BUR0 II



École d'architecture, Paris – arch. F. Borel & ass.



Postdamer Platz, Berlin – arch. Kollhoff



Rés. Allegretto, Bruxelles – arch. buro D. Raspoet



Entrepôt Royal, Anvers – arch. ELD Partnership



Rés. Le Breton, Ostende



Principaux types d'éléments en béton architectonique

3.1 Panneaux de revêtement

3.1.1 Panneaux pleins

3.1.2 Panneaux munis d'une couche de matériau différent du béton décoratif

3.1.3 Panneaux sandwich à isolation continue

3.1.4 Recommandations techniques

3.2 Éléments de structure

3.3 Éléments pour balcon

3.4 Corniches

3.5 Escaliers

3.6 Petits éléments décoratifs de façade + balustrades

3.7 Éléments pour le génie civil

3.8 Mobilier urbain



3. Principaux types d'éléments en béton architectonique

3.1 Panneaux de revêtement

Il s'agit de la famille d'éléments architecturaux la plus utilisée.

Les panneaux sont répartis en trois sous-groupes selon leur composition interne :

- panneaux pleins,
- panneaux munis d'une couche de matériau différent du béton décoratif,
- panneaux sandwich à isolation continue.

Ils peuvent être portants, autoportants, portés ou suspendus.

Ces panneaux prennent la forme de toutes les lettres de l'alphabet conformément au plan de revêtement extérieur et de sa répartition en parties composantes.

Le découpage, également appelé disposition, suit la structure de l'ossature (O U C L) ou, au contraire, s'en éloigne, soit horizontalement (I T), verticalement (H), ou dans les deux directions simultanément (+).

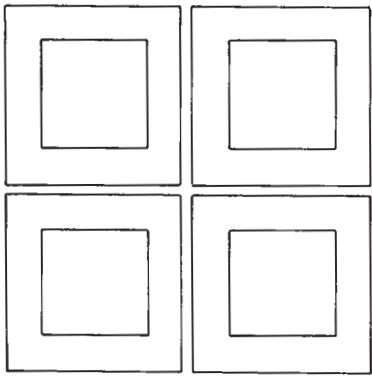
La disposition est une activité extrêmement importante englobant un grand nombre de facteurs, telles la fonction de l'élément et les liaisons qui en découlent ainsi que les réservations prévues.



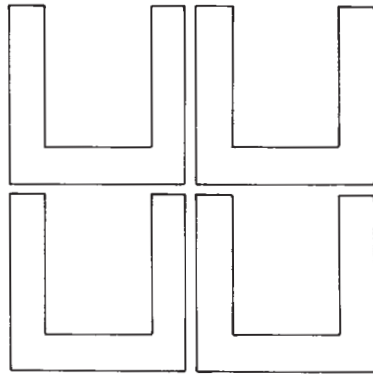
Éléments sandwichs à lames d'air et à bandes de briques pour l'École Européenne d'Uccle



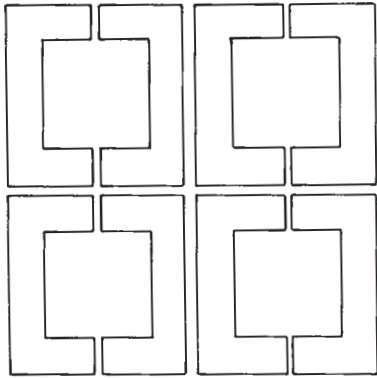
Virga Jesse Hasselt – Arch. De Gregorio & Partners, Hasselt



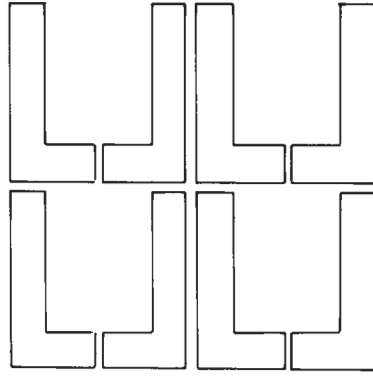
Panneaux en O



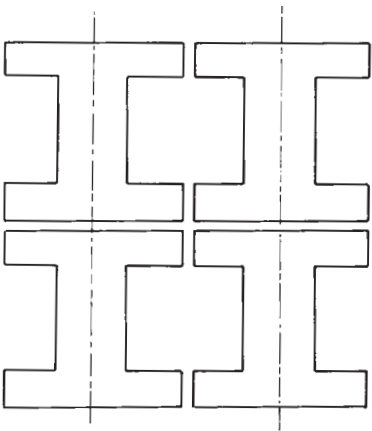
Panneaux en U



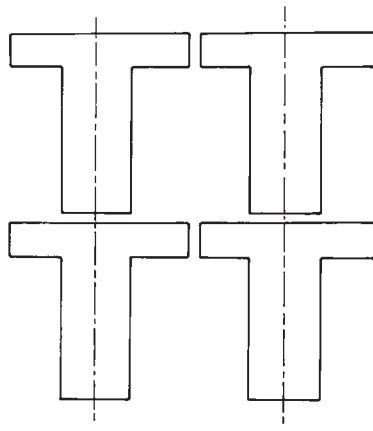
Panneaux en C



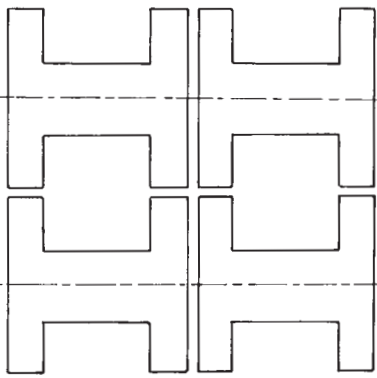
Panneaux en L



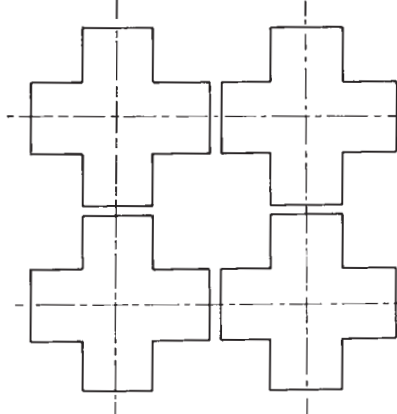
Panneaux en I



Panneaux en T



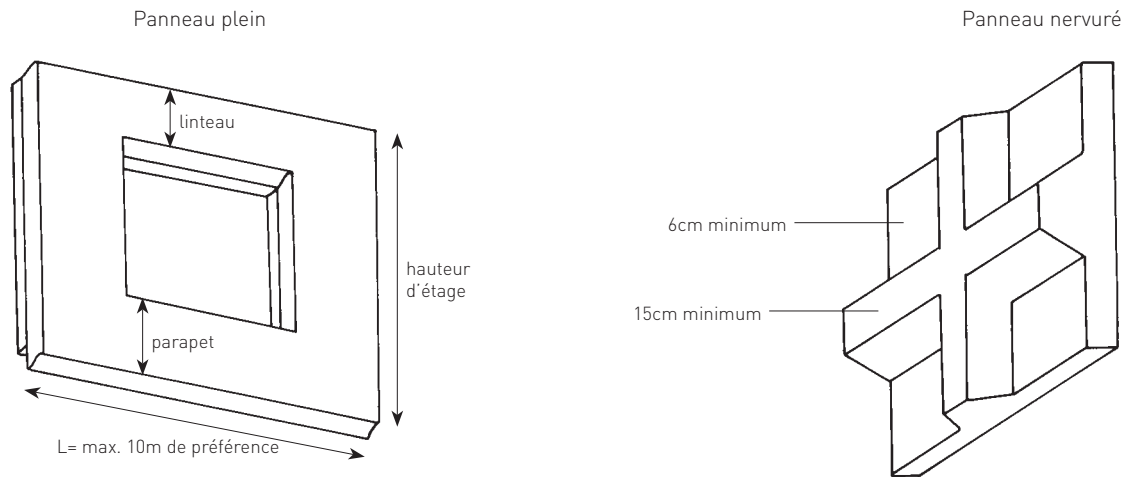
Panneaux en H



Panneaux en +

3.1.1 Panneaux pleins

Les panneaux peuvent être pleins ou nervurés ; les nervures rendent l'élément plus léger.



3.1.2 Panneaux munis d'une couche de matériau différent du béton décoratif

Les autres matériaux possibles sont les carreaux en céramique, les bandes de briques, les briques ou les bandes de pierre naturelle.

Compte tenu du petit format des deux premiers éléments, ceux-ci sont placés dans le fond du moule et collés au béton structuré.

Toutefois, les briques ou bandes de pierre naturelle sont soumises à des fluctuations thermiques relativement grandes. Pour cette raison, ils sont accrochés au béton structuré à l'aide de fixations métalliques, comme par exemple des goujons.

Panneaux avec insertion de briques – Le Colonel, Maastricht – Arch. Kolhoof & Timmerman





Panneaux avec insertion de briques



Panneaux avec insertion de briques

3.1.3 Panneaux sandwichs à isolation continue

Les panneaux sandwichs en béton architectonique combinent une très bonne isolation (valeur U inférieure à 0,30 W/m²K) avec une haute capacité thermique. Le résultat est une diminution drastique en besoins énergétiques aussi bien en été qu'en hiver. A cela s'ajoute bien entendu les propriétés esthétiques, acoustiques et constructives déjà bien connues du béton.

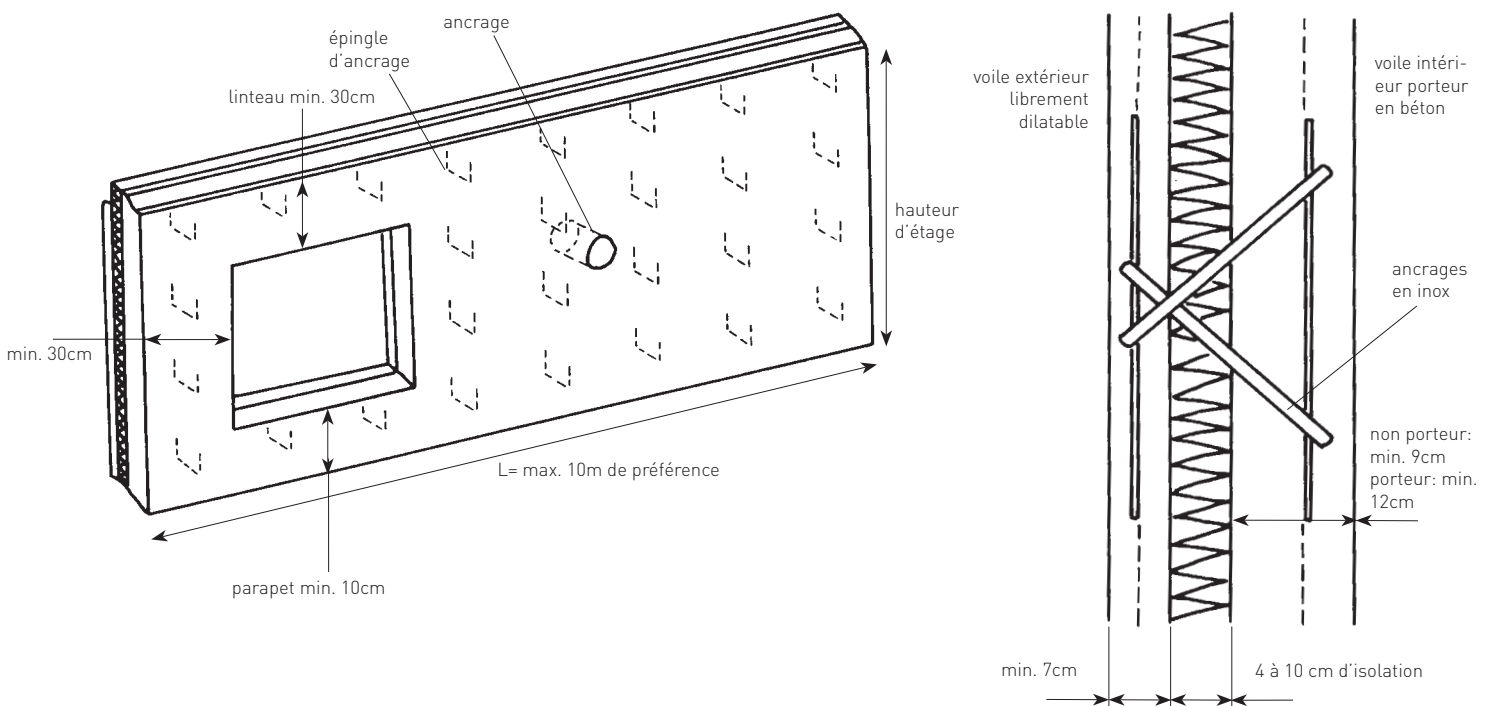
Les panneaux sandwichs en béton architectonique connaissent déjà un grand succès, qui, grâce à ses nombreuses qualités intrinsèques, ira croissant ces prochaines années.

▪ Multifonctionnels

Les panneaux sandwichs sont des éléments constitués de plusieurs couches et se composent d'un noyau disposant de très bonnes propriétés isolantes au niveau thermique, auquel est appliqué de part et d'autre un panneau de béton. Le voile extérieur (façade) est réalisé en béton architectonique, selon la couleur, la forme et la texture souhaitées.

Les panneaux sandwichs sont multifonctionnels. Ils ont non seulement une fonction constructive en tant qu'élément porteur, mais ils contribuent également à l'isolation thermique ainsi qu'à l'étanchéité à l'eau et à l'air. Ils augmentent considérablement le confort du bâtiment, grâce à leurs bonnes propriétés acoustiques et à leur capacité thermique. A tout ceci, s'ajoute encore leur fonction primordiale : améliorer l'esthétique du bâtiment.

De manière générale, les panneaux sandwichs en béton sont surtout utilisés pour les bâtiments industriels et les immeubles de bureaux, caractérisés par leur grande variété d'applications et de formes : de la façade la plus classique, agrémentée d'ornements, aux bâtiments les plus futuristes. La seule limite est la créativité de l'architecte. Celui-ci pourra choisir parmi une large gamme de formes, de couleurs, de textures, de profils, voire de les combiner avec d'autres matériaux.



▪ Les avantages

Les panneaux sandwichs à isolation continue ne sont pas seulement autoportants, esthétiques et bons isolants acoustiques ; leur grand avantage est qu'ils intègrent une bonne isolation thermique dans le panneau. Le voile extérieur, librement dilatable, supprime pratiquement tous les ponts thermiques (en particulier ceux au droit des liaisons façade-plancher). Tous ces avantages, auxquels viennent s'ajouter les excellentes propriétés isolantes des éléments (valeur U) augmentent encore le niveau global d'isolation du bâtiment (valeur K).

Les besoins énergétiques (niveau E) du bâtiment s'en trouvent en outre diminués, grâce à l'inertie thermique du voile de béton intérieur.

▪ Au niveau technique

L'utilisation de panneaux sandwichs est généralement limitée aux éléments plans ou de faible courbure. Les joints du voile extérieur doivent garantir la libre dilatation.

Le panneau sandwich se compose comme suit:

– Voile extérieur

Béton massif d'une épaisseur minimale de 8 cm de finition lisse, gommée (grenillée), trempée à l'acide, polie ou béton avec carrelages, briques, pierre naturelle intégrés, ...

– Isolation

Pour obtenir une bonne valeur d'isolation, on peut utiliser des mousses de polyisocyanurate (PIR), de polystyrène expansé (PSE) -retardateur au feu-, de polyuréthane (PUR) -retardateur au feu- ou de la laine de roche (inflammable).

– Voile intérieur

Béton gris, surface à finition roulée

Épaisseur minimale de 12 cm

La liaison entre le voile extérieur et intérieur se fait au moyen d'une combinaison d'ancrages pour panneau sandwich et d'ancrages de contreventement.

Longueur maximale du panneau : 7 m

Hauteur maximale : environ la hauteur d'un étage, avec éventuellement la possibilité d'y ajouter une allège.

▪ Un comportement thermique exceptionnel

– Isolation

Le coefficient de transmission thermique U d'une paroi est la quantité de chaleur par seconde, exprimée en W/m²K, qui traverse un mur, lors d'une différence de température de 1°C entre les environnements des deux parois (extérieure et intérieure) du mur.

Le coefficient de transmission thermique U d'une paroi homogène est calculé selon la formule suivante :

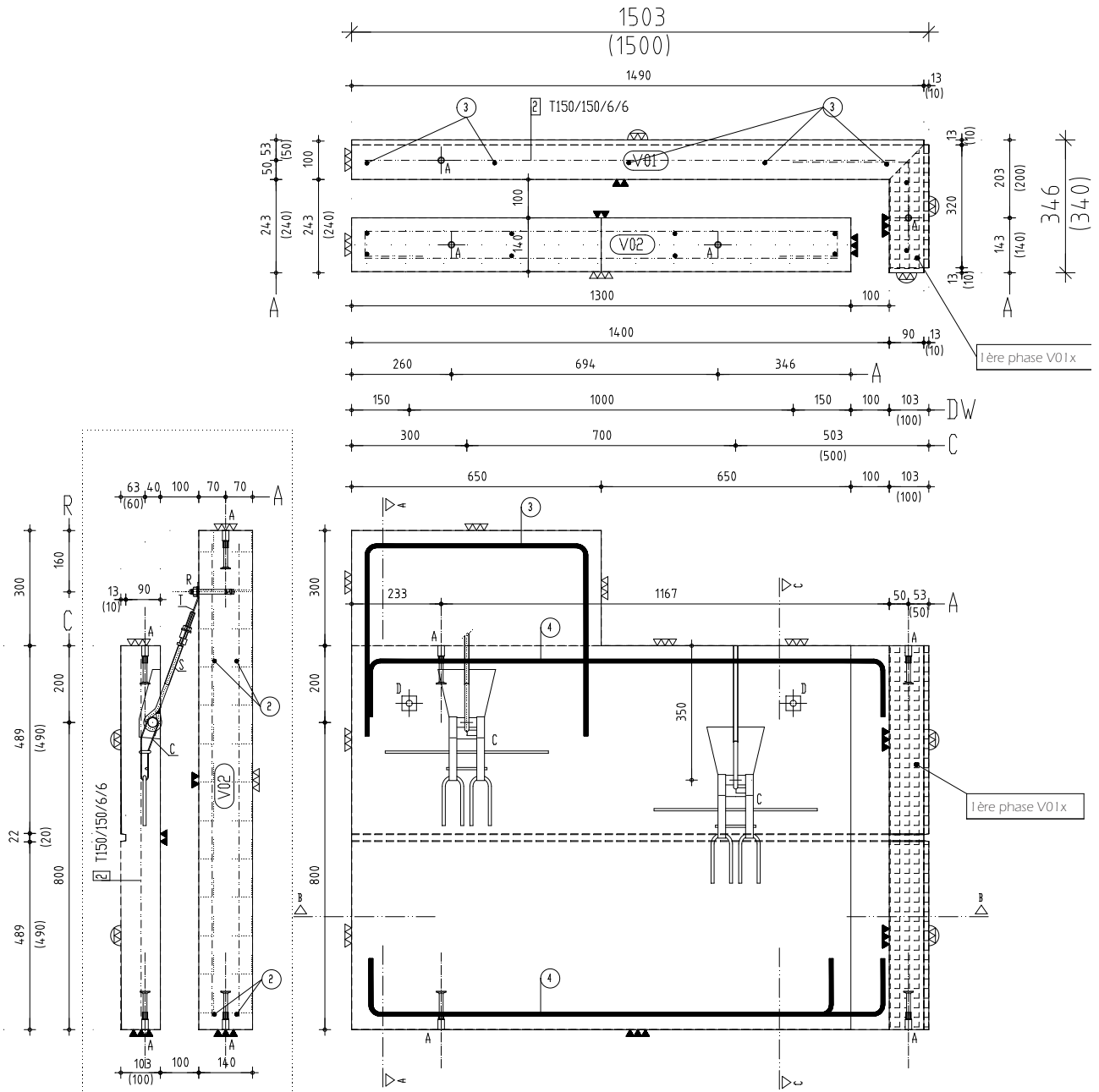
$$U = \frac{1}{R_T} \text{ en W/m}^2\text{K}$$

où:

R_T la résistance thermique totale d'une paroi (se composant de différentes parties de mur) d'un environnement à l'autre en m² K/W.

La résistance thermique R d'une paroi homogène est calculée selon la formule suivante :

$$R_T = \frac{d}{\lambda} \text{ en m}^2\text{K/W}$$



où:

d l'épaisseur de la partie du mur

λ la conductivité thermique du matériau en question

La résistance thermique totale R_T d'un mur composite est la somme des résistances thermiques de chaque partie du mur homogène, avec par exemple pour un élément sandwich :

$$R_T = R_e + \frac{0,08}{2,2} + \frac{0,12}{0,025} + \frac{0,12}{1,7} + R_i$$

où:

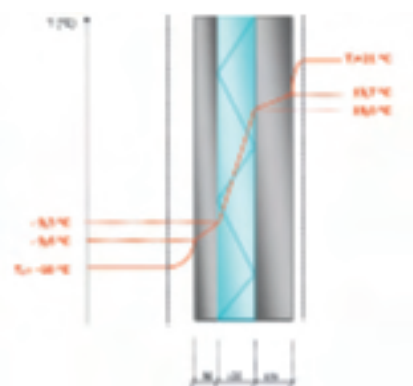
R_e la résistance thermique de la couche d'air immobile à la surface extérieure de la paroi.
Pour les parois verticales, $R_e = 0,043 \text{ m}^2\text{K/W}$

R_i la résistance thermique de la couche d'air immobile à la surface intérieure de la paroi.
Pour les parois verticales, $R_i = 0,125 \text{ m}^2\text{K/W}$

Pour un panneau sandwich, on obtient la valeur numérique $R_T = 5,075 \text{ m}^2\text{K/W}$ (remarque : le retrait de $0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$ n'est pas appliqué dans ce cas, car une bonne mise en place de l'isolation est garantie et il ne faut pas tenir compte d'erreurs de réalisation).

Cela donne un coefficient de transmission thermique de **$U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$** .

