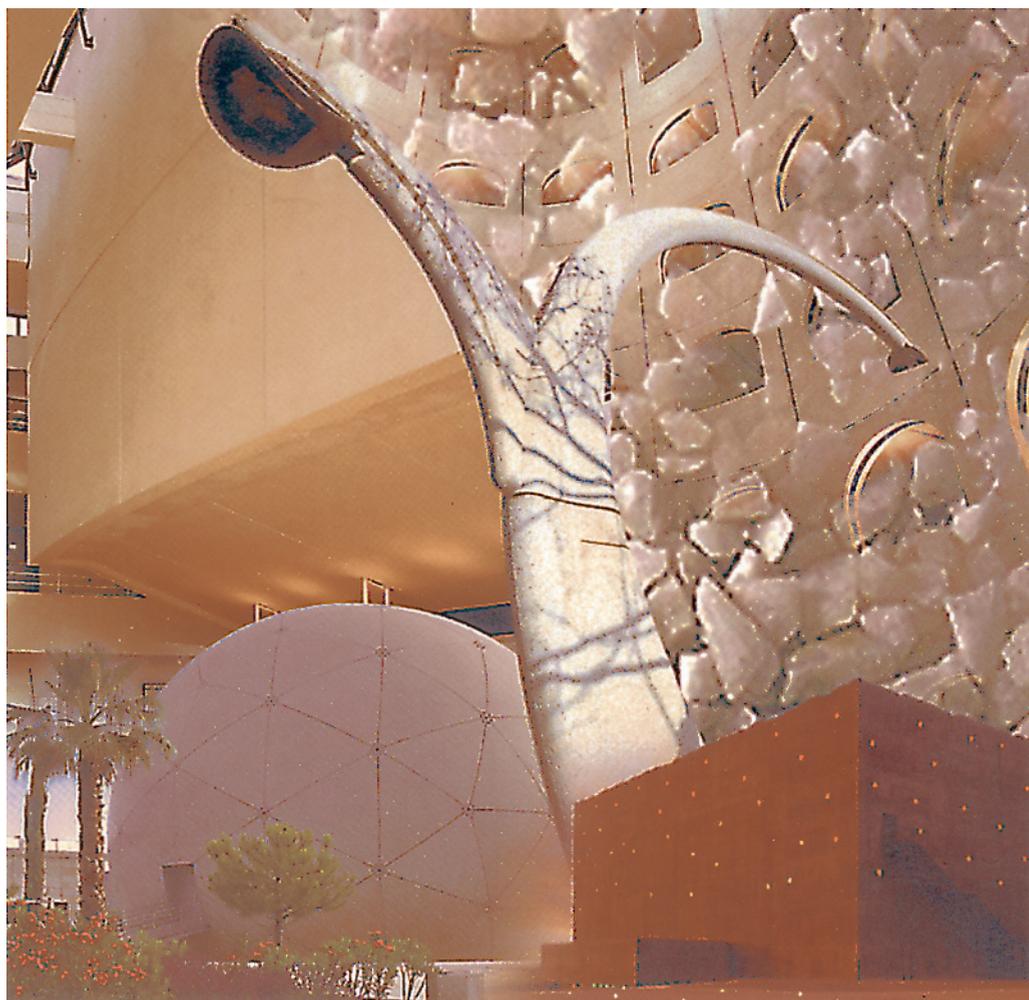


# ● Bétons apparents



**CIM** *béton*

CENTRE D'INFORMATION SUR  
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

# Avant-propos

● Dans l'histoire de la construction, le béton est le matériau de la liberté. Il est à l'origine des formes nouvelles ou réinventées apparues depuis le début du siècle, qui font la richesse et la diversité de l'architecture contemporaine (cube, prisme, sphère, cône, coque, dôme, pyramide, parabolöide, etc.).

Que ces formes naissent de la géométrie ou du défi technologique, le béton donne les moyens de les réaliser. Moulable à volonté, il permet de les mettre en oeuvre en continu ou par parties, s'offrant ainsi à l'architecte comme un véritable matériau de création.

Le béton présente une grande variété d'aspects de surface dans l'architecture : il se montre brut, mais aussi lisse et brillant, se présente granuleux, chargé d'empreintes, de reliefs, d'incrustations, d'incorporations, adopte une expression colorée, concrétisant ainsi de multiples volontés architecturales.