Si nous appliquons cela à l'exemple d'un panneau sandwich séparant une pièce, d'une température intérieure de 21°C , d'un environnement extérieur de -10°C , nous obtenons la situation suivante :



– Inertie thermique

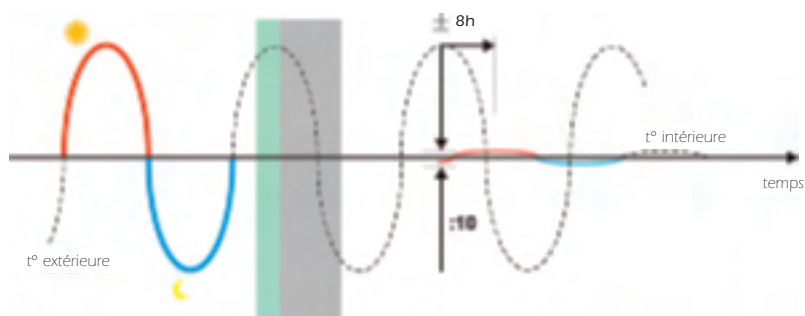
Un deuxième avantage au niveau thermique d'un panneau sandwich en béton est l'inertie thermique du voile intérieur. Tout matériau de construction absorbe une quantité déterminée de chaleur lorsque la température ambiante augmente.

La quantité de chaleur, absorbée par un matériau par m^2 et par degré d'augmentation de température, est appelée capacité thermique. La capacité thermique (B) d'un matériau est proportionnelle à sa masse. Dès lors, un béton « lourd » aura donc une bonne capacité thermique et pourra stocker de grandes quantités de chaleur. Un matériau d'isolation par contre ne dispose que d'une faible masse et ne peut donc pas stocker la chaleur. Durant les périodes de soleil intense se crée de la sorte "l'effet de serre" (où la température intérieure devient très vite insupportable).

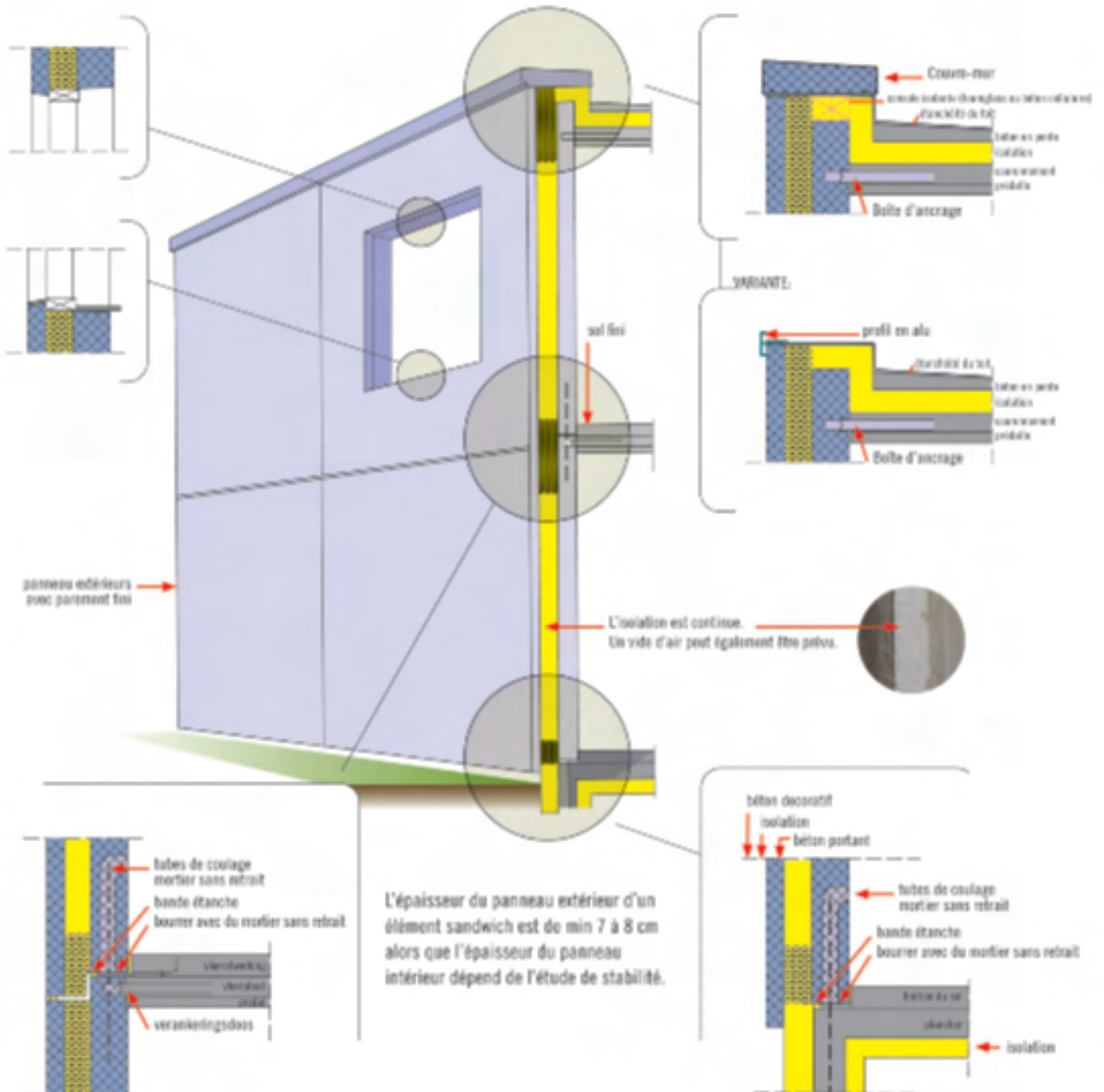
Cette grande capacité du béton à absorber la chaleur assure donc une bonne inertie thermique. Le béton aplanit les pics de chaleur diurnes en absorbant la chaleur. Ce processus se poursuit jusqu'au moment où la température du béton et de la pièce sont identiques. Une sorte d'effet retardateur est ainsi créé. La chaleur extérieure ne sera pas directement transmise à l'intérieur, puisque c'est le béton qui sera réchauffé en premier. La pièce ne se réchauffera que par la suite. Il existe donc un déphasage entre les courbes de température extérieures et intérieures. Les écarts sont aplanis.

Une inertie thermique plus élevée a comme résultat un déphasage et une atténuation thermique. En cas de déphasages importants, l'intensité du soleil de midi ne se fait sentir qu'en soirée (voir schéma ci-dessous).

Lorsque la nuit, la température de la pièce diminue, le béton libère sa chaleur. La quantité de chaleur pouvant être stockée durant le jour est proportionnelle à la capacité de refroidissement du béton durant la nuit. Pour cette raison, il est essentiel de bien aérer le bâtiment la nuit en régime d'été. Si la capacité de stockage de chaleur est suffisante, ce processus peut se poursuivre indéfiniment, et surtout sans apport supplémentaire d'énergie. Un système de refroidissement d'air, grand consommateur d'énergie, devient donc tout-à-fait superflu.



panneau sandwich portant

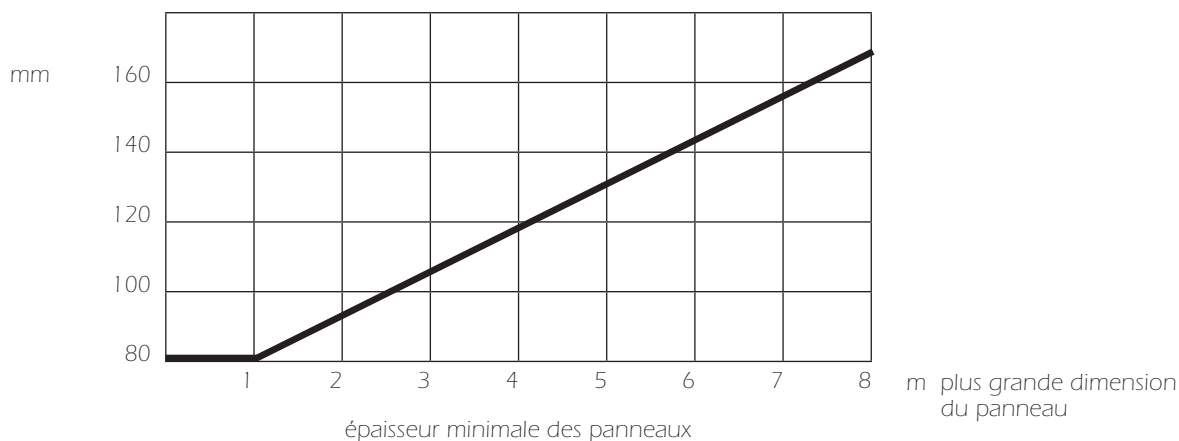


3.1.4 Recommandations techniques

a) Epaisseur des panneaux

Il convient de respecter une épaisseur de panneau minimale afin d'éviter fissurations et déformations lors de la fabrication de l'élément. Le diagramme du schéma ci-dessous indique l'épaisseur minimale recommandée de béton à respecter en fonction de la plus grande dimension du panneau. Il est plus que conseillé de ne pas réaliser de panneaux d'une épaisseur moindre à 80 mm.

épaisseur minimale du béton



Le graphique n'est pas d'application pour les panneaux utilisés comme coffrage perdus ou comme panneaux sandwichs. Les deux couches d'un panneau sandwich agissent en fait comme un panneau composite ; la rigidité de l'ensemble est largement plus élevée que les épaisseurs séparées.

Un deuxième facteur déterminant pour l'épaisseur du panneau est la classe environnementale. La couverture de béton sur l'armature doit être suffisante pour protéger l'armature de la corrosion. Un aperçu est disponible dans la NBN EN 13369, NBN 21-600.

b) Dimensions maximales

Les dimensions maximales des panneaux en béton préfabriqué sont déterminées par les difficultés que pourraient engendrer leur manipulation, transport et montage. Tout d'abord, le poids occupe un rôle important, et dont le facteur déterminant est la capacité de levage de la grue sur chantier. Le poids est en général limité à 10 tonnes. Ensuite, une règle générale pour le transport implique que les deux dimensions principales de l'élément ne soient pas supérieures à 3,90 m. Déroger à cette règle implique des solutions spécifiques, comme le transport exceptionnel, une grue spéciale, etc. Il convient dès lors d'en discuter avec le fabricant.

c) Dimensions des joints de dilatation

La taille des joints dépend des dimensions de l'élément, des dilatations possibles sous l'influence de la température, de l'humidité et du retrait, des tolérances dimensionnelles des éléments, aussi bien lors de la fabrication que du montage, d'éventuelles différences de mise en place et du choix du matériau de remplissage.

Le tableau ci-dessous indique la largeur de joint théorique minimale à prendre en compte lors de la conception en tenant compte de la largeur de l'élément.

Largeur élément de façade	Largeur de joint minimale nominale
1,80 m	12 mm
2,40 m	12 mm
3,60 m	14 mm
4,80 m	15 mm
6,00 m	16 mm

Pour un résultat esthétique, il convient d'appliquer une épaisseur de joint minimale de 15 mm. Les éventuelles différences de largeur dues aux tolérances de fabrication et de montage seront ainsi moins visibles.

3.2 Éléments de structure

Les éléments de structure linéaires telles que les colonnes, les poutres et les éléments de balustrade composent le squelette de la construction. Ces éléments sont en règle générale portants et ont une valeur esthétique.

Ils peuvent également être utilisés comme éléments de coffrage pour la réalisation de structure particulièrement esthétiques et économiques.

Éléments de structure pour le Palais de Justice d'Anvers



3.3 Éléments pour balcons

Les dalles de balcon préfabriquées représentent une solution rationnelle et garantissent un avantage lié à la production : leur montage est simple et rapide.

D'ordinaire, les dalles de balcon sont bétonnées horizontalement. Outre une surface de coffrage brut, plusieurs variantes existent : gommée, lavée ou acidée.

Les balcons sont des dalles d'encorbellement généralement munies d'une interruption thermique (une couche d'isolation d'environ 60 mm avec armature en acier inoxydable). Les éléments de balcon sont posés dans le coffrage de dalles et ensuite bétonnés contre la dalle coulée en place.

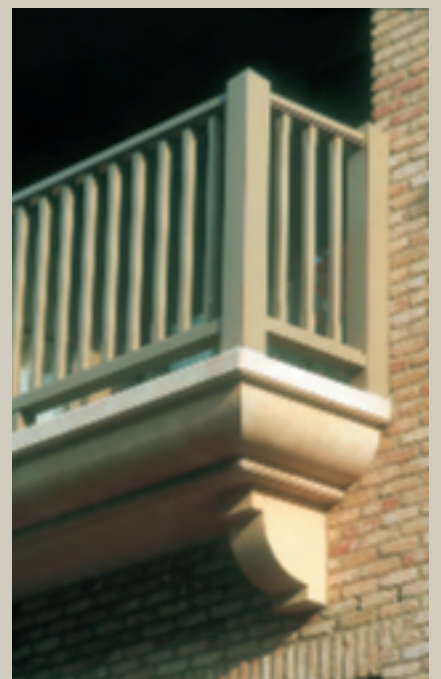
Selon la coupe, il existe différents types de balcons :

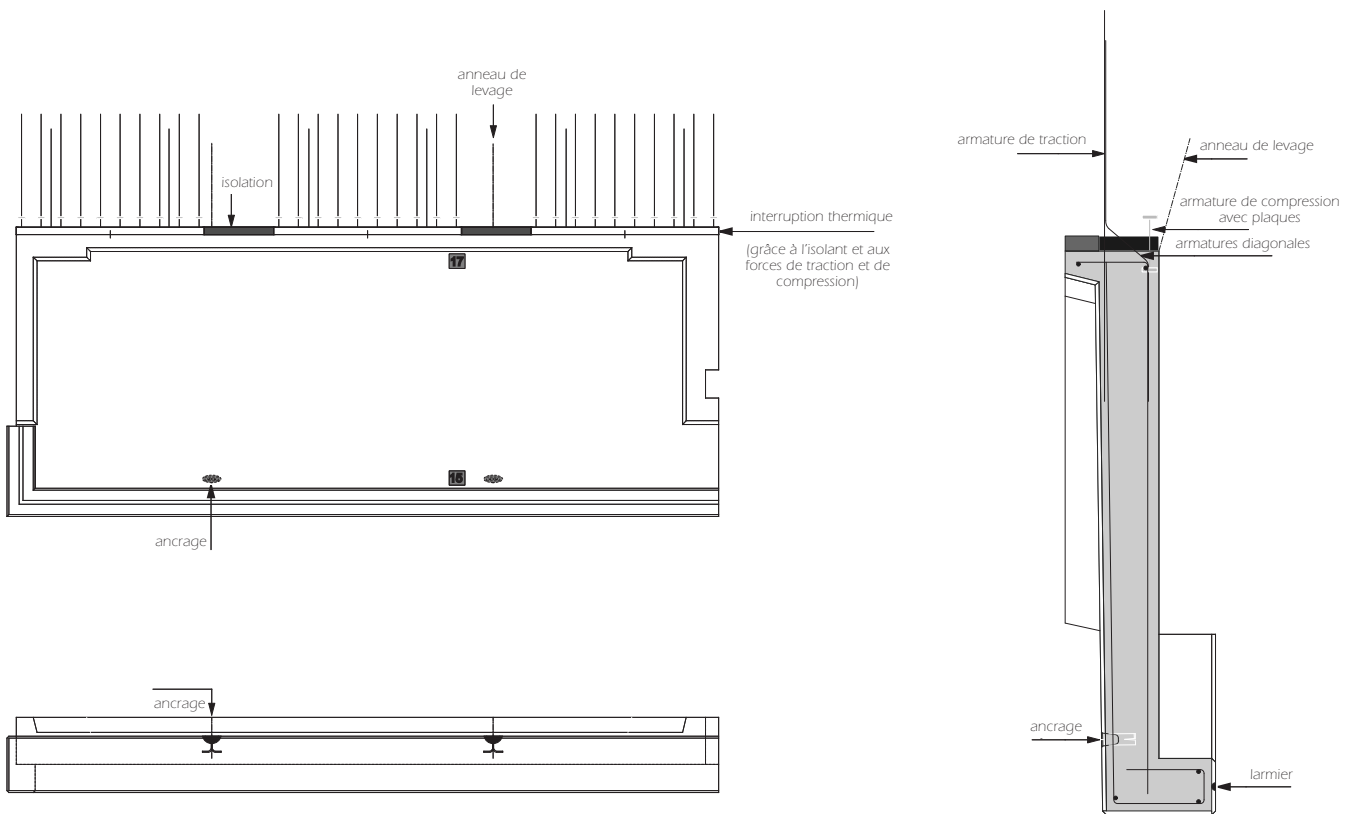
1. balcon avec rehausse uniquement côté fenêtre, libre évacuation des eaux pluviales,
2. balcon avec rehausse périphérique,
3. balcon avec garde-corps intégré,
4. balcon avec débordement vers le bas,
5. balcon combinant les caractéristiques précédentes.

Le drainage se fait par une pente de 1,5 à 2 % depuis le bâtiment. La plupart des dalles de balcon sont équipées à l'avant d'une rigole où l'eau est évacuée par une gargouille ou par un avaloir raccordé à un tuyau de descente.

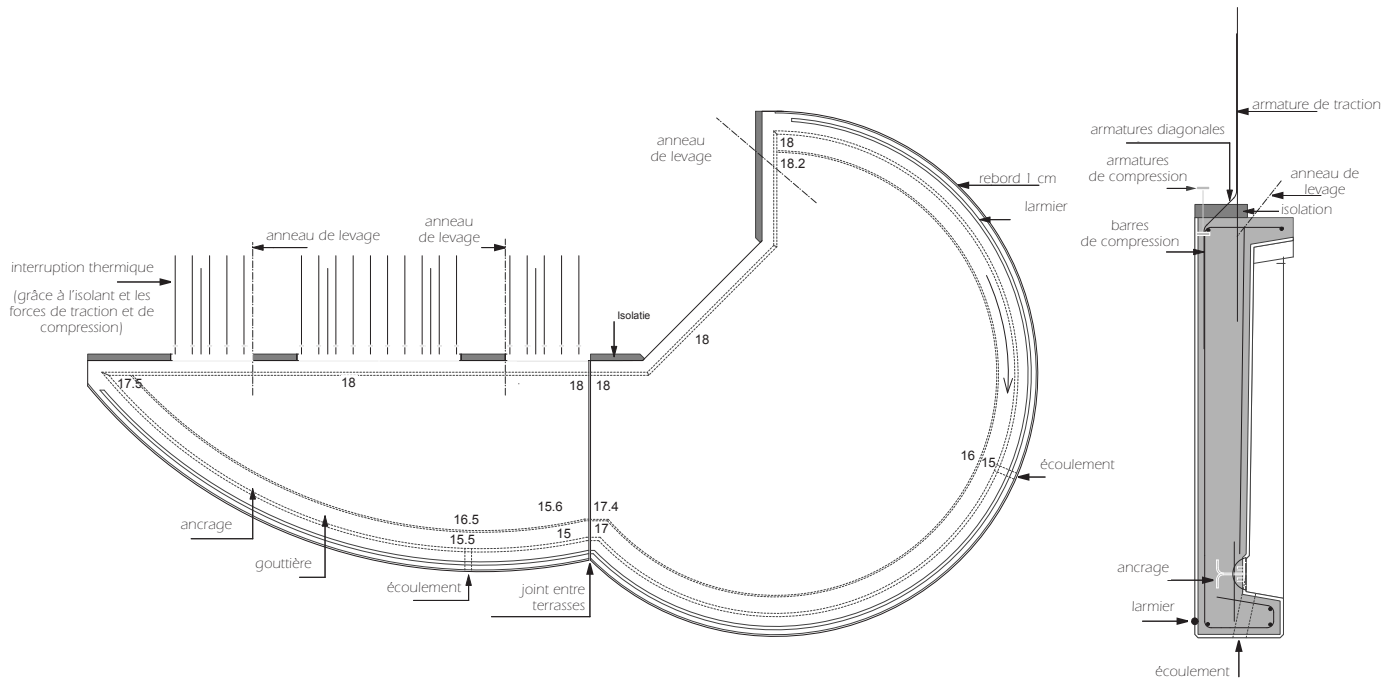
Un larmier est à prévoir.







Balcon droit



Balcon rond



Palais de Justice d'Anvers



3.4 Corniches

La fonction d'une corniche est de couvrir la façade. De même, elle forme la liaison entre la façade et la toiture.

Les corniches sont conçues selon les mêmes principes que les balcons. Seule leur utilisation est différente.

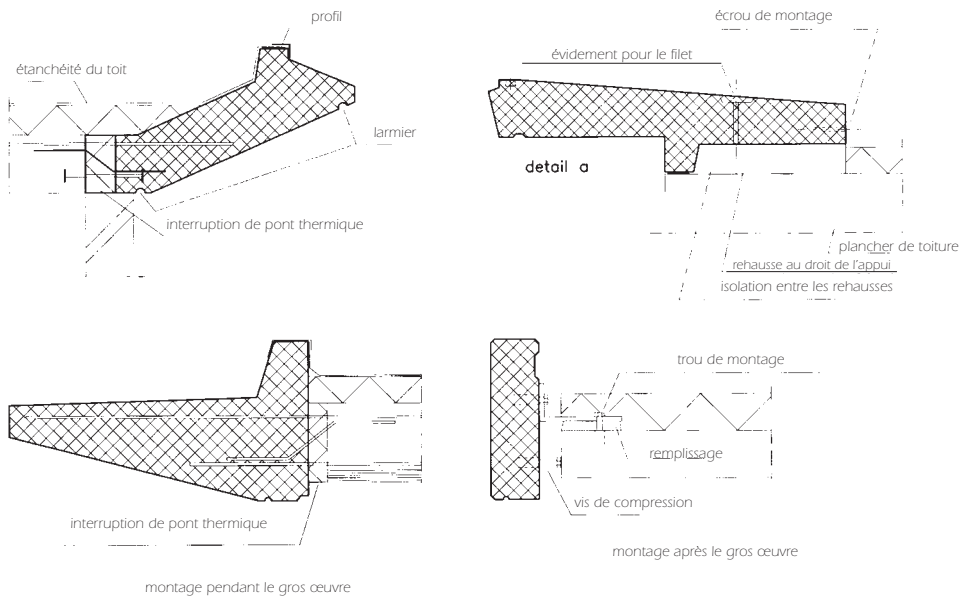
Il existe des corniches avec rehausse, avec débordement vers le bas ou avec une combinaison des deux.

La face avant peut être profilée conformément aux souhaits de l'architecte.

La corniche avec profilage courbe ou courbe dans une vue en plan est un cas difficile mais réalisable.



La fixation à la dalle ou à la poutre se fait par liaison directe ou par ancrage à rupture thermique.



3.5 Escaliers

Les escaliers réalisés en usine sont d'une meilleure qualité et plus esthétiques que les escaliers coulés en place. Dans le cas d'une série d'escaliers identiques, les escaliers préfabriqués présentent également un avantage économique et dont le prix exact peut être calculé à l'avance. Cette méthode de fabrication permet à l'entrepreneur de réduire les délais de mise en œuvre.

Les escaliers préfabriqués peuvent être réalisés en béton gris ou en béton architectonique. Si le choix se porte sur le béton gris, il est toujours possible de le pourvoir ensuite d'un revêtement.

Il est parfois esthétiquement intéressant de relier les escaliers de secours, les escaliers de jardins, ... aux terrasses préfabriquées et de prévoir la même couleur ainsi que la même finition.

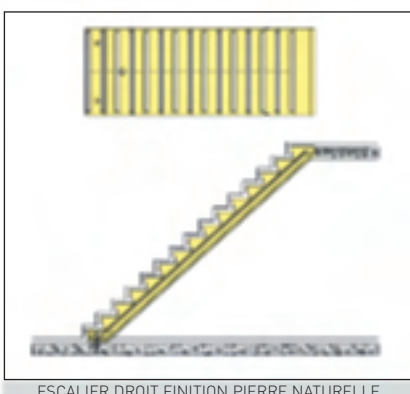
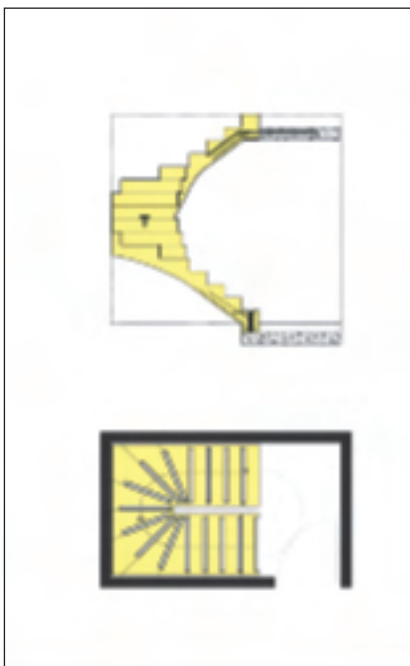
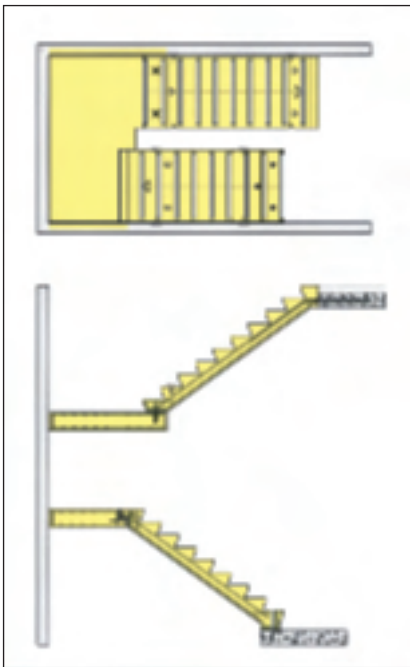
Deux méthodes de production sont à distinguer :

1. Les escaliers monoblocs. Il est également possible de couler les paliers contre les escaliers. Différents modèles existent : escaliers droits, escaliers 2/4, escaliers 3/4 et même des escaliers hélicoïdaux. Les escaliers peuvent être fabriqués à hauteur, largeur et giron souhaités et peuvent être munis d'un profil antidérapant.
2. Les marches et limons peuvent également être fabriqués séparément et assemblés sur chantier.

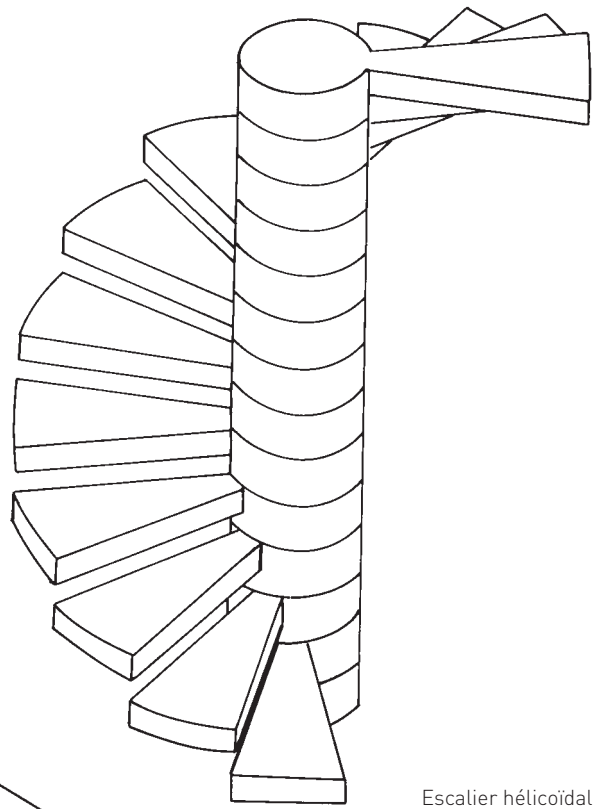
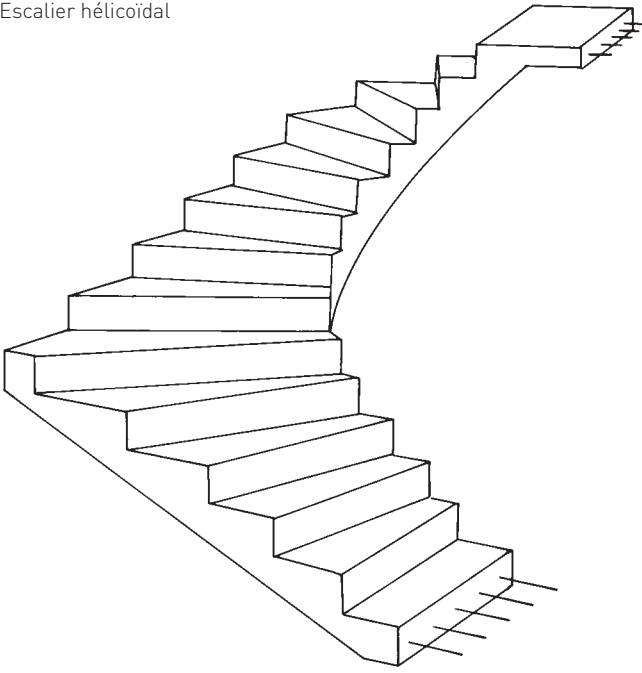
Différents types de profils antidérapants peuvent être coulés dans les marches, tant au niveau du nez de marche que dans la bande. Les profils peuvent être réalisés en caoutchouc, inox, aluminium, ... ou par lavage ou gommage d'une certaine zone de l'escalier.

Il existe différents types de liaisons avec les dalles de plancher : liaison-pont, liaison avec barres d'attente et tubes nervurés, barres d'attente en saillie, etc.

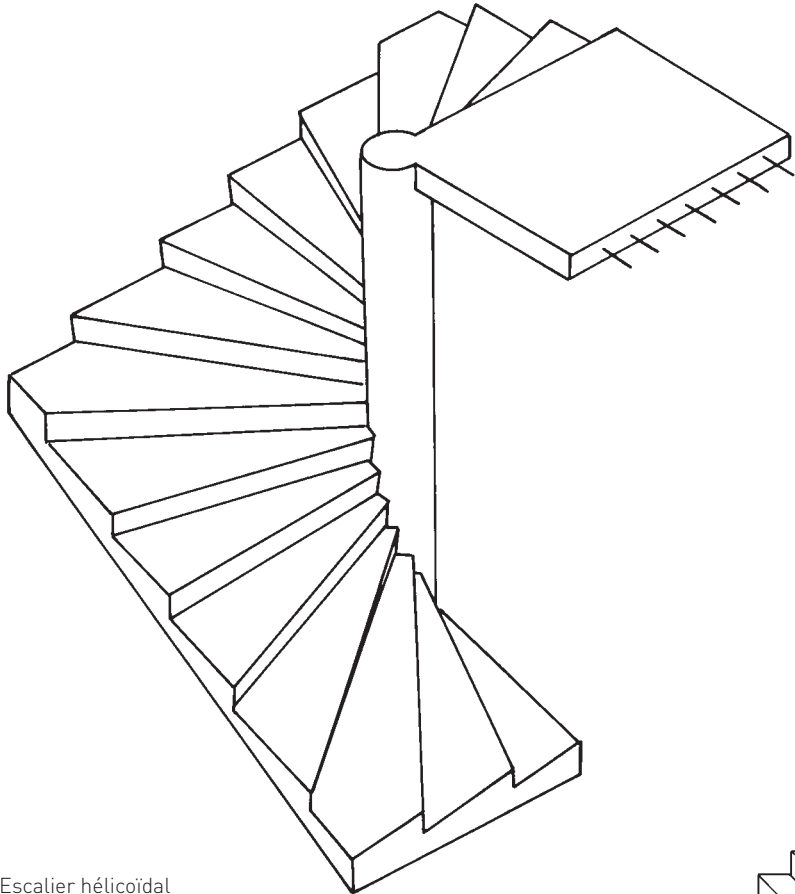
Il est primordial de toujours contrôler la conformité des escaliers à la NBN S21-202 et à la norme de prévention incendie.



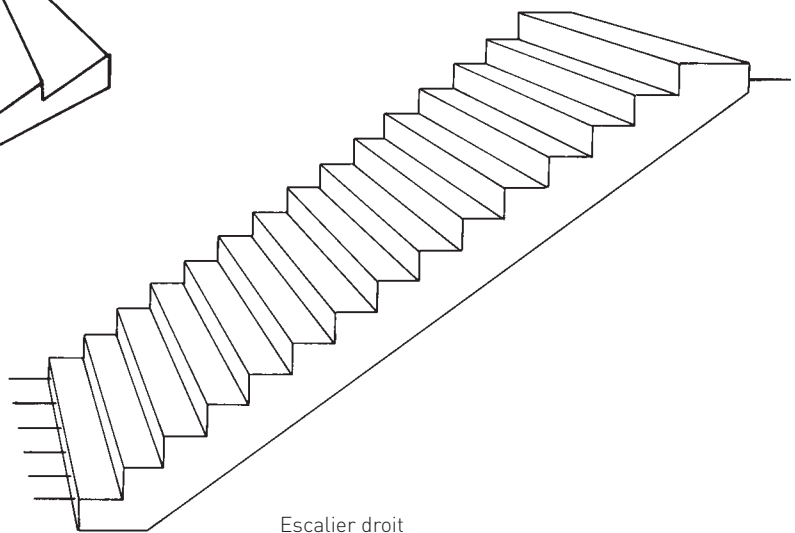
Escalier hélicoïdal



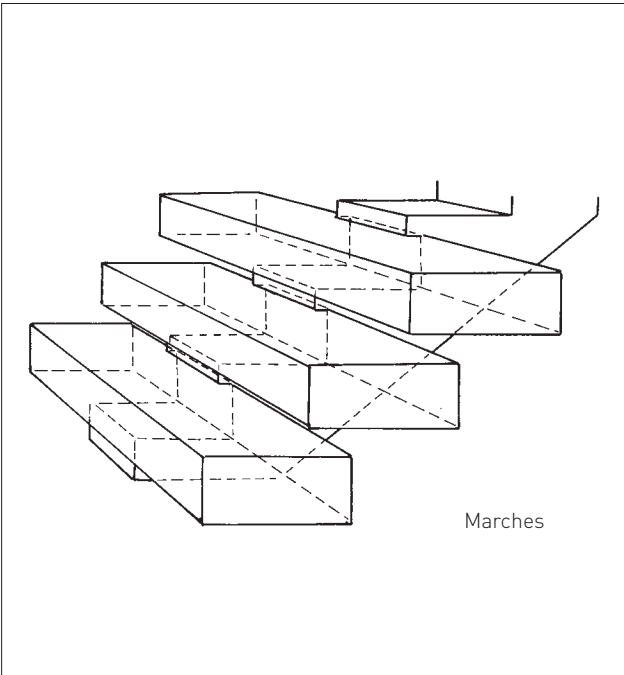
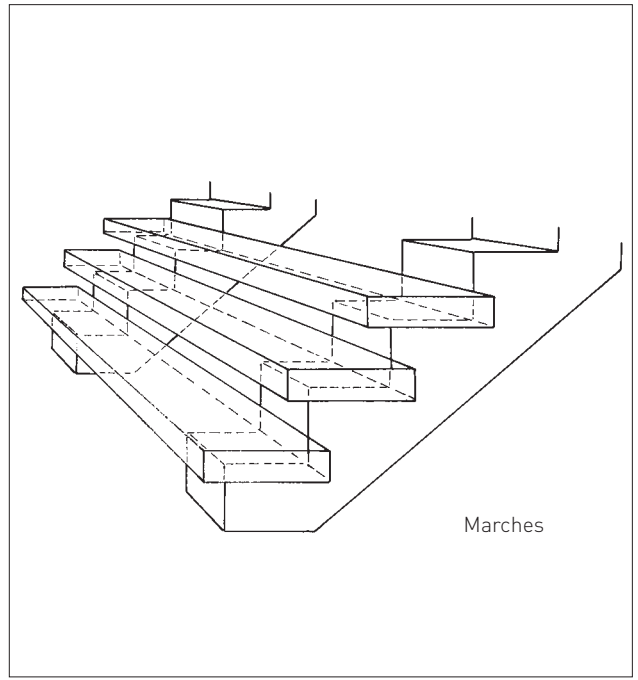
Escalier hélicoïdal



Escalier hélicoïdal



Escalier droit



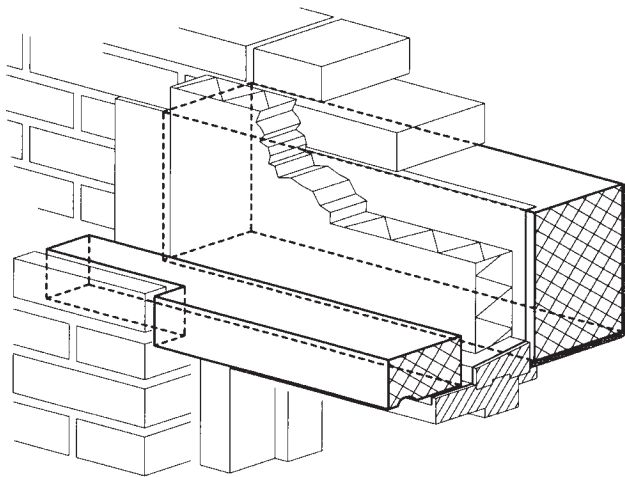
3.6 Petits éléments décoratifs de façade + garde-corps

Il s'agit d'éléments simples décoratifs venant compléter la forme générale de la façade : règles, bandeaux, corniches, acrotères, solins, corbeaux, meneaux, colonnades, encadrements de portes et de fenêtres.

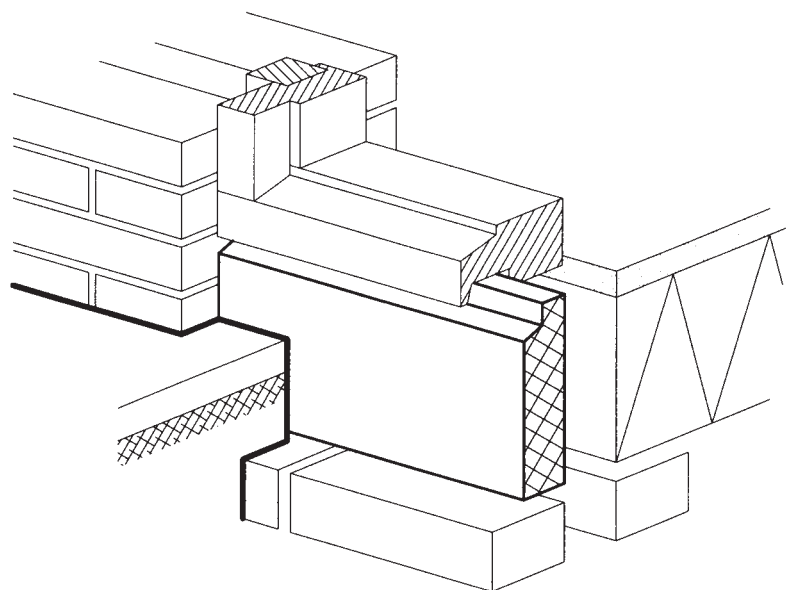
Outre leur fonction esthétique, ils participent à la protection de la façade contre les intempéries (emploi de bandeaux, solins, acrotères, corniches munis de larmiers permettant d'éviter le ruissellement de la pluie sur la façade).

Ces éléments sont également très utilisés pour la rénovation ou la réhabilitation de bâtiments.

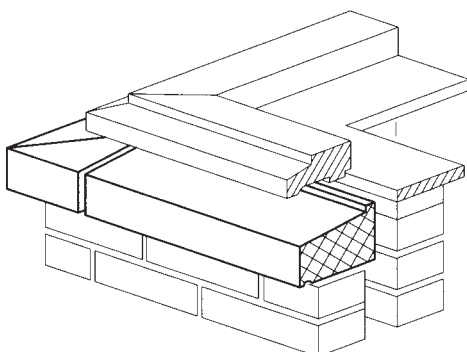
Leur finition fait appel à toutes les techniques habituelles.



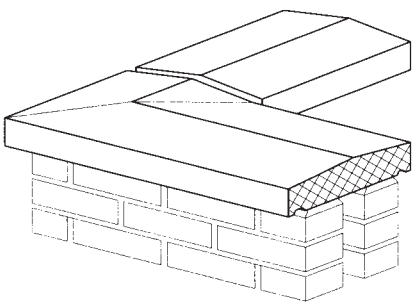
linteaux autoportants



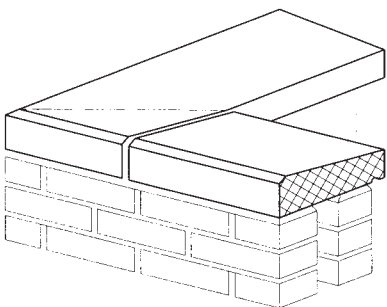
plinthe



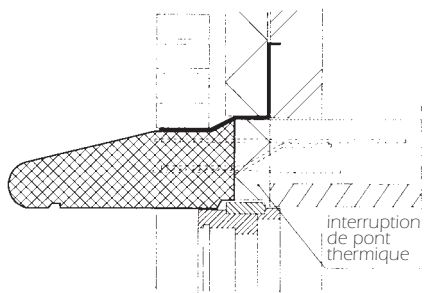
seuil



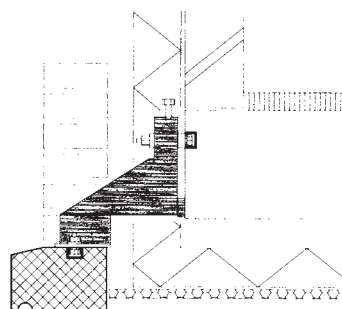
élément de couverture (pour coin)



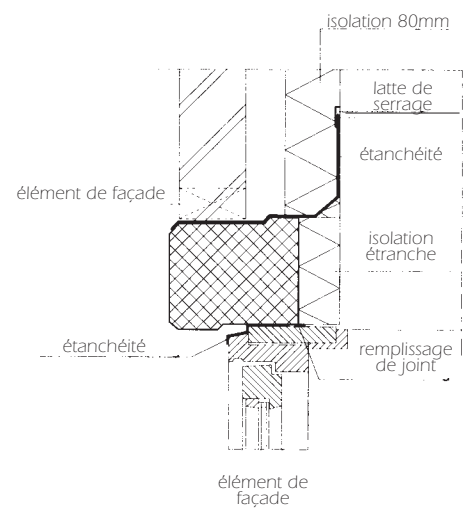
élément de couverture (pour coin)



élément de façade



élément de façade fixé à l'aide de consoles en acier



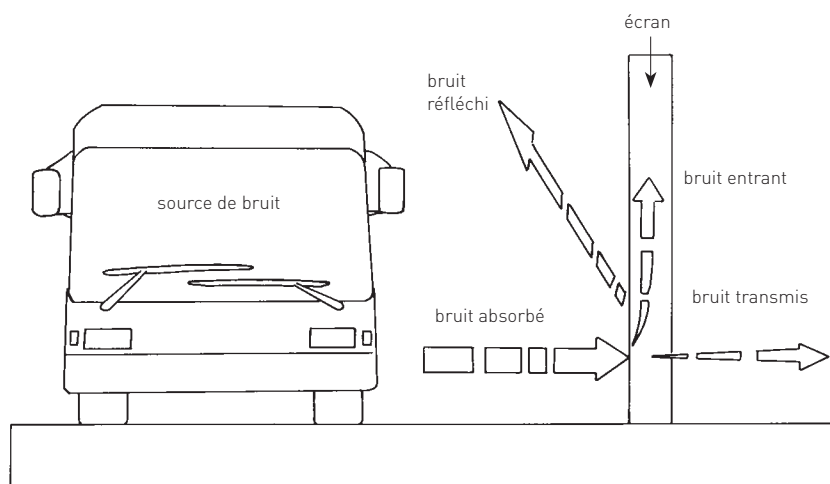
élément de façade



3.7 Éléments pour le génie civil

3.7.1 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.



Écrans acoustiques en béton architectonique



Ces écrans peuvent présenter une faible inclinaison et remplir ainsi une fonction de soutènement. L'insonorisation est obtenue grâce à une structure nervurée absorbante. La pose des écrans est rapide et peut être réalisée pendant les heures de faible trafic.