Nombreux sont les exemples d'ouvrages et de bâtiments où les architectes ont mis en valeur cette propriété du matériau. Les effets que l'on peut obtenir sont sans limites : bétons bruts, bétons grésés et polis, traitements de surface mécaniques ou chimiques accentuant le grain de la matière, les creux et les reliefs.

Différentes techniques de coloration du béton laissent transparaître la matière : coloration dans la masse, peinture, lasures.

● Le béton est le matériau le plus complet dont disposent l'architecte et l'artiste pour concrétiser leur pensée.

**Résistant**, il convient à toutes les structures.

**Plastique**, il se prête à une infinité de formes.

**Composite**, il permet, par le choix et le dosage de ses constituants, de disposer d'une étonnante palette de teintes et d'aspects.

**Durable**, les multiples agressions ambiantes ont peu de prise sur lui.

Pour que l'ouvrage manifeste clairement ses qualités expressives et les conserve dans le temps, il faut que le béton soit beau. Lorsqu'il est bien réalisé, le béton n'a pas à être dissimulé : il traduit et exprime ainsi directement l'architecture.

Les moyens techniques de la fabrication en usine offrent de multiples possibilités : éléments de grandes dimensions, maîtrise du dosage de constituants variés, modénatures de parement complexes, petites séries.

*In situ*, de beaux bétons peuvent également être réalisés, à condition d'apporter tous les soins nécessaires à des dosages précis et à une mise en œuvre attentive.

Le but de cette brochure, qui se veut essentiellement pratique, est d'apporter une aide :

- au **maître d'ouvrage** dans son choix,
- au **maître d'œuvre** dans sa conception,
- à l'**entreprise** dans son dialogue avec eux.

# Sommaire

---

●	<b>1 - Construire les formes</b>	p. 7
	1 - Conception et réponse aux exigences essentielles	p. 9
	2 - La composition des bétons	p. 10
	3 - Les coffrages	p. 18
	4 - La mise en œuvre	p. 23

---

●	<b>2 - Palette des aspects</b>	p. 33
	1 - Le béton brut de décoffrage	p. 35
	2 - Les traitements de surface	p. 41
	3 - La coloration du béton	p. 46

---

●	<b>3 - Le béton et le temps</b>	p. 49
	1 - Le comportement dans le temps	p. 51
	2 - L'entretien	p. 52

---

●	<b>Conclusion</b>	p. 55
---	-------------------	-------

---

●	<b>Annexes</b>	p. 57
	Vocabulaire	p. 59
	Bibliographie	p. 62
	Illustrations	p. 63

---

# Construire les formes

## **1.1 - Conception et réponse aux exigences essentielles**

## **1.2 - La composition des bétons**

- Les ciments
- Les sables et les fines
- Les gravillons
- L'eau
- Les adjuvants
- Les colorants

## **1.3 - Les coffrages**

- Le bois
- Les contreplaqués
- Le métal
- Les matériaux de synthèse

## **1.4 - La mise en œuvre**

- Les armatures
- La coulée sur chantier
- Les reprises
- Le serrage par vibration
- Le décoffrage
- La cure
- La fabrication en usine
- Les assemblages
- Les bétons projetés



***Potentialité des bétons face au défi des formes contemporaines : liberté des formes, formes de la liberté.***

Le béton offre la particularité d'être un matériau moulable à l'état frais, lorsqu'il vient d'être préparé, et il offre une résistance adaptée à tous les emplois après durcissement. La plasticité du béton frais permet sa mise en place à l'intérieur de moules de formes quelconques, dans lesquels il est déversé et serré.

Le béton est le matériau de construction qui autorise les plus grandes libertés de formes structurelles, les jeux de volumes et de surfaces qui font d'une structure strictement utilitaire un ouvrage d'art, au sens complet du terme.

Pour le maître d'ouvrage et l'architecte, l'esthétique est une exigence capitale à laquelle répond le béton dans les conditions économiques les plus satisfaisantes. L'intégration des aspects plastiques dès la conception, et leur prise en compte lors de l'établissement de l'avant-projet, sont les conditions absolues de l'économie du projet.

# 1. Construire les formes

## **1.1 - Conception et réponse aux exigences essentielles**

---

L'ensemble des pièces et des ouvrages doit être conçu selon les sollicitations auxquelles ils sont soumis : poids propre, surcharges d'exploitation, vent, neige, pluie, séismes, incendie, influences d'origine thermique, qui constituent les exigences réglementaires.