C'est la grande masse volumique du béton qui donne son efficacité à l'écran acoustique.

3.7.2 Ouvrages d'art

Un grand nombre d'éléments architecturaux sont utilisés lors de la finition de la construction de ponts (corniches, parapets), comme parois pour la réalisation de piles de pont et de viaduc, ou bien encore pour les murs de soutènement.

Viaducs à Vaux-Sous-Chèvremont - Conception Tuc-Rail

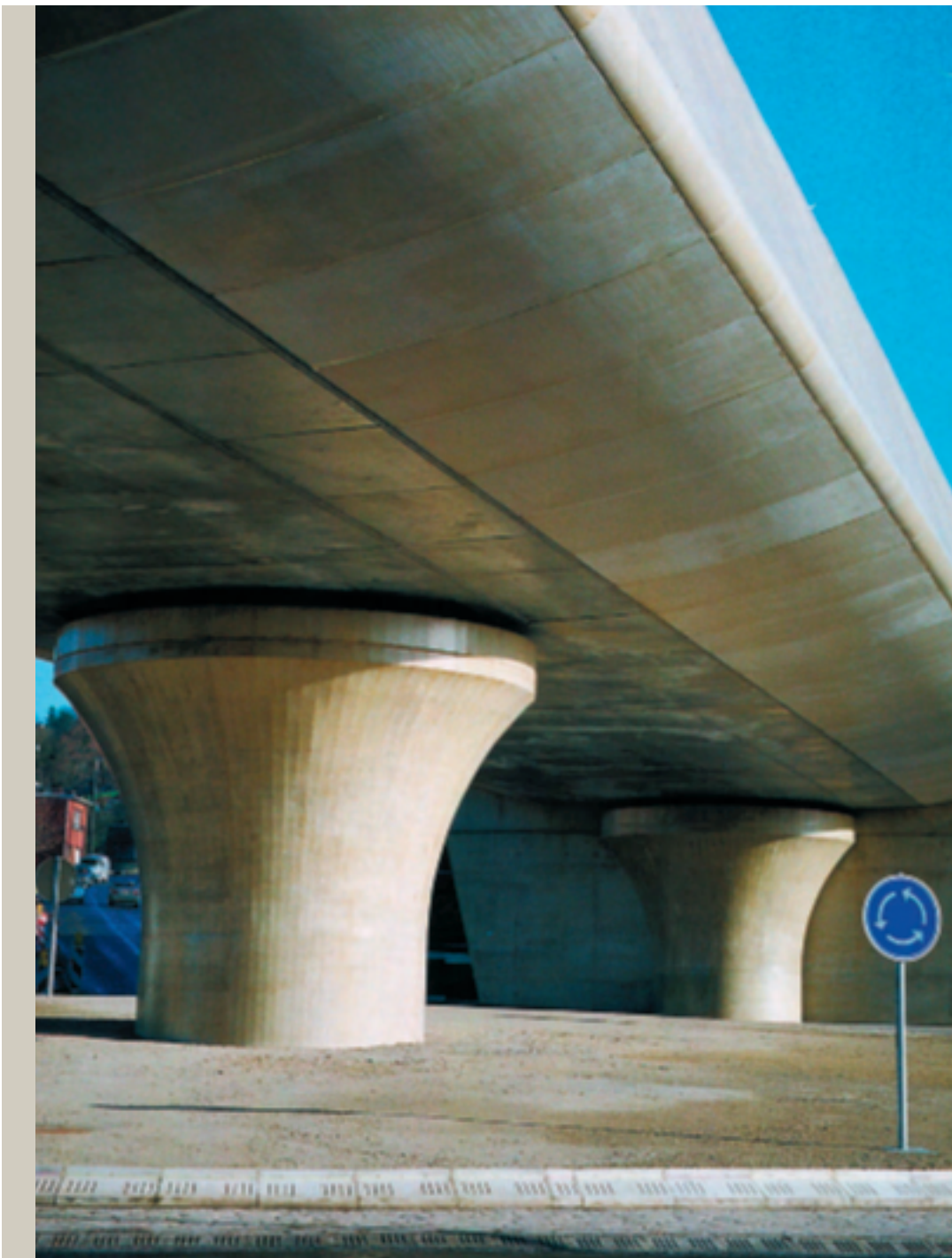


Photo du haut : tunnel Amman, Anvers – Photo du bas : ponts de la R4, Wippegem

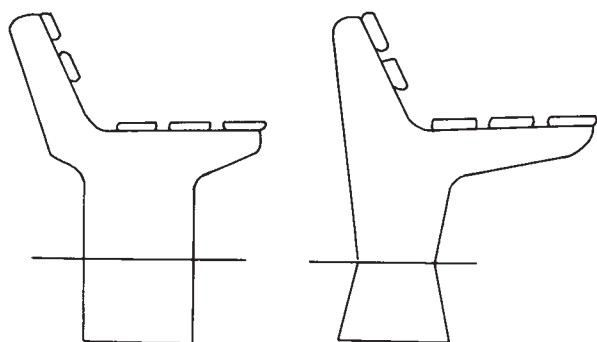
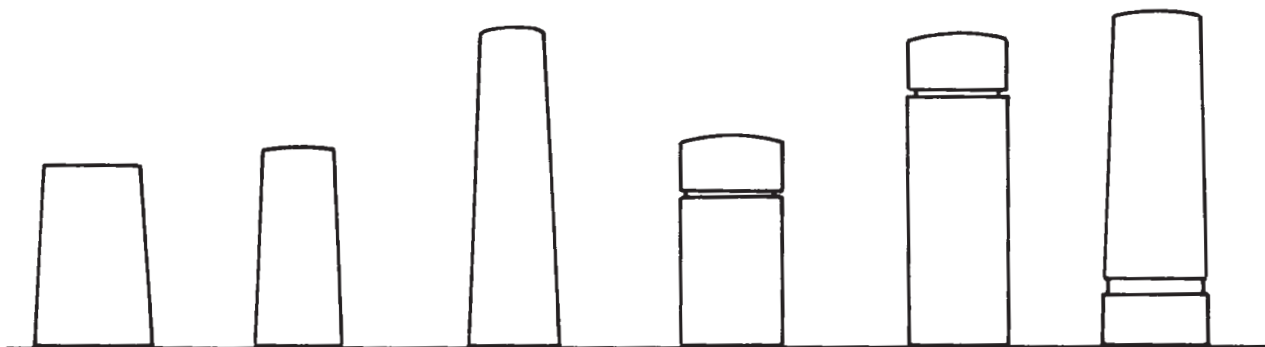


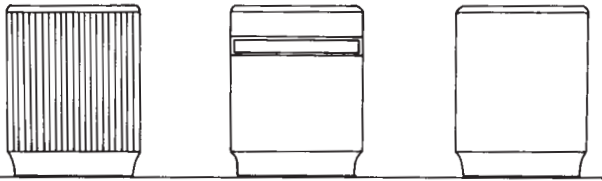
3.8 Mobilier d'aménagement urbain

Les éléments de cette famille sont très diversifiés.

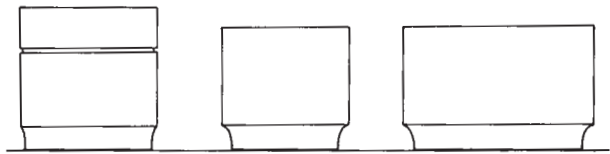
On y trouve en particulier des jardinières, bornes, bancs publics, fontaines, colonnes d'affichage, sculptures, poubelles, etc.

Le mobilier urbain en béton architectural offre une grande liberté d'expression : création de formes inédites, recherche d'aspects de surface et de finition.





Poubelles



Jardinières





Qualité, certification et BENOR

4.1 Marquage CE

4.2 Qualité

4.3 Certification

4.4 Certification des produits comme base de la marque BENOR

4.5 La marque de conformité BENOR

4.6 Contrôle

4.7 Références – Spécifications techniques



Synagoge Dresden – arch. Wandel Hoefer Lorch, Saarbrück

4.1 Marquage CE

Le marquage CE pour les produits de construction, apparu voici quelques années, n'a pas pour objectif d'attester de la qualité des produits de construction, mais bien d'en assurer la libre circulation. Le marquage CE des produits de construction résulte en effet de l'application de la Directive européenne pour les produits de construction (DPC), qui constitue un élément de la politique de l'Union Européenne – également appelée Nouvelle Approche – et vise à favoriser les échanges commerciaux dans l'Espace Economique Européen.

Le marquage CE pour les produits de construction indique que les produits en question répondent à certaines prestations minimales relatives à 6 exigences essentielles. La législation et la réglementation nationale de l'état-membre où le produit est mis sur le marché peuvent imposer des valeurs limites pour ces exigences.

Ces 6 exigences essentielles concernent :

- la résistance mécanique et la stabilité,
- la sécurité au feu,
- l'hygiène, la santé et l'environnement,
- la sécurité d'utilisation,
- la protection contre le bruit,
- l'économie d'énergie et l'isolation.

Le marquage CE pour les produits de construction va donc de pair avec la déclaration des performances caractéristiques liées à ces 6 exigences essentielles. La libre circulation des produits munis de ce marquage CE et dont les performances déclarées sont conformes aux exigences de la législation et la réglementation nationales ne peut pas être entravée.

Pour un produit donné, les 6 exigences essentielles sont traduites en exigences spécifiques pour les caractéristiques spécifiques propres à ce produit via des spécifications techniques dites harmonisées. Pour les produits en béton, il s'agit quasiment sans exception de normes européennes harmonisées (hEN), établies par le CEN sous mandat de la Commission Européenne.

Chaque norme européenne harmonisée comporte une annexe ZA, indiquant les caractéristiques du produit pertinentes dans le cadre de l'application de la DPC et précisant les modalités d'application du marquage CE. Dans ce cadre, pour de nombreux produits de construction, toutes les caractéristiques figurant dans la norme européenne ne sont pas pertinentes. Les caractéristiques liées aux exigences essentielles sont généralement appelées caractéristiques harmonisées.

Selon la DPC, le fabricant est lui-même responsable de l'attestation de conformité de son produit et de la déclaration des performances des caractéristiques harmonisées. La conformité est attestée selon 6 systèmes d'attestation possibles, numérotés de 1+ à 4. En fonction du système d'attestation, l'intervention d'un organisme notifié indépendant ayant une tâche bien déterminée par système d'attestation, est de mise ou non.

Pour la plupart des éléments préfabriqués en béton, la Commission Européenne

a fixé le système d'attestation 2+, mais pour un nombre limité de produits non structurels, comme les éléments de murs ou de pertuis non porteurs, c'est le système d'attestation 4 qui s'applique.

Dans le cas du système d'attestation 2+, le fabricant ne peut déclarer les performances des caractéristiques harmonisées de son produit et y apposer le marquage CE que s'il dispose d'un certificat CE du FPC (Factory Production Control) délivré par un organisme notifié. En revanche, dans le cas du système d'attestation 4, le fabricant déclare les performances des caractéristiques harmonisées de façon autonome, sans intervention d'une tierce partie.

Cependant, il ne s'agit pas, ni dans un cas, ni dans l'autre, d'une certification de produit à part entière. Dans le cas du système d'attestation 4, il n'y a même pas de contrôle externe.

Cela signifie que le marquage CE ne constitue en rien une garantie de qualité, cela n'était clairement pas l'objectif du législateur.

À ce jour, le béton architectonique ne dispose pas d'une norme harmonisée. Un certain nombre d'éléments doivent pourtant porter le marquage CE, car une norme existe pour le type d'élément. Une poutre en béton architectonique portera par exemple le marquage CE car les poutres dépendent de la norme harmonisée pour éléments linéaires.

Lors de la publication de ce guide, des normes harmonisées existent pour les produits suivants :

NBN EN 13369 NBN B 21-600	Produits préfabriqués en béton
NBN EN 13225 NBN B 21-604	Produits préfabriqués en béton – Eléments de structure linéaires
NBN EN 13978-1	Produits préfabriqués en béton – Garages préfabriqués en béton armé
NBN EN 13693	Produits préfabriqués en béton – Eléments spéciaux de couverture
NBN EN 14843 NBN B 21-611	Produits préfabriqués en béton – Escaliers
NBN EN 14992 NBN B 21-612	Produits préfabriqués en béton – Eléments de mur
NBN EN 15050	Produits préfabriqués en béton – Eléments de pont
NBN EN 15258	Produits préfabriqués en béton – Eléments de murs de soutènement

La brochure "le marquage CE pour les produits en béton" donne plus d'information à ce sujet. Elle est téléchargeable du site web de la FEBE (www.febe.be) ou disponible sur simple demande auprès de la FEBE (mail@febe.be).

4.2 Qualité

Les exigences de qualité auxquelles doit correspondre un produit sont spécifiées dans le PTV 21-601.

La norme approche le concept de qualité sous trois angles :

- esthétique (aspects et couleurs),
- dimensionnel (quels écarts sont tolérés par rapport aux mesures convenues, comment sont placés les dispositifs de coulage, où doit se trouver l'armature ?),
- durabilité (jusqu'à quelle mesure la durabilité dépend-elle de l'enrobage de l'armature, de la qualité du béton, de l'absorption de l'eau ?).

Pour ces trois aspects de qualité, deux niveaux sont possibles. En fonction des exigences spécifiques d'un projet particulier, le cahier des charges permet de choisir le niveau « éléments industriels en béton décoratif » ou « éléments architectoniques en béton décoratif ». Ce dernier niveau représente les plus hautes exigences en matière de béton décoratif.

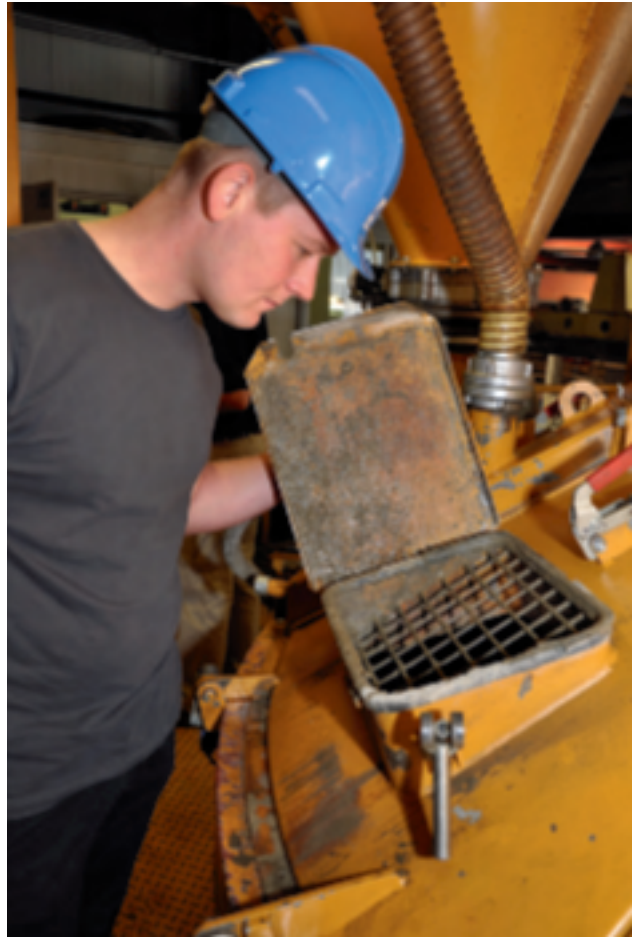
4.3 Certification

En Belgique, les produits en béton peuvent faire l'objet d'une certification BENOR. Pour pouvoir porter la marque BENOR, le béton architectonique doit répondre aux prescriptions techniques du PTV 21-601 « Éléments architectoniques et industriels préfabriqués en béton décoratif ».

Aux Pays-Bas, les produits en béton peuvent faire l'objet d'une certification volontaire pour porter la marque KOMO. Les normes NEN 5950 « Prescriptions technologiques du béton » et BRL 2813 « Éléments de construction en béton » font office de directives de qualité. La totalité du procédé de production est transparent et toutes les phases de production sont systématiquement contrôlées par des personnes spécialement formées à cet effet.

En France, il existe le « Qualif-IB Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine », et en Allemagne, la « Baustoffüberwachung ».





4.4 Certification des produits comme base de la marque BENOR

Lorsqu'un fabricant reçoit l'autorisation d'utiliser la marque BENOR pour son produit, cela s'appelle la certification de produit. Cette marque représente une double garantie pour les clients du fabricant. D'une part, le fabricant garantit qu'il effectue un contrôle permanent quant à la correspondance de son produit avec les spécifications techniques – ce qui s'appelle en langage technique « l'autocontrôle industriel ». D'autre part, un organisme de certification exécute des contrôles externes qui lui permettent de garantir la fiabilité de la « déclaration de conformité ».

4.5 La marque de conformité BENOR

Au sens strict, la « certification de produit » est un mandat qui concerne deux parties, à savoir le fabricant (le licencié) qui reçoit le mandat, et une tierce partie (indépendante), l'organisme de certification, qui octroie la licence.

L'octroi du certificat BENOR signifie que le producteur a bien reçu l'autorisation d'utiliser la marque BENOR. L'organisme de certification prend le temps nécessaire pour octroyer une licence. En pratique, la licence n'est octroyée :

- qu'après conclusion entre l'organisme de certification et le fabricant d'un accord prévoyant que ce dernier s'engage entre autres à garantir une conformité sans faille de son produit, et assure à cet effet un autocontrôle industriel selon des règles préétablies.
- qu'après une période d'enquête lors de laquelle tant les contrôles internes qu'externes donnent entière satisfaction.

4.6 Contrôle

Pour la plupart des produits, la garantie de la marque BENOR ne concerne pas uniquement le produit final. Les matières premières et la fabrication font également l'objet d'un autocontrôle industriel imposé au fabricant de matériaux de construction par le règlement BENOR. De plus en plus souvent, l'autocontrôle fait appel à des éléments de la norme de qualité NBN EN-ISO 9000.

Afin de vérifier la validité et la fiabilité de l'autocontrôle, l'organisme de certification fait procéder périodiquement à des contrôles externes. Lors de tels contrôles, des échantillons sont prélevés et envoyés pour analyse à un laboratoire de contrôle agréé par le SPF Mobilité et Transports. Certains organismes de certification effectuent eux-mêmes les contrôles externes ainsi que les essais de contrôle, d'autres confient ces missions à des organismes de contrôle.

Étant donné le caractère permanent des contrôles effectués dans le cadre de la marque BENOR et compte tenu de la nécessité d'interprétation statistique des résultats de contrôle, il est légitime d'affirmer que ces contrôles sont plus fiables que ceux effectués par une seule partie.



Attention : un certificat de produit BENOR n'est pas un certificat ISO 9000. Le certificat ISO 9000 se réfère uniquement au système de gestion de la qualité par le fabricant. Il ne fait que confirmer que le fabricant s'est organisé suivant les spécifications de la série de normes NBN EN ISO 9000 et selon les procédures internes développées et appliquées à cet effet.

Il existe bien sûr de nombreux points communs entre la certification de système (ISO) et la certification de produit (BENOR). Il est évident qu'un fabricant désireux d'effectuer un autocontrôle dans le cadre de la marque BENOR sera obligé d'avoir une organisation basée sur des procédures internes clairement établies. Mais, afin de s'assurer de la conformité des produits finaux aux spécifications techniques, le contenu des autocontrôles effectués dans le cadre des marques de conformité devra être déterminé par un organisme externe ou en collaboration avec l'organisme de certification. Par contre, en matière de certification de système, c'est le fabricant qui définit lui-même ses objectifs de qualité et le contenu de son autocontrôle.

4.7 Références – Spécifications techniques

NBN EN 45011:1998 – Exigences générales relatives aux organismes procédant à la certification de produits (ISO/IEC Guide 65:1996)

NBN EN ISO 9000:2005 – Systèmes de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire

NBN EN ISO 9001:2000 – Systèmes de management de la qualité – Exigences (ISO 9001:2000)

NBN EN ISO 9004:2000 – Systèmes de management de la qualité – Lignes directrices pour l'amélioration des performances



PROBETON

Association sans but lucratif

BENOR

organisme de gestion pour le contrôle des produits en béton

Rue d'Arlon 53 - B9
B-1040 Bruxelles

Tél. (02) 237.60.20
Fax (02) 735.63.56

e-mail : mail@probeton.be
website : www.probeton.be

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES	PTV	21-601
	Edition 2	2001

T 00/1795 F

2000.11.24

C6: 2001.09.24-Mod.