Les calculs sont conduits selon les méthodes en vigueur : BAEL 91, BPEL 91 ou DTU.

## 1.2 - La composition des bétons

---

La composition même des bétons est un facteur essentiel de la qualité et du comportement à terme des bétons apparents.

Le béton doit s'adapter parfaitement à la forme du moule — souvent très complexe —, passer à travers les armatures tout en les enrobant convenablement, et assurer la compacité du matériau.

### ■ *Les ciments*

Tous les ciments utilisés doivent être certifiés conformes à la norme NF P 15-301. Le dosage en ciment des bétons les plus courants pour voiles, éléments de murs divers, dalles, poutres, poteaux, voussoirs, tabliers, piles de pont, se situe entre 300 et 400 kg/m<sup>3</sup> de béton (12 à 17 % en poids). Ce dosage doit dans tous les cas être suffisant pour assurer une granulométrie du mélange propre à éviter tout problème de compacité et de bullage du parement.

Le ciment utilisé doit être adapté aux conditions d'environnement et d'exécution de l'ouvrage : milieu marin, précontrainte, milieux sulfatés, milieux acides... Il doit également être adapté aux conditions d'exécution, notamment la rapidité désirée de démoulage et de manipulation.

Les bétons à hautes performances (BHP) font appel à des ciments de classe 52,5.

Ils permettent :

- des élancements plus grands,
- des sections réduites,
- des démoulages rapides,
- des résistances améliorées, y compris à l'abrasion et à l'usure.

La vitesse de prise et de durcissement, variable selon la température (été, hiver), peut être modifiée par le choix du ciment ou par des adjuvants spécifiques et des traitements particuliers (étuvage, par exemple).

Le choix entre le ciment blanc et le ciment gris est fonction de la teinte recherchée pour le béton. S'il est indiscutable qu'un béton blanc suppose un ciment blanc, les bétons dont l'apparence dépend surtout de la teinte des granulats peuvent être réalisés avec du ciment gris comme avec du ciment blanc, en fonction de l'effet désiré. Le problème est analogue dans le cas des bétons colorés avec des pigments minéraux, pour lesquels le ciment gris influence peu les teintes foncées.

Au même titre que la plupart des matériaux, le béton varie naturellement avec le temps. La teinte du béton blanc change peu, et à relativement long terme. Celle du béton gris est un peu plus évolutive. Cette variation peut être rendue négligeable par un emploi judicieux des granulats et des sables.

En règle générale, il est recommandé d'utiliser des ciments Portland, de même classe de résistance et provenant de la même usine. Il en va de même pour les ciments sans oxydes, les ciments blancs. Parfaitement adaptés aux fonctions de résistance des structures, les ciments Portland composés, ou de haut-fourneau, doivent faire l'objet d'essais préalables pour s'assurer qu'ils conviennent aux teintes recherchées.

#### ■ *Les sables et les fines*

Ce sont les éléments les plus fins, c'est-à-dire essentiellement les sables d'un diamètre inférieur à 0,3 mm, et le ciment lui-même, qui déterminent la teinte de fond des bétons. C'est ce fond qui met en valeur les gros granulats lorsqu'ils sont dégagés par un traitement de surface.





La granulométrie des fines doit en principe être continue — en restant à l'intérieur d'un fuseau fixé par les normes — en partant des éléments de très faible diamètre (les fillers) vers ceux d'un diamètre approchant 0,3 mm. Elle assurera son homogénéité au mortier de surface.

L'utilisation d'éléments naturels, dont la granulométrie n'est pas obligatoirement continue, peut nécessiter une correction par apport de fines (diamètre inférieur à 0,08 mm).

Un léger excès d'éléments très fins améliore l'aspect des bétons bruts.

Les fines peuvent être indifféremment calcaires ou siliceuses. Il faut toutefois noter que les sables siliceux contiennent parfois une faible proportion de particules métalliques, suffisante cependant pour provoquer une oxydation à terme entraînant des taches sombres à la surface du béton.

Les sables doivent être propres, sans traces de matières organiques ou de matières argileuses préjudiciables à l'adhérence.

■ *Les gravillons*

On peut utiliser indifféremment, en fonction des disponibilités et de l'aspect recherché, les granulats roulés ou concassés. Ils devront cependant avoir un coefficient de forme convenable : éviter les gravillons en plaquettes ou en aiguilles. Il est fréquent, dans le cas des bétons à traiter, d'utiliser de gros gravillons de dimensions pratiquement constantes ; le traitement, quel qu'il soit, ayant pour rôle de les rendre apparents en surface, leur teinte est primordiale.



Suivant leur origine, les gravillons offrent différentes qualités :

- calcaires (marbres, pierres marbrières) : bonne adaptation aux traitements par grésage ou polissage ;
- siliceux (quartz, quartzites) : bonne résistance à l'abrasion ;
- éruptifs et métamorphiques (basaltes, granits, diorites, porphyres) : très grande variété de coloration.

Pour assurer une grande homogénéité de teinte des bétons apparents, il est bon de faire des mélanges de différentes granulométries provenant, par concassage, d'un même gisement, et d'employer les sables résiduels.

Les soins à apporter à la propreté des gravillons sont les mêmes que pour les sables.

#### ■ *L'eau*

L'eau de gâchage doit être non polluée et contenir un minimum de sels minéraux ou de matières organiques.

Son dosage, qui doit rester rigoureusement constant d'une gâchée à une autre — on préférera un dosage pondéral à un dosage volumétrique —, a une forte influence sur la teinte finale du béton. Il doit tenir compte à la fois de l'eau déjà contenue dans le sable et de la nature du coffrage : absorbant ou non.

L'excès d'eau est générateur de porosité et de moindre résistance. Un manque d'eau risque d'entraîner un bullage, voire des cavités, par suite d'une insuffisance de maniabilité du béton au moment de sa mise en œuvre.

Les superplastifiants permettent, tout en conservant le même dosage en ciment, d'abaisser le rapport eau/ciment (E/C). Ils présentent l'avantage de disperser uniformément le ciment dans la masse : leur action est donc bénéfique pour la régularité de la teinte du béton.



### LE “SLUMP TEST” AU CÔNE D’ABRAMS

La mesure du “slump”, c’est-à-dire de la consistance d’un béton — qui dépend de sa teneur en eau — s’effectue à l’aide du cône d’Abrams. Un échantillon de béton est versé dans un moule en forme de tronc de cône, de 30 cm de haut et de 10 à 20 cm de diamètre. Après arasement, le moule est enlevé et l’on mesure l’affaissement en centimètres du “pâté” de béton à partir du point le plus haut. On prend en général la moyenne de trois essais successifs. Un affaissement de 5 à 9 cm correspond aux bétons plastiques, de 10 à 15 cm, aux bétons très plastiques, au-delà de 16 cm le béton est dit fluide.

#### ■ Les adjuvants

Incorporés à la masse du béton au moment du malaxage, les adjuvants ont pour rôle d’améliorer les caractéristiques des bétons ou de faciliter leur mise en œuvre.

- Les **plastifiants**, et les **superplastifiants** sont utilisés pour améliorer la maniabilité du béton.
- Les **entraîneurs d’air**, par la formation de très petites bulles, diminuent les frottements entre granulats et augmentent donc, sans accroître le pourcentage d’eau, la maniabilité du béton, en même temps qu’ils le protègent efficacement contre les effets du gel.
- Les **hydrofuges** obstruent les capillaires du mortier, s’opposent à la migration d’eau, ce qui a un effet bénéfique à la fois sur l’encrassement du béton et sur la formation des efflorescences.

D'autres adjuvants peuvent être utilisés pour la mise en place du béton par temps de gel ou durant les fortes chaleurs (**accélérateurs et retardateurs de prise**).

#### ■ Les colorants

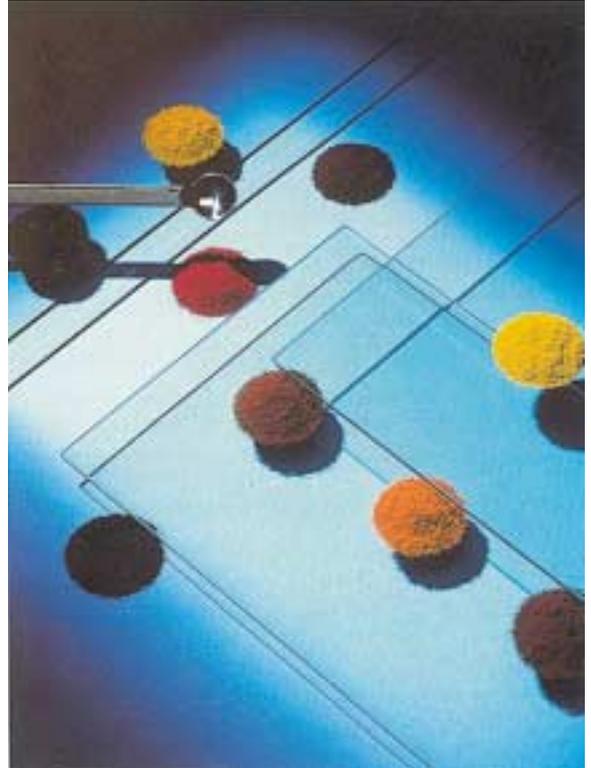
La coloration du béton peut être obtenue en ajoutant des pigments au mortier (ciment + éléments fins du sable). Cette coloration peut se combiner avec les couleurs qu'apportent les granulats apparents dans le cas des bétons traités. Les pigments minéraux ont des caractéristiques très strictes, compatibles avec les bétons.