**ELEMENTS ARCHITECTONQUES ET INDUSTRIELS PREFABRIQUES
EN BETON DECORATIF**

Validé et enregistré par l'Institut Belge de Normalisation
le 2002.02.14

Enregistré par le Ministère des Communications et de l'Infrastructure
(Loi de 1984.12.28 - Art. 3) le 2002.02.27 sous la réf. Vici/Q/215

© PROBETON - 2001

Prix: groupe 13



Fragine, Deerlijk - Arch.: BUR0 II, Roeselare



I.E.G., Mouscron - Arch.: P. Desneulin, Mouscron



Les Grands Prés, Mons - Arch.: Atelier d'Art Urbain, Bruxelles
photo: Y. Glavie

Durabilité et entretien

5.1 Introduction

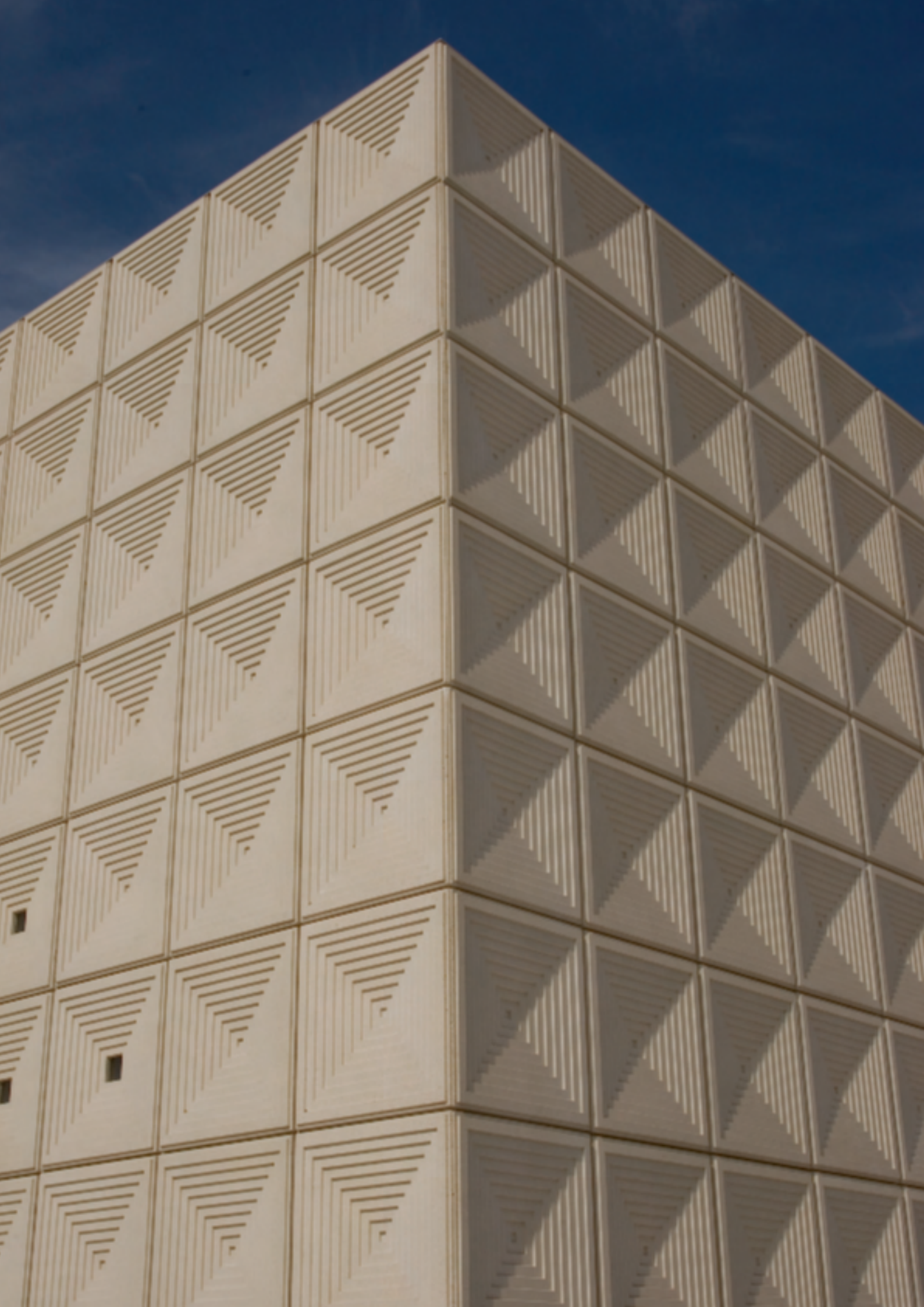
- 5.1.1 Généralités
- 5.1.2 Traitements
- 5.1.3 Systèmes de protection de surface
- 5.1.4 Fillers
- 5.1.5 Béton photocatalytique
- 5.1.6 Nettoyage

5.2 Apparence du béton architectural

- 5.2.1 Type I : non traité, lisse
- 5.2.2 Type II : non traité, structuré
- 5.2.3 Type III : traité
- 5.2.4 Béton avec ajout d'autres matériaux

5.3 Salissure de la surface du béton architectural

- 5.3.1 Introduction
- 5.3.2 Efflorescence de chaux
- 5.3.3 Croissance de la végétation
- 5.3.4 Pollution
- 5.3.5 Facteurs liés à la façade
- 5.3.6 Salissures par graffiti



5.1 INTRODUCTION

5.1.1 Généralités

La durabilité du béton architectural dépend en premier lieu de la porosité de sa surface. Par conséquent, dans le domaine de la production du béton architectural, toutes les mesures visent à diminuer cette porosité.

Hormis la porosité de surface, la durabilité est aussi fortement influencée par l'environnement dans lequel les éléments sont placés. S'agit-il d'une zone sans trafic, d'un lieu très arboré, d'une construction haute ou basse, ... tous ces éléments jouent aussi un rôle.

5.1.2 Traitements

Une surface très lisse empêche les salissures de se fixer. Afin d'obtenir une telle surface, le béton peut être meulé, poli ou bouche-poré. La durabilité est également déterminée par le choix de gros granulats. La matrice de ciment, étant plus poreuse que les granulats, forme ici le maillon faible.

5.1.3 Systèmes de protection de surface

Entièrement fermé, partiellement fermé et intégralement imprégné

Comparé au béton standard, le béton imprégné de polymère est particulièrement résistant et présente d'importantes propriétés de durabilité. Si la durabilité est plus importante que le gain de résistance, il suffit d'imprégner et de polymériser une couche relativement fine (de 0,5 à 1 cm) située du côté extérieur du béton. Un déséquilibre entre les coûts et les avantages empêche l'application de ce système à grande échelle.

Hydrofuge

Des produits hydrofuges à base de silicone garantissent, dans des circonstances normales, une durabilité d'environ 10 ans. D'autres produits sont efficaces moins longtemps.

Coating

Les différents produits de coating proposent des performances très diverses. Sur base de leur composition spécifique, il existe un grand écart entre les caractéristiques techniques respectives. Les durées de vie techniques des systèmes de coating varient de 5 ans à 15 ans.

Systèmes anti-souillures (= anti-graffiti)

Les villes sont de plus en plus souvent confrontées à la souillure des façades par graffiti. L'adage est connu : mieux vaut prévenir que guérir. Il est donc recommandé d'apposer un système anti-graffiti sur les éléments en béton architectural.

Les différents systèmes anti-graffiti offrent également des performances très diverses. Il convient de différencier 3 systèmes :

- à usage unique : la couche de protection disparaît lors du rinçage pour enlever les graffitis, elle doit donc être réappliquée.
- semi-permanents : combinaison d'une couche de fond et d'une couche à usage unique. Cette dernière disparaît donc par le nettoyage du graffiti et doit être réappliquée partiellement ou dans sa totalité.
- permanents : il s'agit d'une couche complètement fermée qui ne subit aucun dommage par l'utilisation de produits de nettoyage et qui conserve ses fonctions protectrices après le rinçage des graffitis.

La gamme de produits anti-graffiti est très large. Grâce à son expérience dans le domaine, le fabricant de béton architectonique vous conseillera pour faire le bon choix.

5.1.4 Fillers (fines)

Les fillers sont (d'ordinaire) utilisés pour augmenter le compactage en bouchant les cavités entre les grains plus fins. Les substances pouzzoloniques, ajoutées comme filler au béton, peuvent contribuer au développement de la résistance et à la durabilité.

5.1.5 Béton photocatalytique

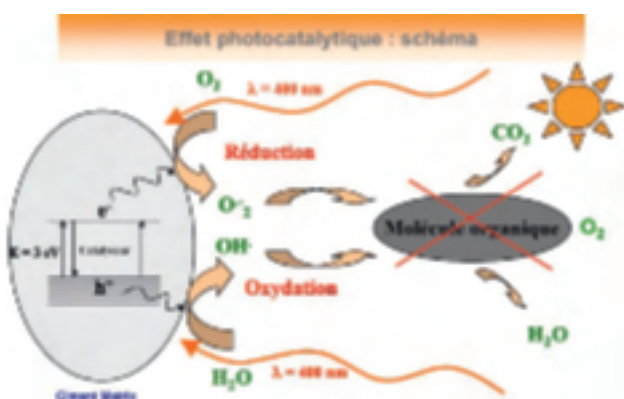
Le fonctionnement est basé sur le principe de photo-catalyse. La combinaison de l'énergie solaire et d'un catalyseur dans le matériau précipitent certaines réactions chimiques. Le catalyseur ne participe pas à la réaction chimique, ce qui en rend le fonctionnement permanent.

L'ajout de ciment photo-catalytique dans la composition du béton active l'effet catalytique que certains oxydes et sels produisent sur la destruction des salissures organiques. En ajoutant ces oxydes et sels au ciment, et sous l'influence des rayons UV, le contact entre les salissures organiques et le béton est interrompu de manière permanente. Le béton conserve ainsi son aspect d'origine.

5.1.6 Nettoyage

Le nettoyage de la surface du béton architectonique donne de bons résultats – à condition qu'il soit réalisé professionnellement. Une simple erreur d'exécution peut causer d'énormes dommages. (cfr Dossier Post-Intervention disponible chez les fabricants ou via www.febelarch.be)

Res. Commodore, Ostende – arch. Luc Declercq, E&L



5.2 APPARENCE DU BÉTON ARCHITECTONIQUE

Les caractéristiques plastiques que présente le béton pendant sa phase de mise en œuvre rendent possibles des variations de relief, de couleur et de texture. Cette partie donne un aperçu des apparences que peut prendre le béton architectonique aujourd'hui. Chaque sous-section décrit brièvement la technique utilisée ainsi que quelques aspects importants pour la qualité esthétique.

5.2.1 Le béton architectonique du type I – non traité, lisse

a. Le béton tel que démoulé, lisse, gris

Technique

- Le mélange de béton est coulé et compacté dans un moule ou coffrage lisse (acier, multiplex) à l'aide de la technique de compactage appropriée ;
- Comparé aux autres types de béton, le béton lisse, gris n'est pas facile à fabriquer. La réalisation du béton coulé en place est particulièrement difficile : toutes les imperfections sont immédiatement visibles.
- Afin de masquer les légères différences de teinte de gris, le béton est parfois traité à l'aide d'un coating très fin et transparent, par exemple à base d'acrylate. Il est également possible de gommer légèrement la peau de béton. Le produit est appliqué à l'aide d'un vaporisateur ou d'une éponge.

Aspects de vieillissement :

Les imperfections dans la peau de béton augmentent la sensibilité aux salissures.

Res. Vierschip, Ostende – arch. R. Van Troostenberghe



b. Le béton tel que démoulé, coloré

Technique

- En règle générale, le béton est coloré à l'aide de sable, de granulats colorés ou de pigments à base d'oxydes métalliques. De nombreuses couleurs peuvent ainsi être réalisées. L'intensité de la couleur dépend de la couleur du ciment, du rapport eau/ciment et de la qualité de la cure.
- Pour les faces coulées horizontalement (dans le cas de la préfabrication), il est possible de donner une autre couleur à la couche de surface (30-40 mm) par rapport à celle de la pleine masse du béton, ceci pour des raisons de coût.
- À l'instar du béton lisse et gris, les différences de nuance peuvent être masquées à l'aide d'un coating d'acrylate transparent ou grâce à un léger gommage.

Durabilité et vieillissement

Dans le cas de mises en œuvre lisses, il convient de tenir compte d'une altération de la couleur au fil du temps. En effet, au fur et à mesure que la peau extérieure du béton se détériore, les agrégats vont exercer leur influence sur la couleur du béton.

5.2.2 Le béton architectonique du type II – tel que démoulé, structuré

a. Le béton profilé

Technique

- Technique de modelage en bois et coating du moule.
- Jeu des lignes grâce aux cannelures répétitives, profilage ou appareillage spécial de dalles/blocs.

Durabilité et vieillissement

- Un mauvais écoulement peut causer de salissures (par exemple, lorsque les eaux de pluie s'écoulent le long des profils horizontaux des éléments de façade). Il convient de recouvrir suffisamment l'armature des éléments en retrait pour éviter la rouille.
- Un profilage vertical peut masquer les salissures, l'apparition de nuages et d'autres différences de nuance. (par exemple : les cannelures ou les salissures qui se trouvent dans l'ombre).

b. Relief composé de parties en bois rugueuses (structure en veine de bois)

Technique

- Un coffrage en parties en bois non rabotés laisse une empreinte dans le béton.
- Un coffrage composé de plaques en multiplex donne une structure en veine de bois lisse.

Durabilité et vieillissement

Voir paragraphes 5.2.1 a. (béton tel que démoulé, lisse, gris) et b. (béton tel que démoulé, coloré).

c. Relief composé de tapis en matière plastique

Technique

Un tapis flexible en matière plastique avec un relief ou un modèle est collé dans le coffrage (sans être tendu). Le béton reprend alors ce relief ou modèle. Les tapis peuvent être réutilisés.

Durabilité et vieillissement

Voir paragraphes 5.2.2.a. (béton profilé). La durabilité est égale à celle des surfaces coulées contre le bois ou l'acier.

5.2.3 Le béton architectonique du type III - traité

a. Le béton grésé, poli, terrazzo

Technique

- La peau de ciment du côté du coffrage est éliminée (par grésage ou ponçage), rendant la couleur et la forme des agrégats apparentes.
- Les agrégats peuvent ensuite être laminés dans le mélange encore humide, grésés et poncés (à l'état mouillé) au moment opportun. Cela s'appelle la « méthode terrazzo ».

Résidence – arch. Crepain Binst



Durabilité et vieillissement

La surface lisse retient moins de salissures et est, suite au ponçage, plus fermée. La durabilité dépend également du choix des gros agrégats. Pour cette application, il ne s'agit en général pas de gravier de rivière courant. La matrice de ciment forme ici le maillon faible, puisque sa porosité est plus grande que celle des agrégats. Pour des raisons esthétiques, le choix s'oriente souvent vers la pierre naturelle.

b. Le béton lavé

Technique

- Lavage au début de la prise.
- L'hydratation du ciment de la surface du béton est retardée à l'aide d'une feuille de papier ou d'une pâte retardatrice. La peau de ciment peut ainsi être rincée avec de l'eau, rendant les agrégats apparents.
- Pour les deux méthodes, la couche décorative (couche de surface) peut avoir une composition différente du reste du béton.

Durabilité et vieillissement

Sur une surface plus rugueuse, les salissures sont moins dérangeantes. De plus, la pluie garde les agrégats durs propres, ce qui permet à la façade de présenter beaucoup plus longtemps une apparence de propreté.

c. Le béton gommé (grenaillé), flammé

Technique

La peau de ciment est enlevée par flammage ou grenaillage, rendant les agrégats apparents. Le grenaillage fait ressortir la rugosité du gravier, créant ainsi une texture différente de celle du béton lavé.

Durabilité et vieillissement

Comparable au béton lavé. Avec le lavage ou gommage, ce sont les gros agrégats qui déterminent l'aspect de la surface de la façade. Grâce à la compacité de ces éléments, les salissures se fixent difficilement ; la pluie et le vent assurent un nettoyage régulier. En outre, lorsque de tels traitements de surface sont combinés avec, par exemple, des profilages verticaux, la fixation de salissures concentrées sur les fenêtres, les rebords et autres parties de l'élément est quasi exclue et celles-ci ne peuvent donc pas altérer l'aspect de la façade.

École Royale Militaire – arch. Assar





d. Le béton haché

Des cannelures composées de lattes posées dans le moule ou le coffrage créent des parties en retrait. Les parties surélevées sont ensuite entièrement ou partiellement taillées, avec comme résultat une bande irrégulière d'agrégats apparents.

e. Le béton acidé

La peau de ciment de la surface durcie du béton est enlevée par un traitement ou un bain acide dilué en fonction de la profondeur d'action voulue. La surface traitée est ensuite soigneusement rincée à l'eau. Le traitement permet d'obtenir une surface à structure légèrement gommée.

f. Le béton bouchardé

La surface de béton durcie est martelée manuellement ou pneumatiquement avec un marteau bouchard dont l'écartement des dents est choisi en fonction de l'aspect final désiré.

Durabilité et vieillissement

Voir paragraphe 5.2.2.a (béton profilé).

5.2.4 Le béton incrusté d'autres matériaux

a. Surface en béton combinée à des carreaux en céramique

Technique

- Les carreaux en céramique sont fixés dans le fond du moule (à l'aide du vide et de moules en caoutchouc). Ensuite le béton est coulé et compacté.
- Lors d'applications intérieures, les éléments sont ensuite collés.

Durabilité et vieillissement

Grâce à l'émail et à leur surface lisse et compactée, la surface des dalles est autonettoyante.

b. Surface en béton combinée à de la pierre naturelle

Technique

La pierre naturelle peut être fixée à la paroi portante en béton à l'aide d'ancrages en acier inoxydable, remplissant ainsi la fonction de revêtement dans une construction à parements. Les plaques sont fixées à l'aide d'ancrages en inox ou placées ultérieurement, après le décoffrage.

Durabilité et vieillissement

La durabilité du revêtement dépend entièrement du type de pierre utilisé. Un aspect déterminant tel que la structure de surface peut ainsi varier de très poreux à fortement compacté.

c. Pierres et blocs en béton incrustés dans les façades et les parois

Technique

Des pierres et blocs en béton standardisés peuvent être utilisés dans le cadre de maçonnerie architectonique.

Durabilité et vieillissement

La peau de ciment peut s'altérer sous l'influence de l'environnement. L'aspect des pierres est alors déterminé par le choix des agrégats.

Aéroport Charleroi – arch. T. Demeyer



5.3 SALISSURE DE LA SURFACE DU BÉTON ARCHITECTONIQUE

5.3.1 Introduction

Cette partie tend à expliquer les raisons du changement progressif de l'apparence des surfaces de béton et les manières d'y contrevenir.

Dans ce processus, cinq phénomènes sont déterminants :

- Efflorescence de chaux : le transport capillaire de la chaux vers la surface du béton provoque son apparition en surface ; ce phénomène n'est généralement que temporaire.
- Croissance de végétation : elle contribue à la pollution du béton et maintient la surface dans un état humide.
- Salissure par la poussière : ce phénomène est permanent et peut avoir des conséquences désastreuses sur l'apparence.
- Facteurs liés à la façade
- Salissure par graffiti

L'accent est mis ici sur la salissure, ses principales causes ainsi que ses facteurs déterminants. Une façade sale peut souvent être nettoyée de manière simple grâce à un nettoyeur hydraulique à haute pression.

5.3.2 Efflorescence de chaux

Suite à l'hydratation du klinker Portland, chaque kilogramme de ciment donne environ 250 gr. de chaux éteinte. En fonction de la compacité du béton, du moment du décoffrage et des conditions climatologiques, la chaux dissoute remonte vers la surface de l'élément. Là, la chaux se lie au dioxyde de carbone de l'air créant ainsi du carbonate de calcium. L'efflorescence de chaux se manifeste plus souvent lorsque la compacité du béton est relativement faible, lorsque le décoffrage est trop rapide et lorsqu'un temps sec et chaud fait suite à une période fraîche et humide. En fonction du taux d'acidité des eaux de pluie, le carbonate de calcium se dissout à nouveau sans autres conséquences pour la durabilité du béton.

5.3.3 Croissance de végétation

La végétation n'enlaidit pas toujours l'apparence du béton. Celle-ci peut prendre la forme d'algues, de champignons ou de mousses. Outre la variété, son apparence dépend de l'humidité, de l'exposition au soleil, du taux d'acidité de la surface, etc. Des études réalisées sur plusieurs surfaces en béton salies ont démontré qu'il est plus souvent question de végétation biologique que de dépôt minéral. Cette constatation laisse supposer qu'une méthode efficace d'application d'un biocide à longue durée d'action aurait des effets bénéfiques sur l'apparence du béton.

5.3.4 Pollution

a. Pollution de l'air

Le vent transporte l'air contenant de la poussière, fine ou grosse. La fine poussière (0,01 à 1 µm) qui flotte dans l'air se fixe facilement aux éléments de façade rugueux. En raison de l'important rapport surface/masse, la poussière fine dispose d'une grande capacité de recouvrement. La grosse poussière (1 µm à 1 mm) est nécessairement d'origine minérale ; sa capacité de fixation est bien moindre. La poussière se fixe moins facilement sur des surfaces sèches que sur des surfaces restées longtemps humides.

Comme la vitesse du vent est plus importante en hauteur, le dépôt de poussière est plus grand au pied des bâtiments. Cet effet est encore renforcé par le tourbillonnement de la poussière provoqué par le trafic. Les obstacles dévient les courants atmosphériques. En fonction de la vitesse, la configuration des courants peut être laminaire ou turbulente, mais elle a de toute façon une grande influence sur le dépôt de poussière.

b. Eaux de pluie ruisselante

Les pluies battantes exercent une plus grande influence sur les façades orientées sud-ouest. Ces façades captent en moyenne 40 à 50 litres d'eau par mètre carré. En règle générale, ces pluies battantes ne suffisent pas à rincer les façades de la poussière présente. Cette constatation vaut d'autant plus pour les parties inférieures du bâtiment et pour les orientations hors de la zone située entre le sud et l'ouest.

L'eau qui ruisselle sur une surface est considérée comme la première cause de pollution, puisqu'elle interfère avec la couche de poussière fixée de façon uniforme et que celle-ci est transportée et déposée ailleurs selon un schéma caractéristique. Les surfaces horizontales ou inclinées vers le haut sont plus exposées à l'eau de pluie que les surfaces verticales et les surfaces supérieures profitent plus de l'action de rinçage de la pluie que les parties inférieures. Le fait que l'action nettoyante de la pluie n'est pas partout aussi efficace a surtout des conséquences néfastes pour les façades orientées nord-est et nord-ouest.

5.3.5 Facteurs liés à la façade

a. Absorption des eaux par la façade

Comme l'effet des pluies battantes est proportionnel à la hauteur, les eaux ruissellent principalement le long des éléments de façade supérieurs. À une moindre hauteur, les eaux s'infiltrent dans le béton jusqu'à saturation. Lors d'une averse normale sur une surface relativement poreuse, les eaux ruisselantes n'atteignent en règle générale pas les parties inférieures.

b. La forme de la façade

Interruptions de façade : en principe, toute interruption horizontale de la surface de la façade est une protection pour la partie située en dessous. Par contre, il est possible que le dépôt de poussière soit plus important. De petites interruptions à hauteur des appentis et autres sont donc à éviter, surtout pour les façades largement exposées aux pluies battantes.

Finitions : lors de la mise au point des détails de finition, il faut veiller à un bon écoulement des eaux. Un bon concept limite la capacité polluante des eaux et diminue le nombre de nettoyages de façade.