Seuls les oxydes métalliques "naturels" ou de synthèse (fer, chrome, titane, cobalt, manganèse) sont susceptibles de garantir la qualité de la coloration et son maintien dans le temps.

En fonction de leur granulométrie, des pigments de teinte identique ont des pouvoirs colorants différents. Il convient d'en tenir compte pour leur dosage. Il est conseillé de ne pas dépasser 3 % du poids du ciment en moyenne.

Seule l'expérimentation permet de prévoir avec certitude le résultat. Il en va de même du comportement dans le temps, qui peut être très variable suivant la nature des pigments utilisés. Les colorants naturels apportent une variété de teintes subtiles et assurent un bon vieillissement.





### 1.3 - Les coffrages

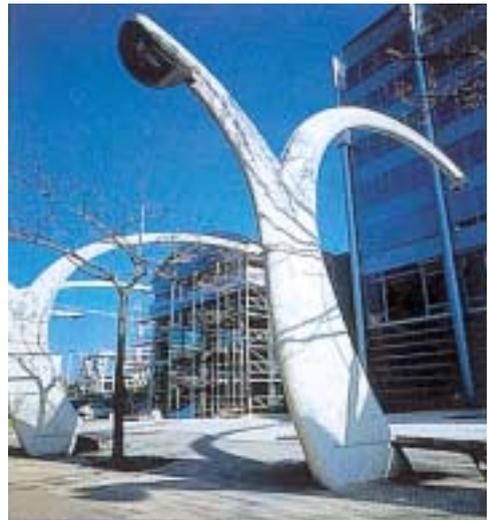
---

Les coffrages et les moules sont les instruments dont dispose l'architecte pour obtenir le premier facteur de l'apparence : la forme.

Lorsque les bétons sont destinés à rester bruts, le coffrage joue un rôle essentiel dans l'aspect de parement.

Une définition exacte de l'aspect recherché doit présider au choix du coffrage, et par conséquent du matériau qui le constitue. L'adoption d'un matériau de préférence à un autre est également déterminée par le mode de mise en œuvre —préfabrication ou coulage en place — et par le nombre de réemplois prévus.

Pour ne pas trahir le béton, le coffrage doit être étanche (afin d'éviter les pertes de laitance et les concentrations de granulats qui nuiraient à l'homogénéité de la teinte) et indéformable (pour respecter les formes et opposer à la vibration une résistance suffisante). Il doit être tenu propre et stocké soigneusement s'il est destiné à être réutilisé.



## ■ *Le bois*

La planche brute de sciage constitue une excellente solution pour les coffrages à usage unitaire ou de forme complexe.

Il convient d'employer, si possible, des bois secs, humidifiés avant le coulage du béton. Les bois verts prennent du retrait et les bois secs non humidifiés gonflent en absorbant une partie de l'eau du béton.

Certains bois durs — les bois fruitiers en particulier, protégés par des peintures-résines — sont quelquefois adoptés pour leurs qualités de résistance aux réemplois.

Pour certains bétons bruts de décoffrage, le traitement des planches à la soude, par brûlage ou par brossage permet d'accentuer la profondeur du veinage. D'une manière générale, les creux ont tendance à s'atténuer au fur et à mesure des réutilisations.

Après plusieurs réemplois, les caractéristiques du bois peuvent se modifier, notamment sa porosité, ce qui est susceptible d'influencer la teinte du béton.



■ *Les contreplaqués*

Les contreplaqués sont bien adaptés aux surfaces lisses. Leurs dimensions les rendent aptes au revêtement de grands moules de préfabrication ou de coffrages pour grandes surfaces coulées en place. Leur facilité de découpe les destine également aux coffrages d'éléments de formes complexes.

Les contreplaqués CTB-X (type "marine") résistent bien, surtout lorsqu'ils ont subi un traitement de surface : bakélisation ou imperméabilisation.

Dans tous les cas, ces coffrages doivent être calculés avec le même soin qu'une structure. Ils sont en effet sollicités au maximum, statiquement et dynamiquement, pendant la vibration. Une épaisseur minimale de 16 mm est indispensable pour éviter les déformations et les résonances.

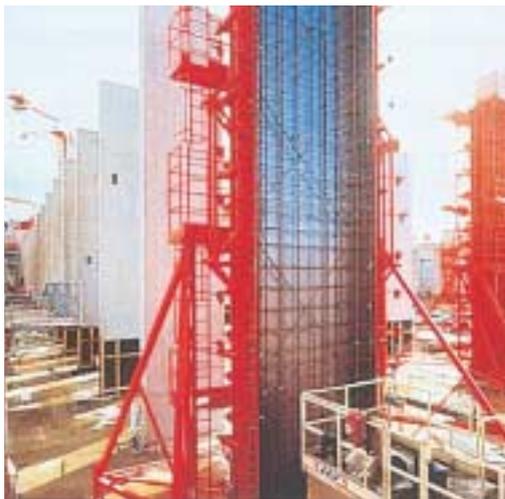
Lorsqu'un coffrage est réalisé par jonction de plusieurs panneaux, un grand soin doit être apporté à l'étanchéité des joints ; le masticage soigné est une bonne solution.



## ■ *Le métal*

La feuille d'acier usinée — par sa longévité et sa surface lisse — donne entièrement satisfaction dans la réalisation des moules de préfabrication. C'est en métal que sont fabriqués les moules "à géométrie variable" qui rendent possibles les petites séries.

Le métal est également le matériau privilégié des coffrages-outils, des coffrages glissants et des coffrages traditionnels à multiples réemplois. Ils doivent être bien entretenus afin d'éviter toute trace de rouille.



■ *Les matériaux de synthèse*

Des parements en béton animés par des motifs sculptés peuvent être obtenus en utilisant le polystyrène expansé — traité soit en positif, soit en négatif — placé en fond de moule. Le coulage du béton s'effectue sans difficultés, mais le démoulage est délicat, surtout dans le cas de forts reliefs.

D'autres matériaux nouveaux — mousses ou élastomères de polyuréthane, polymères aux silicones... — sont employés, au même titre que le caoutchouc, pour réaliser des matrices de reproduction. Le choix est surtout dicté par le nombre de réemplois.



Des matrices modulaires, disponibles sur catalogue, offrent des aspects de parement bois, pierre, cannelé, etc.

En règle générale, de tels moules sont nettement mieux adaptés à la préfabrication qu'au moulage *in situ*.



## 1.4 - La mise en œuvre

---

### ■ *Les armatures*

Un bon enrobage des armatures par le béton doit être assuré ; l'épaisseur requise est déterminée selon le degré d'agressivité de l'ambiance (la valeur minimale prescrite va de 2 à 4 cm selon les cas).

Les quantités d'armatures, exprimées en masse par mètre cube d'ouvrage, sont couramment de l'ordre de 70 à 120 kg/m<sup>3</sup> ; elles sont plus précisément fixées, selon la destination de l'ouvrage, par des documents spécifiques réglementaires.

Invisibles lorsque l'ouvrage est achevé, les armatures peuvent avoir un effet négatif sur la qualité des bétons apparents : une position trop proche du parement peut entraîner, à terme, la formation de taches de rouille et, éventuellement, l'éclatement de la surface.

Le respect de l'enrobage prévu par le plan de ferrailage doit tenir compte du diamètre des plus gros granulats, dont le libre passage entre les fers et le coffrage est indispensable.



L'épaisseur de l'enrobage se calcule non pas à partir du nu de la paroi coulée, mais à partir des creux les plus profonds que les traitements ultérieurs ou les joints peuvent créer.

Un bon positionnement des armatures doit être assuré par des moyens appropriés.

Les fers en attente, qui par temps de pluie peuvent provoquer des traces de rouille sur le béton déjà coulé, doivent être soigneusement protégés.