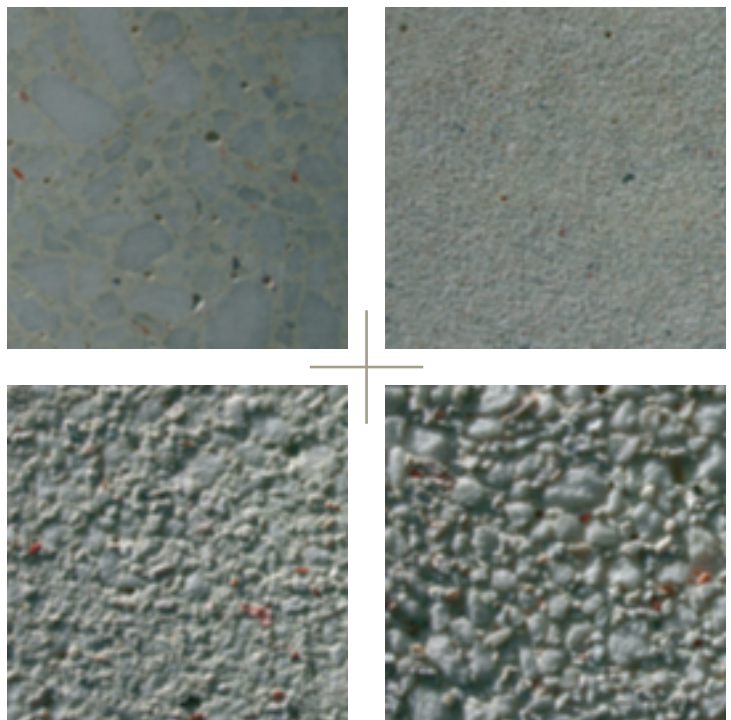
La pollution locale apparaît traditionnellement :

- lorsque les façades sont composées de matériaux avec une capacité d'absorption d'eau fort différente, ce qui fait couler l'eau d'un matériau vers l'autre, par exemple du verre vers le béton ;
- lorsque les façades présentent des éléments ayant une exposition différente aux eaux de pluie (des obstacles sortants tels que des saillies, appentis, balcons) ;

- lorsque les façades doivent faire face à des eaux ruisselantes depuis des parties horizontales ou quasi horizontales (telles que des rebords de toit, linteaux de fenêtre) ; en effet, les parties horizontales accumulent beaucoup plus de salissures que les parties verticales ;
 - dans le cas de murs où les eaux sont aspirées à partir de faces horizontales ou lorsque les eaux sont projetées contre le mur.
- En règle générale, il convient d'éviter les endroits où les salissures peuvent s'accumuler.

5.3.6 Salissure par graffiti

Le maculage des façades est une forme de vandalisme. La prévention est identique aux mesures de prévention traditionnelles du vandalisme telles que les clôtures et la surveillance. En outre, des mesures peuvent être prises pour faciliter le nettoyage. D'ordinaire, il s'agit de traitements de façade à l'aide de produits qui diminuent ou empêchent le maculage. Il existe actuellement une large gamme de produits anti-graffiti. Ceux-ci sont répartis entre systèmes à usage unique, semi-permanents et permanents. Le nombre de possibilités est bien sûr plus élevé pour une nouvelle construction que pour une façade existante.





Crematorium St Niklaas – Claus & Kaan arch. (photo C. Richters)

Exemples de réalisations

6.1 AZ Groeninge

6.2 Construction d'une villa

6.3 La place du Phare à Knokke

6.4 Collège Van der Meij

6.5 Béton graphique à Louvain



6.1 Exemple de réalisation 1 AZ Groeninge

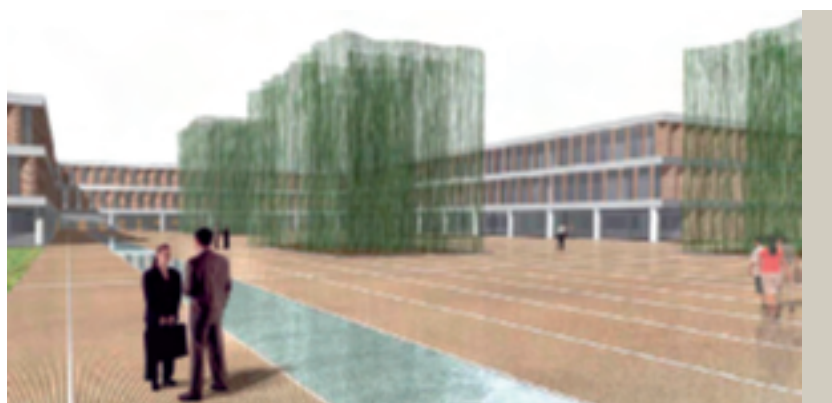
L'agrandissement de l'hôpital sur le campus AZ Groeninge est un évènement impressionnant. Non seulement vu l'ampleur du projet, mais aussi en raison des magnifiques éléments de façade en béton architectonique qui forment l'enveloppe extérieure du bâtiment. Les éléments de façade en béton architectonique combinent à la fois la portance, la technique et l'esthétique du bâtiment.

À l'origine, la façade avait été conçue en poutres horizontales en béton architectonique avec des colonnes verticales en maçonnerie. Pour des raisons esthétiques, il a finalement été décidé de réaliser les colonnes verticales également en béton architectonique, dans la même couleur et la même texture que les poutres horizontales.

Les colonnes verticales sont disposées en oblique par rapport à la façade et forment, grâce à leur orientation, un pare-soleil fixe. Cette disposition permet de conserver la lumière sur toute la surface de la fenêtre. Sur le plan architectural, cela confère également une disposition particulière au bâtiment : le promeneur qui longe le bâtiment jouit chaque fois d'une vue différente sur celui-ci. Ceci va d'une façade complètement ouverte avec des colonnes étroites et beaucoup de verre, lorsqu'on observe le bâtiment parallèlement aux colonnes obliques, à une façade complètement fermée lorsqu'on le regarde perpendiculairement. Avec tous les stades intermédiaires possibles et imaginables.

Deux particularités retiennent encore l'attention. D'une part, l'évacuation des eaux de pluie de la façade a été complètement intégrée aux éléments. Et c'est loin d'être aisé, étant donné que par étage, les colonnes sont décalées les unes par rapport aux autres d'un demi-module. Les éléments de façade forment d'autre part la façade complète. Après montage (par empilage, les éléments s'empilent les uns dans les autres), il ne reste que les fenêtres à monter sur la face intérieure. Les éléments de façade supportent également les planchers.

Et comme si tout ceci n'était pas encore assez complexe, les éléments doivent être réalisés en différentes hauteurs et longueurs, sous forme de pièce continue, d'angle intérieur et extérieur, et ce dans toutes les combinaisons possibles. De plus, l'orientation des colonnes placées en oblique varie de façade en façade (orienté à gauche ou à droite).

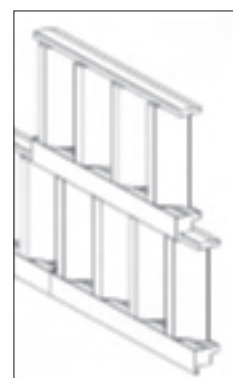


Pour des raisons de flexibilité, la façade devait aussi être « réutilisable » : le bâtiment a été conçu afin que chaque étage puisse être réaménagé grâce à des murs de séparation et que l'ajout d'un étage supplémentaire soit possible dans une phase ultérieure. De futures extensions horizontales sont aussi possibles, afin la construction de nouvelles ailes soient facilement réalisables, tout en récupérant les éléments de façade.

En plus de l'intense travail de réflexion, plusieurs prototypes ont été réalisés pour développer les détails. Les éléments ont été réalisés en plusieurs phases : allège, poutre d'allège, colonnes, têtes de colonnes et coulée du nœud de colonne. Grâce à cette préparation poussée, les méthodes de préfabrication ont permis une économie substantielle de quelques centaines de milliers d'euros.

Pour la première phase de ce projet, près de 600 éléments ont été réalisés au total : 427 éléments de façade, 130 corniches, 14 colonnes et 15 éléments de seuil pour le hall d'entrée. Pour les phases suivantes, il faudra encore deux fois plus d'éléments.

Maitre d'ouvrage : AZ Groeninge vzw
Conception : B&E Baumschlagger Eberle GMBH /
FDA architecten & ingenieurs nv
Bureau d'études : Jan Van Aelst nv
Entrepreneur : Cordeel nv - Temse
Béton architectonique : Prefadim Belgium nv



6.2 Exemple de réalisation 2 Construction d'une villa

Des éléments en béton architectonique ont été utilisés pour la façade et les corniches de cette villa.

Un portique accueille les visiteurs ; il est constitué d'un auvent profilé sur l'avant et les parties latérales et pourvu de petites réservations carrées. Cet auvent est soutenu par deux colonnes coniques indépendantes et deux demi-colonnes accolées à la façade. Les colonnes sont pourvues de têtes et de bases profilées. Pour éviter la salissure des éléments, l'écoulement des eaux et un siphon ont été intégrés dans l'auvent.

Les corniches de la villa ont aussi été réalisées en béton architectonique. Afin d'éviter d'éventuels dégâts lors du montage et du transport, l'on n'a pas opté pour des coins assemblés, mais bien pour des profils inversés. Les éléments ont dès lors un aspect plus massif. Les encadrements de fenêtre, de part et d'autre de l'entrée, sont eux aussi en béton architectonique.

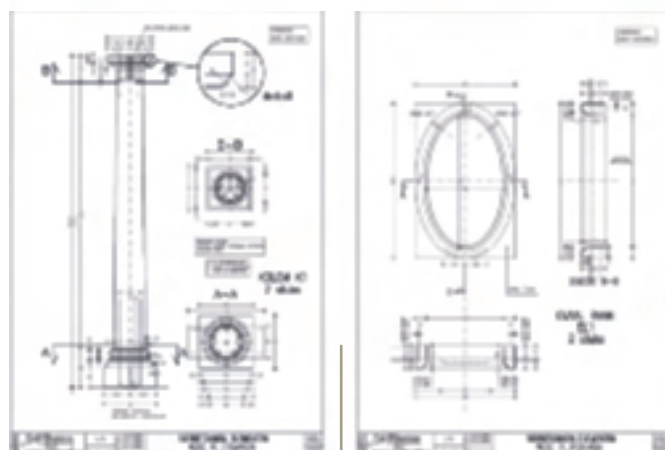
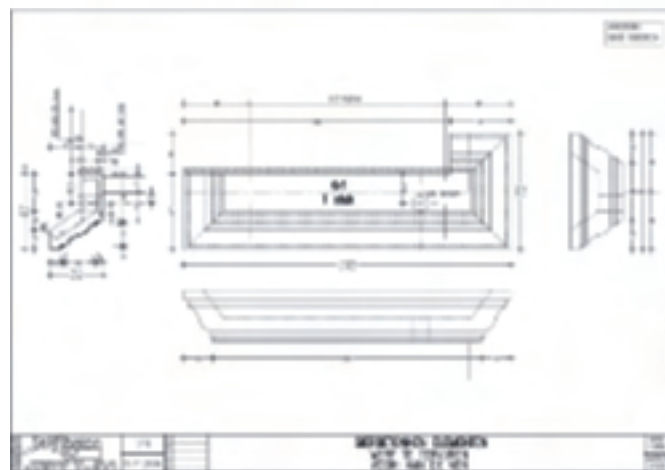
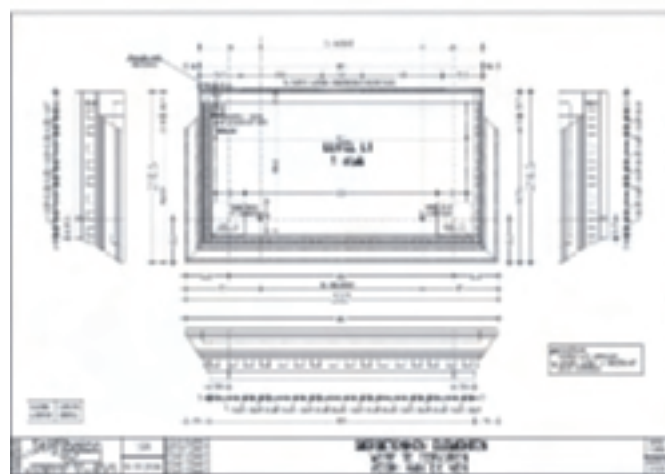


Tous les éléments ont été réalisés en imitation de pierre décorative beige au moyen de coffrages en matière synthétique. Ce type de coffrage a permis de réaliser les formes profilées sans joint et de s'approcher au mieux de l'aspect de la pierre de France. Les éléments ont été ponçés après démoulage, ce qui confère au béton un aspect patiné.

Tous les éléments sont bien entendu pourvus d'interruptions thermiques réalisées au moyens de barres d'attente en inox et de panneaux d'isolant.

Les plans techniques et les profils ont été réalisés par le fabricant sur base du concept de l'architecte et approuvés par l'architecte et le maître d'ouvrage.

Maitre d'ouvrage : privé
 Architecte : George Ceux – Hasselt
 Entrepreneur : Geuns – Houthalen-Helchteren
 Béton architectonique : Stijlbeton



6.3 Exemple de réalisation 3 La place du Phare à Knokke

Knokke-Heist peut s'enorgueillir d'une nouvelle place. Après le réaménagement de la place Rubens en 2000, c'était au tour de la place du Phare de subir un profond lifting.

L'artiste Gert Verhoeven et le bureau d'architecture E&L ont travaillé de concert pour trouver un nouveau concept à cette place. Celle-ci devait devenir un bel espace public avec une fontaine, des bancs et, dans sa partie nord, une réplique d'un phare du 19^e siècle abritant l'office du tourisme.

La couleur règne maintenant en maître sur la place du Phare : des pavés de différentes couleurs, une fontaine ronde, des marches d'escaliers ainsi que des bancs en blocs monolithes polis. Ces applications démontrent à nouveau la flexibilité des éléments en béton préfabriqué, la liberté de conception et les défis toujours relevés par ce matériau.

Ce projet combine de façon inattendue plusieurs applications du béton préfabriqué. Il montre aussi comment une étroite collaboration entre le concepteur et l'exécutant peut aboutir à un nouvel espace plus que réussi.

Les trois éléments importants du concept de Gert Verhoeven sont la fontaine, les touches de couleurs vives et le rose de la place. C'est lors de la réalisation que le concepteur et l'entrepreneur ont choisi de travailler avec des éléments en béton



préfabriqué pour les blocs de couleurs côté digue et avenue du Littoral, les pavés en béton roses et blancs pour la voirie, les bordures et cercles blancs, le pourtour rose de la fontaine, des briques de façade, des marches et du bâtiment d'évacuation du parking, les écoulements d'eau de pluie et les pentes d'accès.

L'élément central de la place est la fontaine, cerclée d'un bord rose en béton préfabriqué. Le bord a été conçu pour être placé autour du bassin. Le fabricant a d'abord réalisé un modèle qui a ensuite servi à fabriquer le moule en caoutchouc. C'est ce moule qui a été utilisé pour réaliser les différentes parties de ce pourtour de fontaine. Un évidement pour l'éclairage LED a été prévu dès la production. Les éléments ont été gommés.

L'enfilade de blocs colorés du côté de l'avenue du Littoral est constituée de plusieurs dalles de couleurs vives incrustées dans le sol. Plusieurs échantillons de couleur ont été réalisés pour répondre aux souhaits du concepteur. Des pavés en béton blanc lissé relient les dalles entre elles. Les dalles, tout comme les autres éléments, ont été polis jusqu'à un grain 400. Les éléments sont donc légèrement satinés sans être glissants, ce qui est primordial dans l'espace public.

L'enfilade de blocs du côté de la digue est elle constituée de plusieurs blocs massifs faisant office de bancs. Plusieurs échantillons de couleur ont aussi été réalisés. Les blocs ont été espacés pour décourager les skateurs. Des pavés en béton blanc lissé relient ici aussi les dalles entre elles. Afin d'assurer la non-altération des couleurs, l'on a utilisé des granulats naturels de haute qualité et des oxydes de fer résistants aux UV comme pigments de couleur.

Les cercles blancs polis qui terminent les axes blancs des voiries à gauche et à droite de la place sont constitués de 4 quarts de cercle en béton préfabriqué. La segmentation permet un meilleur écoulement des eaux. Les quarts de cercle ont été réalisés dans des coffrages perdus en polystyrène expansé, d'une part pour répondre à un court délai de livraison, d'autre part pour éviter les éventuels dégâts lors du transport. Une petite réservation a été prévue au milieu des 4 segments pour y introduire une armature lumineuse. Les bordures blanches ont été coulées dans des moules en bois. Les côtés droits ont été polis machinalement, les côtés arrondis à la main.





Les mêmes pavés roses en béton lisse utilisés pour la voirie ont été appliqués pour l'escalier d'évacuation du parking, les écoulements d'eau de pluie et les rampes d'accès. Ceux-ci ont été collés. Tandis que les pavés utilisés pour la voirie ont été produits machinalement et seulement pourvus d'une couche supérieure rose, une autre méthode de production a du être utilisée pour les éléments de coin. Les éléments de coin ont été produits manuellement et totalement en béton rose. Les briques de couverture pour les rampes d'accès ont été réalisées dans la même composition de béton que les briques d'angle et au moyen de moules en bois.

Concept : E & L Projects bvba / Gert Verhoeven
Architecte-bureau d'études : Arch & Teco / D & V Consulting
Entrepreneur général : Van Laere en Wyckaert
Réalisation : Lighthouse Parkings nv
Béton architectonique : Urba-Style



6.4 Exemple de réalisation 4 Collège Van der Meij



© Photo Bernard Faber

Le nouveau bâtiment du collège Van der Meij est original à tous points de vue, tant sur le plan architectural qu'en ce qui concerne l'approche éducative. Les panneaux sandwichs blancs au relief théâtral y ajoutent une particularité supplémentaire.

Depuis 2008, les 700 élèves du collège Van der Meij à Alkmaar au Pays-Bas ne suivent plus les cours dans des classes classiques, mais dans des « espaces de vie ». Ces espaces sont répartis entre les trois niveaux que comporte le bâtiment rectangulaire (surface : 10.290 m²) comme de petites entreprises le long d'un boulevard, le tout avec escaliers, palier et esplanades pouvant accueillir diverses activités.

À distance, la façade semble réalisée en marbre : comme si elle était nervurée. Lorsqu'on s'approche de l'école, on peut alors clairement distinguer une structure d'arbre, plus près encore, on peut voir des oiseaux et des nids. Au total, le relief compte 391 oiseaux, 117 nids, 1.523 branches et 3.046 feuilles.

Photos ci-dessous : FotostudioFdw.nl

Photo du bas : les élèves ne suivent plus les cours dans des classes, mais dans des 'espaces de vie'.



L'on a opté pour des éléments sandwichs comme base pour la façade, ce qui garantit une construction rapide. La couleur blanche des éléments de façade a été obtenue grâce à l'utilisation de ciment blanc et d'un adjuvant de couleur blanche extrême. Mais comme un matériau blanc doté d'un relief très marqué risque fort de se salir – notamment sous l'effet du ruissellement de la pluie chargée d'impuretés – la surface a dès lors été polie et dotée, après placement, d'une protection supplémentaire par hydrofugation.

Au total, 180 éléments de haute technicité en béton préfabriqué ont été livrés, mais il n'existe pas deux éléments identiques. Ils n'a pourtant fallu que 2 moules (tapis en fond de coffrages) de base positionnés à des endroits différents dans le fond du coffrage.

Le relief constituait un défi ; l'architecte souhaitait que le relief ne présente aucune discontinuité entre les différents éléments et que le dessin ne soit pas interrompu au niveau des joints. Tant la construction du coffrage que le coffrage même a requis une précision extrême. Ce fut d'ailleurs le cas aussi lors du montage, où la tolérance est en général plus importante que lors de la production. Ce qui a encore accru la complexité de l'exécution, c'est la profondeur du relief, celle-ci est de pas moins de 4 cm. Le polissage du béton a dès lors exigé une technique spéciale.

Les éléments de façade et leur relief prononcé déterminent le caractère de ce bâtiment, désormais connu de tous à Alkmaar et bien au-delà.

Maitre d'œuvre : Gemeente Alkmaar (NL)
Architecte : BRTA architecten, Alkmaar
Entrepreneur : Aronsohn raadgevend ingenieurs bv, Rotterdam (NL)
Béton architectonique : Decomo



Le montage a exigé une extrême précision pour que le relief se poursuive parfaitement d'un élément à l'autre.

6.5 Exemple de réalisation 5 Béton graphique à Louvain



Le béton est un matériau massif et solide, mais – grâce à des procédés innovants – il peut également donner forme à des détails remarquablement raffinés. Pour les panneaux de façade craquelés en béton architectural du site de la piscine de Louvain, les architectes ont puisé leur inspiration dans l'histoire de la peinture flamande.

La ville de Louvain a lancé en 2005 un concours en vue du réaménagement du site de l'ancienne piscine ; BOB361 a présenté le projet gagnant, en collaboration avec IMPLANT NV, le développeur du projet. Le projet prévoit sur ce terrain de 4.140 m² des habitations, des appartements, des lofts, des espaces commerciaux et un parking souterrain. Le nouveau complexe à appartements parachevé par des panneaux de façade en béton architectural constitue la véritable curiosité.

Pour tendre vers une certaine massivité, l'architecte a choisi de parachever la façade avec des panneaux en béton préfabriqué. Des matériaux de plus petite taille auraient généré trop de jointures. Les dimensions des panneaux de béton ont permis de les limiter, ce qui a renforcé le caractère massif du bâtiment. En ce qui concerne le modèle graphique, l'architecte s'est inspiré du craquelé du tableau « La dernière Cène » du peintre Dieric Bouts, l'un des plus célèbres citoyens de Louvain au 15^e siècle, appartenant aux « primitifs flamands ». Il a été opté pour une combinaison de couleurs gris (béton) et blanc ; des couleurs discrètes pour ne pas trop attirer l'attention sur les éléments.



La finition craquelée des panneaux en béton a été réalisée grâce au procédé finlandais Graphic Concrete, utilisé pour la première fois dans le Benelux. Il s'agit d'une finition innovante, relativement bon marché et graphiquement intéressante. Le modèle craquelé du tableau a été scanné, agrandi et imprimé sur une feuille brune, pas avec de l'encre, mais avec un retardateur de prise de béton. Les rouleaux de feuilles ont été livrés chez le fabricant de béton en Belgique, qui a découpé les motifs sur mesure et les a placés sur le fond des coffrages.

Une fois le béton coulé, le retardateur de prise de béton sur la feuille a pu commencer son travail : aux endroits où le produit avait été appliqué, le béton durcissait à peine. Après décoffrage, la surface des panneaux de béton a été rincée en profondeur à l'aide d'un nettoyeur à haute pression. Aux endroits où le retardateur de prise de béton avait été appliqué, le béton brut avec des granulats blancs ressortait. Le résultat ? Une image très nette en négatif du motif original, contrastant avec la surface lisse du béton gris entièrement durci.

Le modèle des panneaux de béton a également été découpé au laser sur une plaque d'acier. L'aspect craquelé se répète ainsi dans les balustrades des terrasses et forme une texture continue qui va au-delà de la matérialité.

Outre l'ampleur du projet, la concrétisation de cette technique innovante sur le terrain a constitué un véritable défi. Le nombre de panneaux est d'ailleurs sans équivoque : pas moins de 801 éléments ont été fabriqués, ce qui correspond à une superficie d'environ 3014 m².

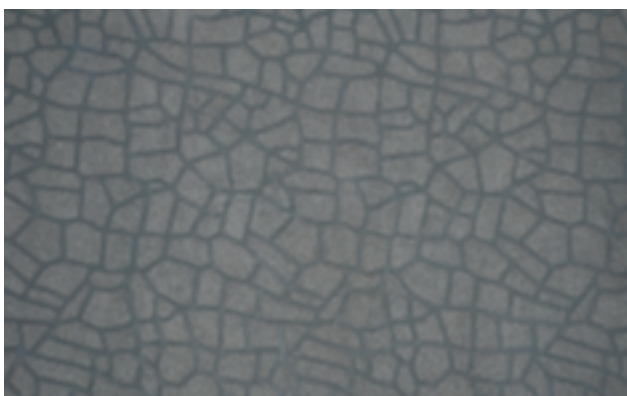
Concours lancé par la ville de Louvain

Maître d'œuvre : IMPLANT NV – Asse

Architecte/concepteur : BOB361 Architecten – Bruxelles

Entrepreneur : Van Laere NV – Zwijndrecht

Fabricant de béton : Eurobeton



- 1. Cahier général des charges**
- 2. Check-list pour l'entrepreneur**
- 3. Bibliographie**
- 4. Liste des fabricants**



DISPOSITIONS GÉNÉRALES POUR UN CAHIER DES CHARGES DESCRIPTIF DES ÉLÉMENTS EN BÉTON ARCHITECTONIQUE PRÉFABRIQUÉ EN BELGIQUE (téléchargeable via www.febelarch.be)

Veillez indiquer de manière claire (en couleur, souligné, ou en gras) quelles sont les modifications apportées à la version originale de ce cahier des charges de façon à ce que le fabricant puisse repérer facilement les points particuliers.

1 INTRODUCTION

Ce document a été présenté à et approuvé par SECO, NAV et PROBETON.

1.1 Définition

Les éléments préfabriqués en béton architectonique répondent aux exigences élevées de qualité pour les éléments architectoniques (et non industriels) préfabriqués en béton décoratif telles que spécifiées dans le document normatif PTV 21-601 (disponible chez PROBETON ou à la FEBE).

Les éléments sont réalisés sur mesure, sont conçus pour exercer une fonction esthétique et sont fabriqués et finis en usine pour ensuite être livrés et/ou montés sur chantier, éventuellement pourvus des accessoires de manutention et de fixation requis.

L'élément en béton architectonique peut aussi exercer une fonction portante.

Dans ce cas, il doit en outre être conforme aux normes concernées :

- NBN EN 13225 + NBN B 21-604 pour éléments linéaires portants
- NBN EN 14843 + NBN B 21-609 pour escaliers
- NBN EN 13198 pour mobilier urbain

...

La liste complète des normes d'application peut être consultée sur www.febe.be/produits.

Les prix unitaires repris sous ce poste comprennent :

- La sous-traitance par l'un des fabricants spécialisés de béton architectonique, membre du groupement FEBELARCH (liste sur www.febelarch.be) de :
 - la préfabrication des éléments selon les formes, dimensions et finitions prescrites ;
- La sous-traitance par le préfabricant, un entrepreneur spécialisé ou le personnel spécialisé
 - du transport et du montage des éléments préfabriqués sur la construction ;
- À réaliser par l'entrepreneur même :
 - l'intégration éventuelle de conduites pour l'eau à travers le béton ;
 - la préparation de la surface portante et/ou des supports ;
 - les mesures de protection éventuelles du parement lors du chantier ;
 - le positionnement, réglage et l'ancrage des différents éléments à la construction de base; incluant les ancrages, appuis, mesures contre les ponts thermiques et joints de dilations nécessaires ;
 - le coulage et le rejointoyage au moyen du kit élastique adapté.

Notes :

- Il s'agit donc d'éléments de façade, de plancher ou de toiture comme un balcon, des colonnes ou des panneaux sandwich ; les éléments esthétiques d'un ouvrage d'art (pont, tunnel, tour,...), les éléments de mobilier urbain, etc.
- Un élément en béton architectonique peut également être composé de deux couches différentes : une surface apparente en béton décoratif et une couche inférieure en béton gris (de structure ou non).
- Terminologie : Le PTV 21-601 est relatif aux éléments architectoniques préfabriqués en béton décoratif, ce qui pour la lisibilité de ce cahier des charges est remplacé par « béton architectonique ». Lorsqu'il est fait mention de béton apparent, il s'agit uniquement de béton coulé sur place remplissant une fonction esthétique.

1.2 Description des éléments par l'architecte

Ces dispositions concernent la livraison et/ou la pose des éléments en béton architectonique préfabriqué, comme indiqué sur les plans et détails de l'architecte.

Description détaillée des éléments :

1. Couleur :

Les éléments en béton architectonique seront de couleur , afin d'approcher au mieux le coloris RAL

2. Finition de la surface apparente

(note au concepteur : veuillez faire un choix parmi les possibilités de finition ci-dessous, ou y ajouter une nouvelle.)

Lisse de décoffrage

La surface coffrée n'est pas traitée, ce qui fait uniquement apparaître la peau de ciment et pas les granulats.

Lavage (= lavage à l'eau)

La peau de ciment de la surface de béton est rincée à l'eau, faisant apparaître les granulats. Le lavage s'effectue soit au début de la prise, soit après celle-ci empêchant l'hydratation du ciment à la surface au moyen d'un désactivant ou en la retardant au moyen d'un papier ou d'une pâte ou de démoulants retardateurs.

Lavage à l'acide (= décapé = désactivé = trempé)

La peau de ciment de la surface de béton durci est éliminée par lavage ou par immersion dans un acide, qui a été dilué en fonction de la profondeur d'action souhaitée. La surface traitée est ensuite entièrement rincée à l'eau. Le traitement rend les granulats plus ou moins apparents.

Bouchardage

La surface de béton durci est bouchardée manuellement ou pneumatiquement au moyen d'une boucharde dont la distance entre les dents a été choisie en fonction de l'aspect souhaité.

Jet (ex. gommage)

La peau de ciment de la surface de béton durci est éliminée par gommage, grenailage ou flammage, rendant les granulats plus ou moins apparents. Ce traitement confère une légère rugosité aux granulats.

Grésage

La peau de ciment de la surface de béton durci est éliminée par grésage à la meule en une passe, rendant les granulats apparents. Ensuite, les cavités les plus grosses dans la surface de béton sont boucheporés. Les granulats sont visibles à la surface qui est mate et ne brille pas.

Polissage

La peau de ciment de la surface de béton durci est éliminée par grésage à la meule avec des grains de plus en plus fins, en deux passes successives en cas de granulats de teinte claire et trois passes successives en cas de granulats de teinte foncée, ce qui rend ces granulats apparents. Ensuite, les cavités dans la surface de béton sont boucheporées ou la surface est mastiquée puis éventuellement traitée au moyen d'un produit de protection. La surface est d'une brillance « satinée ».

Polissage « marbrier »

La peau de ciment de la surface de béton durci est éliminée, selon la nature des granulats, par cinq ou six passes successives de meules de plus en plus fines et lustrage en fin d'opération, ce qui rend les granulats plus apparents. Ensuite, la surface de béton est mastiquée et puis éventuellement traitée au moyen d'un produit de protection. La surface est très brillante.

Structurage

Le béton est coulé dans un moule présentant un relief.

Incrustation d'autres matériaux

Incrustation de céramique, de brique, de pierre naturelle, etc. (voir le Mémento du Béton Architectonique repris sur le site de FEBELARCH : www.febelarch.be)

3. Incrustation d'éléments spécifiques, tels que décrits sur les plans.

En cas de contradictions entre la description dans les plans et la description dans ce cahier des charges, les plans sont prioritaires.

1.2.1 Plans de l'architecte

Les plans de l'architecte ont comme fonction principale d'informer les souscripteurs des souhaits architecturaux du concepteur.

Note: Il est conseillé de s'entretenir à l'avance avec le fabricant de l'ensemble des souhaits architecturaux tels que la disposition des joints, le détail, etc.

1.2.2 Planning

L'entrepreneur élabore un planning pour la réalisation des travaux, éventuellement en concertation avec le fabricant.

1.3 Références et Normes

Les dernières versions des normes et PTV sont toujours en vigueur. Celles-ci sont publiées sur les sites suivants :

<http://www.nbn.be>

<http://qc.spw.wallonie.be> Ce site reprend également les PTV en format PDF.

NBN EN 13369 + NBN B 21-600 : éléments de structure préfabriqués en béton armé et précontraint

NBN EN 14992 + NBN B 21-612 : éléments de murs préfabriqués en béton armé et précontraint

PTV 21-601: 2001: Éléments architectoniques et industriels préfabriqués en béton décoratif

Note: Les PTV sont des prescriptions type conformément à l'Art. 3 de la loi du 28 décembre 1984. Ils sont enregistrés par le Service Public Fédéral Économie, PME, Classes moyennes et Énergie – Agréments et Spécifications. Les PTV font office de règles de savoir-faire en l'absence de normes.

Autres références et normes :

Les normes et documents suivants sont repris ou remplacés par les PTV susmentionnés. Les normes référentielles sont par conséquent limitées à ces PTV.

iBN: Institut Belge de Normalisation

- NBN A 24-301 : Produits sidérurgiques - Aciers pour béton armé - Barres, fils et treillis soudés - Généralités et prescriptions communes
- NBN A 24-302 : Produits sidérurgiques - Aciers pour béton armé - Barres lisses et barres à nervures - Fils machine lisses et fils machine à nervures
- NBN A 24-303 : Produits sidérurgiques - Aciers pour béton armé - Fils écrouis à froid lisses et fils écrouis à froid à nervures
- NBN A 24-304 : Produits sidérurgiques – Aciers pour béton armé – Treillis soudés
- NBN EN 206-1 : Béton, Spécifications, Performances et conformité + NBN B 15-001 : Béton – Performance, production, mise en œuvre et critères de conformité
- NBN EN 1992: Eurocode 2 : Calcul des structures en béton
- NBN EN 1992-1-1 : 2005 : Règles générales et règles pour les bâtiments (+ AC:2008)
- NBN EN 1992-1-2 : 2005 : Règles générales – Calcul du comportement au feu
- NBN EN 1992-2 : 2005 : Ponts en béton – Calcul et dispositions constructives
- NBN EN 1992-3 : 2006 : Structures de soutènement et réservoirs

- + NBN B 15-002 : Eurocode 2 : Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments
- + prNBN EN 1992-1-2 ANB:2007 Eurocode 2 : Conception et calcul des constructions en béton - partie 1-2-ANB: règles générales – résistance constructive au feu

- NBN B 15-215 : Essais des bétons – Absorption d’eau par immersion
- NBN B 15-217 : Essais des bétons – Absorption d’eau par capillarité
- NBN B 15-231 : Essais des bétons – Gélivité

EN: Normes européennes

- NBN EN 12390: Essais pour béton durci
- NBN EN 12390-1 : Formes, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules
- NBN EN 12390-2 : Confection et conservation des éprouvettes pour essais de résistance
- NBN EN 12390-3 : Résistance en compression des éprouvettes
- NBN EN 12390-4 : Résistance en compression - Caractéristiques des machines d’essai
- NBN EN 12390-5 : Résistance à la flexion sur éprouvettes
- NBN EN 12390-6 : Résistance en traction par fendage d’éprouvettes
- NBN EN 12390-7 : Masse volumique du béton durci
- NBN EN 12390-8 : Profondeur de pénétration d’eau sous pression
- NBN EN 12504-1 : Essais pour béton dans les structures - Partie 1: Carottes - Prélèvement, examen et essais en compression
- NBN EN 13369 : Règles communes pour les produits préfabriqués en béton
- NBN EN 933 : Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats – Parties 1-10
- NBN EN 1097-6 : Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats - Partie 6: Détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d’absorption d’eau
- NBN EN 1367 : Essais pour déterminer les propriétés thermiques et l’altérabilité des granulats
- NBN EN 1367-1 : Détermination de la résistance au gel/dégel
- NBN EN 1367-2 : Essai au sulfate de magnésium

ISO: International Standards Organisation

- ISO 9001:2000 : Systèmes de management de la qualité – Exigences

CSTC : Centre scientifique et technique de la construction

TV 214 « Joints d'étanchéité en mastic entre éléments de façade »

" Recommandations pour le calcul et l'exécution des constructions industrialisées en béton", 2ième édition, CSTC, Bruxelles, 1980 – Plus d'application

ASTM: American Society for Testing and Materials

ASTM C 123 : Standard Test Method for Lightweight Pieces in Aggregate

1.4 Documents à soumettre par le fabricant

1.4.1 Documents obligatoires

- Le fabricant est tenu d'élaborer des schémas de mise en œuvre de tous les éléments. Ces schémas mentionnent clairement la forme, les dimensions, la finition des éléments et leur armature, ainsi que leur implantation dans la construction. Ils font mention de toutes les données pouvant exercer une influence sur les liaisons avec les autres éléments dans le bâtiment et entre autres les largeurs de joints.

Note: Il s'agit des largeurs de joints minimales usuelles dans le cadre de la conception, compte tenu de la dimension maximale de l'élément, de la tolérance de pose et de la dilatation thermique:

dimension élément	largeur de joint minimale (max 20 mm)
≥ 1,8 m	12 mm
≥ 3,6 m	14 mm
≥ 4,8 m	15 mm
≥ 6,0 m	16 mm
≥ 9,0 m	18 mm

- Le fabricant remettra une « check-list » à l'architecte, à l'entrepreneur et/ou au monteur reprenant les mesures de prévention importantes à prendre en considération lors, entre autres, du déchargement, de la manipulation, du stockage et du montage sur chantier.

1.4.2 Documents optionnels

Le fabricant fournira aussi les documents optionnels suivants (indiquer les documents souhaités) :

- La description détaillée des composants des éléments

Note : La composition exacte des mélanges est une information confidentielle qui ne peut être exigée du fabricant.

- Les notes de calcul du bureau d'études du fabricant, si cette mission lui a été confiée. Le calcul de l'armature doit être réalisé conformément à l'Eurocode 2 et compte tenu de toutes les charges possibles ainsi que des coefficients de sécurité appropriés. En matière de calcul des éléments, toutes les phases de construction doivent être prises en considération :
 - Le décoffrage de l'élément au moment où le béton est encore très jeune ;

- La finition, le chargement et le transport,
- Le montage et l'ancrage provisoire,
- Les charges subies par l'élément suite à sa fonction dans le bâtiment : charges verticales, moments, charge du vent, etc. calculées par le bureau d'ingénieurs.

Les résultats des tests et essais exécutés par le fabricant dans le cadre de son autocontrôle ou du contrôle externe. Ces documents peuvent éventuellement aussi être demandés pour contrôle après la production. Ils doivent être conformes au règlement d'application élaboré par PROBETON pour la certification du béton architectonique selon les prescriptions techniques du PTV 21-601.

Le planning de la production, basé sur le planning de la construction rédigé par l'architecte/l'entrepreneur.

1.4.3 Approbations et responsabilités en matière de production des éléments

- Afin de conclure un accord définitif concernant l'aspect et la finition des éléments préfabriqués, le fabricant est tenu de présenter des échantillons qui correspondent à la description du cahier des charges (dimension, épaisseur, couleur, texture, finition). Cette action sera répétée jusqu'au moment où l'accord entre l'architecte, le maître d'œuvre et le fabricant est total. Le choix définitif est repris dans le compte-rendu de chantier et est confirmé par un numéro de référence au fabricant.

(Veuillez insérer ici la liste des échantillons. Maximum 5 pièces.)

- Avant de mettre les éléments en production, les documents présentés devront être approuvés par l'architecte, le bureau d'ingénieurs et l'entrepreneur. Les dessins d'exécution et calculs définitifs leur seront remis.

- Si le fabricant, pour des raisons de production, désire modifier le détail des éléments, il devra préalablement consulter l'architecte. Les modifications ne peuvent être considérées comme valables qu'après la réception de l'accord.

- Si les modifications proposées par le fabricant ne sont pas acceptées par l'architecte ou l'entrepreneur et qu'il est donc impossible de se conformer aux prescriptions en vigueur et aux règles de l'art, le fabricant devra exécuter les travaux comme prévu par l'architecte ou l'entrepreneur. Dans ce cas, l'architecte ou l'entrepreneur prend sur lui la responsabilité des éventuelles conséquences.

- L'approbation ne libère pas l'architecte, le bureau d'ingénieurs et l'entrepreneur de leurs responsabilités. Le fabricant ne peut être tenu responsable que de la fabrication des éléments, conformément aux plans d'exécution approuvés.

1.5 Documents à soumettre par l'architecte, le maître d'œuvre ou l'entrepreneur au fabricant

- Tous les plans d'architecture nécessaires : plan d'implantation, plans des étages, coupes, façades, détails.
- Si disponible : les plans de stabilité
- Si nécessaire, l'architecte ou l'entrepreneur général remet au fabricant un plan d'implantation reprenant les dimensions du chantier ainsi que les zones de livraison.
- Si disponibles, l'architecte remet les Agréments Techniques des procédés utilisés.

1.6 Garanties de qualité

Garanties du fabricant :

Le fabricant garantit par l'entremise d'un autocontrôle des matériaux utilisés, de la production, des équipements de mesure et d'essai utilisés ainsi que des éléments que ses produits sont entièrement conformes aux prescriptions du PTV 21-601 et à un ou plusieurs PTV de la série 200.

La garantie du fabricant est confirmée par la certification BENOR ou par une certification équivalente ; périodiquement, un organisme impartial vérifie l'autocontrôle du fabricant.

Dans l'autre cas de figure, le fabricant doit lui-même prouver que ses produits sont conformes aux prescriptions du PTV 21-601 ou d'un PTV de la série 200 et de leurs règlements d'application.

Note : certification « équivalente » signifie :

1. la conformité certifiée aux mêmes prescriptions,
2. le niveau identique d'autocontrôle du fabricant,
3. le niveau identique du contrôle externe par un organisme impartial.

Il est important de vérifier en détail ces éléments d'équivalence.

Lorsque le fabricant dispose d'une licence BENOR, celle-ci peut être acceptée comme preuve de conformité avec les normes en vigueur. Les procédures de qualité ne doivent pas être répétées puisque celles-ci sont régulièrement exécutées par un organisme externe et indépendant.

Les éléments certifiés BENOR sont identifiables par le logo BENOR mentionnant le numéro des PTV et normes auxquelles ils répondent.

Le règlement d'application de PROBETON décrit les contrôles à exécuter en vue de démontrer la conformité du fabricant aux PTV et normes en vigueur. Lorsque le fabricant n'est pas certifié, il doit pouvoir présenter les résultats de ces essais.

Garanties du monteur :

Le monteur a au moins 5 ans d'expérience dans le montage de ce type d'éléments et dispose des qualifications nécessaires pour la mise en œuvre du montage.

2 ELEMENTS (relatifs au PTV 21-601 : 2001)

Les éléments sont fabriqués suivant la partie « éléments architectoniques » des prescriptions techniques de PROBETON PTV 21-601:2001 « Eléments architectoniques et industriels préfabriqués en béton décoratif ».

Le PTV 21-601 ne couvre que l'aspect esthétique. Si l'élément est aussi élément de structure, il doit pour l'aspect « élément de structure » également être conforme aux normes correspondantes – voir liste sur www.febe.be/produits.

Les éléments doivent être réalisés en usine par le personnel spécialisé, à l'abri et sous contrôle permanent.

L'entrepreneur vérifie que les éléments s'alignent correctement et sont compatibles avec les autres éléments de structure, techniques et de finition dont la construction est constituée.

L'entrepreneur en coordonne toute la construction afin qu'à tout moment, et lors de toutes les manipulations nécessaires possibles des divers éléments, la stabilité de l'ensemble et de chaque élément séparément soit garantie.

3 LA MISE EN OEUVRE DES ÉLÉMENTS

3.1 Introduction

Le fabricant et l'entrepreneur du montage doivent disposer des données nécessaires au montage telles que les plans, les plans de montage, une liste des caractéristiques techniques de chaque élément (dimensions, poids, dispositifs de levage insérés, éventuels étaielements, type de manipulation et de transport, et capacité portante ou non), une liste des accessoires et des détails de montage par élément, des conditions techniques du cahier des charges, de la description des travaux, de l'emplacement et des valeurs des points de référence et des prescriptions spéciales du chantier. De plus, les données telles que la chronologie de montage, le rythme quotidien et les possibilités d'accès doivent être connues.

L'entrepreneur du montage recevra et respectera la liste de contrôle de la FEBE (1 page recto-verso). Cette liste est disponible sur www.febelarch.be.