#### ■ *La coulée sur chantier*

Le béton doit être homogène, d'un dosage constant et d'une maniabilité suffisante pour épouser toutes les formes du coffrage et enrober convenablement les armatures. Le mélange intime des composants est obtenu par un malaxage pendant une durée très précise.

La coulée du béton s'effectue à l'aide de bennes munies d'un manchon ou d'une pompe à béton, par couches d'environ 30 cm d'épaisseur, à vitesse constante. La hauteur de chute ne doit pas excéder 80 cm, afin d'éviter la ségrégation du béton au travers des armatures, et un entraînement d'air occlus en trop forte quantité.

La coulée peut aussi être réalisée en continu, formule qui n'autorise aucune interruption pendant toute la durée de l'opération.

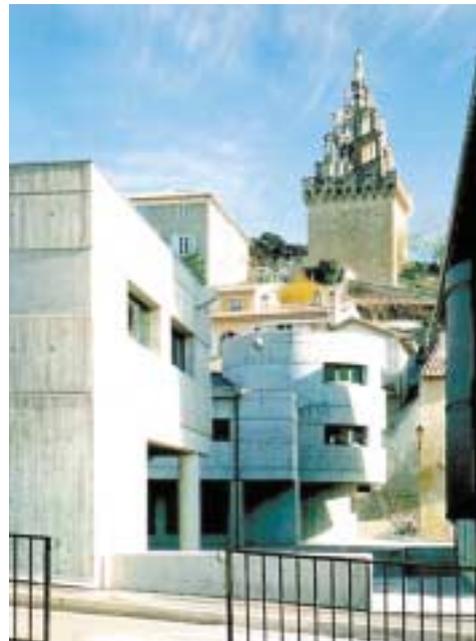
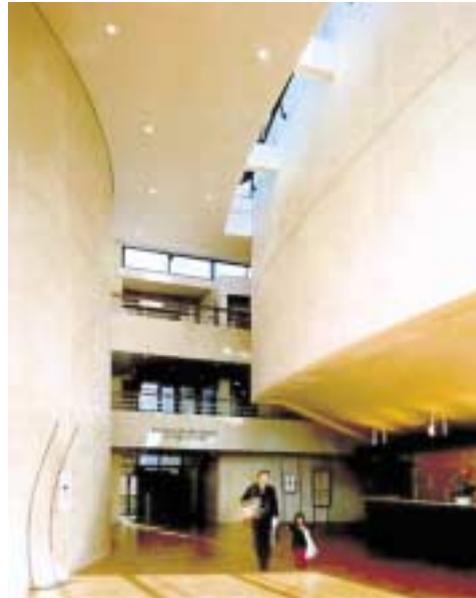


■ *Les reprises*

Une différence d'aspect demeure toujours possible entre la fin d'une coulée et la coulée suivante.

Dans tous les cas d'arrêt de bétonnage, il est préférable de prévoir un joint marqué en creux.

Cette solution est préférable à celle du ragréage, qui est rarement invisible et qui est à proscrire, sauf s'il est réalisé avec un très grand soin.



■ *Le serrage par vibration*

Le serrage est indispensable à la fois pour assurer une bonne mise en place du béton et pour garantir sa compacité.

Le serrage par vibration interne s'effectue avec des aiguilles vibrantes, en évitant de les approcher du coffrage, de les appuyer sur les armatures ou de les laisser trop longtemps au même endroit.

La plongée des aiguilles dans la masse du béton peut être relativement rapide, mais elles doivent être retirées lentement.

La taille des aiguilles doit être adaptée à l'épaisseur du voile à traiter, à l'amplitude et à la fréquence des vibrations, à la granularité du béton et à l'encombrement du ferrailage.

Le temps de vibration doit être le même en tous les points de la masse du béton. Un excès de vibration entraîne une localisation des gros granulats à proximité du coffrage, faisant apparaître des taches (pommelage), voire une image fantôme des armatures.

Pour les moules ou les banches de grandes dimensions, on utilise des vibrateurs de coffrage dont la position et la fréquence doivent être déterminées avec beaucoup de soin, et si nécessaire après essai préalable.



## **VIBRATION ET FRÉQUENCES**

La fréquence des vibrations a une influence directe sur la consistance des bétons et sur la répartition de leurs éléments dans la masse.

À basse fréquence (< 35 Hz), le gros granulat se sépare du mortier. À fréquence plus élevée (> 50 Hz), c'est le sable qui se trouve mobilisé.