3.2 Transport

3.2.1 Chargement

Il est du devoir du fabricant (en accord avec le transporteur) d'assurer les points suivants :

- détermination du type de transport en fonction de la forme, du poids et du volume des éléments,
- détermination du nombre d'éléments par chargement,
- détermination du meilleur positionnement des éléments sur le véhicule, ainsi que du matériel d'arrimage et de support,
- garantie de stabilité de la charge sur le camion, avec lanières et cales appropriées.

3.2.2 Transport, déchargement et réception des éléments sur le chantier

Les éléments doivent exclusivement être transportés par des chauffeurs expérimentés.

Le transporteur doit disposer des autorisations nécessaires en cas de transport exceptionnel.

Les éléments doivent être déchargés avec soin en utilisant le matériel prescrit par le fabricant. Ceux-ci sont stockés de telle sorte que tout contact avec le sol est évité. L'entrepreneur doit protéger les éléments contre la salissure et les dégradations. Ils doivent être séparés par des intercalaires qui n'endommagent ni ne salissent les surfaces.

Le support des éléments doit être soigneusement choisi en se basant sur les prescriptions du fabricant.

L'apposition d'inscriptions ou de marques sur les surfaces apparentes est interdit.

La livraison doit être faite en quantité suffisante et suffisamment à temps pour ne pas interrompre la continuité du processus de construction.

Les éléments doivent être livrés avec le bon de livraison (ou le bordereau d'expédition) avec mention :

- de la déclaration que les éléments ont été livrés en bon état,
- des éléments, leur nombre et identification,
- de l'heure d'arrivée sur chantier et du départ.

Les éléments sont déchargés sous la responsabilité de l'entrepreneur ou de l'entreprise de montage mandatée. En cas de défauts observés, ceux-ci sont notés sur le bordereau d'expédition avant le déchargement des éléments.

Des dommages réparables occasionnés lors du transport ne peuvent pas engendrer le refus de l'élément.

3.3 Stockage et manutention sur le chantier

Ici aussi, il est fait référence au check-list de FEBELARCH.

Lors du stockage sur chantier, l'entreprise de montage et/ou l'entrepreneur général est responsable de la manutention, du bon positionnement et de la protection de l'élément.

Tant le stockage que la manutention des éléments doivent être conformes au PTV 21-601, paragraphe 6.3.

Le levage des éléments doit être fait en utilisant les points de levage prévus par le fabricant et indiqués sur les plans.

Les éventuels accessoires livrés par le fabricant doivent être utilisés suivant les prescriptions du matériel livré.

3.4 Montage

3.4.1 Personnel et matériel

Le montage des éléments peut être confié au fabricant, à un entrepreneur spécialisé ou à l'entrepreneur général du bâtiment. Il est impératif de disposer du personnel compétent, des équipements adaptés et de matériel de levage. Il faut en tous cas veiller à mettre sur pied une collaboration efficace entre l'organisation du montage, le planning de production, les prescriptions du chantier (dont la sécurité) et l'accès au chantier.

Le personnel exécutant le montage doit être dirigé par un responsable qui assure également la coordination avec l'entrepreneur sur place et est soumis aux règlements généraux de chantier.

3.4.2 Documents de montage et travaux préparatoires

Le montage et la fixation des éléments doivent être effectués suivant le calepinage du fabricant, si celui-ci a réalisé l'étude.

L'entreprise de montage doit pouvoir disposer des documents et données nécessaires relatives à l'exécution de sa mission, entre autres :

1. les plans généraux des travaux avec indication des points de repère et des niveaux ;
2. les schémas des machines, des grues-tour ou grues mobiles, avec indication de la capacité de levage et de leur implantation par rapport au gros œuvre ;
3. les schémas reprenant les accès à utiliser et les routes à emprunter par les grues et les camions, avec une attention particulière aux conduits souterrains, systèmes d'égouttage, caves, câbles, etc. ;
4. les plans (éventuellement topographiques) avec tous les points de base nécessaires au montage, tels que niveaux de pose des éléments, niveaux d'étages, points de référence et d'alignement, etc. ;

Les données pour les points 1 à 4 sont apportées par l'entrepreneur général du gros œuvre.

5. les plans de montage et prescriptions spécifiques, les caractéristiques par élément telles que la longueur, la largeur, le poids, le type, le numéro de code, etc. ainsi que la liste des accessoires à utiliser pour les fixations et/ou les liaisons. Également, toutes les données et prescriptions nécessaires lors de l'étalement provisoire et/ou de la pose de fixations temporaires.

3.4.3 Montage des éléments et fixation

L'entrepreneur général met à disposition de l'entreprise de montage l'infrastructure ainsi que les constructions déjà existantes. Ces constructions doivent être capables d'absorber les actions et sollicitations engendrées par le montage des éléments préfabriqués.

Les mesures de sécurité nécessaires à la stabilité des éléments doivent être garanties à tout instant, tant pendant qu'après le montage. L'accent est mis sur les mesures de sécurité lors des fixations temporaires, à savoir des ancrages posés avant la fixation définitive (ex. zones de coulage).

Les accessoires utilisés pour le calage ou la protection doivent être conçus de façon à ne pas occasionner des taches ou d'autres types de dommages aux éléments.

Les liaisons définitives entre les éléments doivent être exécutées conformément aux plans et aux prescriptions et contrôlées par la direction des travaux (mortier, bétonnage après la pose des barres d'attente, injection, jointolement, soudure, vissage ou dévissage des goujons, etc.).

Moyennant accord préalable, ces liaisons peuvent être réalisées par l'entrepreneur général ou par l'entreprise de montage. Si tel est le cas, ces prestations et les responsabilités qui en découlent doivent être fixées à l'avance.

Les liaisons mécaniques et définitives qui à terme peuvent être sujettes à la corrosion, doivent être réalisées en acier inoxydable : AIS 316Ti.

3.4.4 Mesures spéciales pour prévenir les dommages causés par le froid après le montage

L'entrepreneur doit prendre toutes les mesures nécessaires pour éviter la glaciation dans les évidements et les points de levage. L'eau et le gel (glaciation) dans ces évidements peut engendrer de sérieux dommages au béton et autour des évidements.

Ces types de dommages sont importants et de dimension imprévisible ; en règle générale, les réparations restent visibles. Directement après le montage, il convient de boucher les ouvertures de levage à l'aide de mortier résistant au retrait.

3.4.5 Réglage et alignement des éléments

Généralement, un premier réglage grossier est fait pendant le montage des éléments, permettant un alignement temporaire. Ensuite, il est possible d'appliquer un réglage fin aux liaisons définitives, comme indiqué dans les plans. L'entreprise responsable du montage doit avoir une attention particulière aux points suivants.

Après chaque phase de montage, le conducteur du montage doit, en collaboration avec l'entrepreneur général, procéder à un contrôle du réglage des éléments. Ce contrôle fait office d'acceptation, avant de commencer les autres travaux de mise en œuvre. En cas de difficultés imprévues, il convient d'en informer à temps le client, pour qu'une alternative puisse être trouvée.

3.4.6 Tolérances de pose

Au moment de la pose, il faut diminuer au maximum les tolérances de fabrication.

Sauf conditions plus sévères, les tolérances de pose suivantes sont d'application :

- implantation : ± 5 mm ;
- verticalité : ± 1 mm/m avec un maximum de 5 mm par élément ;
- horizontalité : ± 5 mm ;
- largeur de joint : ± 5 mm.

3.4.7 Joints

Les joints doivent être dimensionnés et mis en œuvre conformément aux prescriptions du STS 56.1 "Mastics d'étanchéité des façades".

3.5 Contrôle

Les éléments préfabriqués sont contrôlés une première fois lors de leur livraison sur chantier et une seconde fois après la pose.

Les éléments qui ne correspondent en rien aux prescriptions décrites dans la PTV 21-601 doivent être réparés.

3.6 Réparations sur chantier après dommages

Les éléments réparés répondent aux mêmes exigences et spécifications que celles en vigueur pour les autres éléments.

3.7 Protection temporaire (jusqu'à la réception)

L'entrepreneur protège les éléments contre les risques de salissures et de dommages. Les matériaux utilisés pour la protection ne peuvent pas avoir d'influence négative permanente sur les éléments.

3.8 Nettoyage

Il convient d'éviter toute salissure. Si cela n'est pas possible, il faut immédiatement l'enlever en utilisant de l'eau claire.

Toute salissure présente en fin de montage est enlevée par l'entrepreneur (par des ouvriers spécialisés).

Lors du contrôle de la livraison provisoire, tous les éléments sont nettoyés par l'entrepreneur général. Le fabricant n'est pas responsable pour les dommages et les salissures après le montage des éléments préfabriqués.

Pour la documentation sur le nettoyage des taches et des salissures d'origines diverses, voir le Dossier de Post Intervention de FEBELARCH, téléchargeable sur le site web www.febelarch.be.

3.9 Traitement et protection à long terme

Un produit de protection de surface n'ayant aucun impact négatif sur l'aspect esthétique des éléments est appliqué aux éléments en béton architectonique. Il doit être résistant aux UV et adaptés à la composition et à la finition du béton.

Les indications d'utilisation et d'entretien doivent être transmises au maître de l'ouvrage.

Les produits de protection de la surface doivent être appliqués systématiquement sur toutes les faces apparentes, préalablement nettoyées.

L'application doit être faite conformément à la fiche technique du produit.

Note : les produits de traitement sont décrits dans le Dossier de Post Intervention (DPI), disponible chez le fabricant.

3.10 Traitement anti-graffiti

Certains éléments peuvent être traités contre les graffitis par une entreprise spécialisée.

L'application doit être faite conformément à la fiche technique du produit.

Éléments à traiter :

- ...

EN GENERAL PROPRETE

MAINS PROPRES!
NE PAS MARCHER
SUR LES PAREMENTS

PRUDENCE

TACHES OU ECLATS:
SE RENSEIGNER
AUPRES DU FABRICANT
AVANT D'AGIR.

ROUILLE: TRAITER
LES ANCRES DE LEVAGE
A L'ANTI-ROUILLE.
APRES PLACEMENT,
COMBLER LES CAVITES
AU MORTIER SANS RETRAIT

GEL: OBTURER TOUTES
LES CAVITES ET AUTRES
EVIDEMENTS PAR DES
BOUCHONS AD HOC.



ALGEMEEN NETHEID

PROPERE HANDEN!
NIET OP HET SIERVLAKE
LOPEN

OPGELET

**VLEKKEN OF AFBROKKE-
LINGEN:** EERST RAAD
VRAGEN AAN DE FABRIKANT,
DAN PAS HANDELEN.

ROEST: DE HIJSANKERS
TEGEN ROESTVORMING
BEHANDELEN, NA DE
PLAATSING DE OPENINGEN
MET KRIMPVRIJE
MORTEL VULLEN.

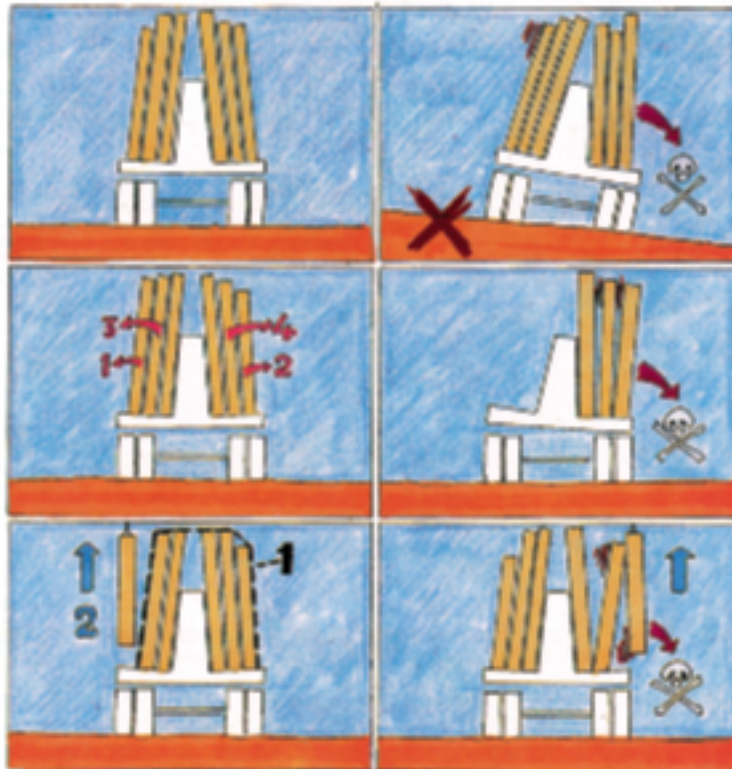
VORST: ALLE STORT-
GAINES EN ANDERE UIT-
SPARINGEN MET AANGE-
PASTE STOPPEN AFDICHTEN

DECHARGEMENT

- LA REMORQUE
SUR TERRAIN DUR
ET HORIZONTAL

- DECHARGER
ALTERNATIVEMENT
GAUCHE - DROITE

- AVANT D'ENLEVER
UN ELEMENT,
ASSURER LE RESTE
DU CHARGEMENT
PAR LE CABLE
DE SECURITE



LOSSEN

- EEN STEVIGE EN
HORIZONTALE
BODEM VOOR DE
AANHANGWAGEN

- BEURTELINGS
LINKS - RECHTS
AFLADEN

- DE REST VAN DE
LADING MET EEN KABEL
BEVEILIGEN
ALVORENS EEN ELEMENT
TE LOSSEN

- ACCROCHER LES
ELEMENTS PAR LES
POINTS PREVUS PAR
LE FABRICANT

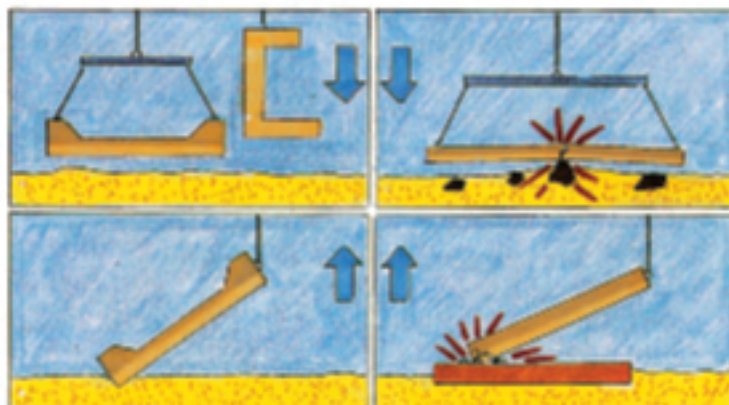
- RESPECTER
L'ANGLE MINIMUM
DE 60°



- DE HEFVOORZIE-
NINGEN DIE DE
FABRIKANT HEEFT
AANGEBRACHT,
GEBRUIKEN
- NIET VERGETEN:
MINIMUM HOEK
= 60°

MANIPULATIONS

- BELLE FACE VERS LE BAS.
- TOUJOURS SUR LIT ÉPAIS ET ÉGAL DE SABLE PROPRE SANS APPUIS RIGIDES ET DURS



STOCKAGE

- SUR PIÈCES DE BOIS AVEC INTERPOSITION DE PLAQUETTES D'AMORTISSEMENT EN P.V.C.
- JAMAIS DE CONTACT DIRECT ENTRE LA BELLE FACE ET LE BOIS

PANNEAUX SANDWICHES:

- NE JAMAIS APPUYER SUR LA FACE EXTÉRIEURE.

- BELLE FACE VERS LE BAS
- BIEN PLACER LES APPUIS



MONTAGE

- RÉGLER ET ALIGNER LES ÉLÉMENTS PAR RAPPORT À LA FACE EXTÉRIEURE (PAREMENT)

- SUR CHANTIER, ET SURTOUT AU MONTAGE, PROTÉGER LES PAREMENTS RISQUANT DES SOUILLURES, PAR DES FEUILLES EN PLASTIQUE NE COLANT PAS AU PAREMENT



MANIPULEREN

- HET SIERVLAK NAAR ONDER
- HET ELEMENT OP EEN DIK, ZUIVER EN EGAAL ZANDBED, ZONDER HARDE EN VASTE STEUNEN, LEGGEN

OPSLAAN

- OP HOUTEN BALKEN MET P.V.C.-STEUNPLAATJES
- RECHTSTREEKS CONTACT TUSSEN HOUT EN SIERVLAK VERMIJDEN

SANDWICHPANELEN:

- NOOIT PLAATSEN OP BUITENSCHIL
- HET SIERVLAK NAAR ONDER.
- EEN CORRECTE PLAAT-SING VAN DE STEUNEN

MONTEREN

- REGELING EN UITLIJNING VAN DE ELEMENTEN: T.O.V. DE BUITENWAND (GEVEL)

- OP DE BOUWPLAATS EN VOORAL TIJDENS HET MONTEREN: GEVELVLAKKEN VOOR BEVUILING BEHOEDEN MET EEN PLASTIEKFOLIE (MAG NIET AAN HET GEVELVLAK KLEVEN!)

EN CAS DU MOINDRE DOUTE...
... CONTACTER LE FABRICANT!



IN GEVAL VAN TWIJFEL...
... STEEDS DE FABRIKANT RAADPLEGEN!

Annexe 3 : Bibliographie du béton architectonique

Construire en béton préfabriqué : Guide de conception

FEBE, FEBELCEM, 2002

Technologie du béton

Groupement belge du béton (GBB), 1994

Ceci est du béton

Plate-forme béton, 2004

Planning and design handbook on precast building structures

FIP, ISBN 1 874266 11 5, 1998

PTV 21-601

Éléments architectoniques et industriels préfabriqués en béton décoratif

PROBETON, 2001

Également disponible via www.febelarch.be ou qc.spw.wallonie.be

NIT 197 Nettoyage de façades

CSTC, 1995

FR - Architecture : construire en béton préfabriqué

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

Collection Technique CIMbéton B.62, www.cimbeton.asso.fr, 1999

FR - Bétons apparents

Collection Technique CIMbéton www.cimbeton.asso.fr, 1996

NL - Prefab beton

Édition pour l'enseignement, BFBN, ir. W.J.M. Welling, Tel. 0348 48 44 84, 2002

NL - Prefab beton in detail

Geactualiseerde bundel van "Gevels in prefab, Prefab in de woningbouw en Handboek Funderingstechnologie"

BFBN, 2001

Post Interventie Dossier (PID)

FEBE, 2003, Disponible sur demande auprès du fabricant ou à la FEBE

Annexe 4 : Liste des fabricants d'éléments en béton architectonique Groupement FEBELARCH

AGREF N.V.

www.agref.be
Tragelweg 4, Overschelde, 9230 Wetteren
Tél. +32.9.369.19.11
Fax +32.9.369.07.04

ARBECO N.V.

www.arbeco.be
Toemaatragel 1, 9000 Gent
Tél. +32.9.240.01.50
Fax +32.9.240.01.59

BWK SIERBETON N.V.

www.bwksierbeton.be
Hollestraat 104, 9150 Kruibeke
Tél. +32.3.774.16.67
Fax +32.3.774.01.98

DECOMO S.A.

www.decomo.be
Bd Industriel 96, 7700 Mouscron
Tél. +32.56.85.07.11
Fax +32.56.34.48.91

ELBETON N.V.

www.elbeton.be
Nijverheidslaan 10, 9880 Aalter
Tél. +32.9.237.11.70
Fax +32.9.374.06.14

EUROBETON N.V.

www.eurobeton.be
Vaartstraat 13, 2240 Zandhoven
Tél. +32.3.466.09.95
Fax +32.3.466.09.97

LOVELD N.V.

www.loveld.com
Brug-Zuid 29, 9880 Aalter
Tél. +32.9.374.65.48
Fax +32.9.374.05.32

PREFADIM BELGIUM N.V.

www.prefadim.be
Desselgemsesteenweg 28, 8540 Deerlijk
Tél. +32.56.72.70.11
Fax +32.56.72.70.22

STIJLBETON N.V.

www.stijlbeton.be
Schollebeekstraat 74/1, 2500 Lier
Tél. +32.3.480.01.52
Fax +32.3.489.36.73

S.V.K. N.V.

www.svk.be
Aerschotstraat 114, 9100 St Niklaas
Tél. +32.3.760.49.00
Fax +32.3.778.05.00

URBASTYLE S.P.R.L.

www.urbastyle.com
rue des Sablières 16, 7503 Tournai
Tél. +32.69.67.26.26
Fax +32.69.67.26.27

VERHELST N.V.

www.verhelst.be
Stationsstraat 30, 8460 Oudenburg
Tél. +32.59.25.50.73
Fax +32.59.25.50.69

VERHEYEN N.V.

www.verheyenbeton.be
Hoge Mauw 46, 2370 Arendonk
Tél. +32.14.68.91.50
Fax +32.14.68.91.51



www.febelarch.be

Remerciements et crédits

Cette publication constitue une réactualisation de notre précédent ouvrage de référence « Béton architectonique : Recommandations techniques » et tient compte des récentes évolutions et tendances de notre secteur de construction.

Nous tenons à remercier les personnes qui ont contribué à la réalisation de cet ouvrage et sans qui cette publication n'aurait pas été possible. Nous pensons en particulier à Arnold Van Acker, Bernard De Witte, John Stal, Rik Brees et Kurt Bertels ainsi que tous les autres membres du groupement FEBELARCH.

Nous remercions également nos fédérations sœurs françaises (FIB, Cimbéton) et néerlandaise (BFBN) pour la qualité de certains textes et graphiques qui nous ont été très précieux.

Enfin, nous tenons également à remercier FEBELCEM, la Fédération de l'industrie cimentière, pour son soutien financier.



Tous les ayants droits des illustrations utilisées n'ont pas pu être identifiés. Les intéressés sont priés de prendre contact avec la FEBE, bd du Souverain, 68 - 1170 Bruxelles.

Édition 2010

Cette publication est uniquement destinée à l'information des utilisateurs potentiels. Elle a été rédigée avec le plus grand soin. La FEBE ne peut toutefois garantir que son contenu est à jour, complet et correct. L'éditeur ne pourra en aucun cas être tenu responsable des litiges causés par une stricte application de l'information dispensée. L'utilisation correcte des produits requiert la prise en compte du cadre légal, des normes de produits, des prescriptions du fabricant, de la situation locale et des plans détaillés du concepteur.