La haute fréquence apporte à la fois la présence d'un mortier plus fin en surface et la liquéfaction de celui-ci, qui facilite l'évasion de l'air occlus.

### ■ *Le décoffrage*

Le décoffrage des différents éléments d'un ouvrage doit toujours être effectué dans les mêmes délais, quelle que soit l'importance de la coulée.

En effet, la teinte définitive du béton est directement influencée par la durée pendant laquelle il est resté sans contact avec l'air.

Les variations hygrométriques peuvent aussi avoir une influence sur la teinte. C'est la raison pour laquelle on utilise couramment des agents de démoulage. Les uns sont des films qui restent sur le coffrage, les autres (dits "pelables") qui restent sur le béton et sont détachés par la suite.

Constituant un écran entre le béton et l'air ambiant, ils réduisent l'évaporation de l'eau excédentaire : la réaction hydraulique reste normale dans n'importe quelles conditions extérieures. Le choix se portera systématiquement sur les produits qui ne risquent pas de tacher la surface du béton.

### ■ *La cure*

Pour apporter les propriétés mécaniques et l'aspect de surface recherchés, le béton doit durcir dans de bonnes conditions.

La dessiccation risque d'entraîner des phénomènes de retrait ou de fluage, voire des efflorescences (concrétions blanchâtres de carbonate de calcium), et par conséquent d'altérer la qualité du parement.

Si la température le nécessite, le béton doit être protégé, soit par un produit de cure, soit par une membrane étanche. À la limite, un arrosage périodique peut être une solution.

■ *La fabrication en usine*

La fabrication des éléments de parement est largement utilisée dans le domaine des bâtiments. Elle permet la réalisation de formes complexes ainsi que des traitements de surface difficilement réalisables sur chantier (polissage, traitement à l'acide...).

Il faut également noter le développement de la préfabrication pour des éléments de ponts, d'ouvrages d'art et de bâtiments industriels, notamment en béton HP, permettant une plus grande latitude de conception architecturale et une élévation du niveau d'exigence en qualité.

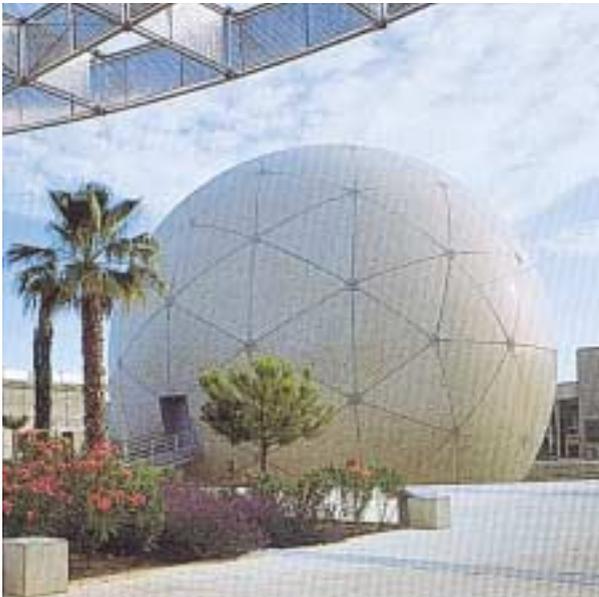




■ *Les assemblages*

Les éléments coulés en place ou préfabriqués peuvent être assemblés entre eux et on peut faire ressortir ou non les joints d'assemblage selon les *desiderata* du maître d'œuvre.

Les assemblages peuvent être réalisés par divers moyens : bétonnage d'armatures dépassantes, collage, soudure de platines ancrées dans les éléments, encastrement avec reprise des moments, goujonnage ou brochage d'acier dépassant, post-tension. Bien entendu, lors des assemblages, il convient d'assurer la continuité des propriétés (résistance mécanique courante, étanchéité au feu, à l'eau, à l'air, isolation...).





### ■ *Les bétons projetés*

Les techniques de projection des bétons sont utilisées pour la mise en œuvre de voiles minces en béton apparent ou de structures dont les formes compliquées sont irréalisables avec des coffrages.

La projection s'effectue à la lance, sur des armatures déformables ou non : métal déployé doublé d'un papier ou d'un film plastique, treillis soudé revêtu d'un carton perforé.

La composition du béton doit être strictement adaptée à la technique de projection choisie.



### **DES COUPOLES EN BÉTON (DOME CONCEPT PIRS)**

Aujourd'hui les ingénieurs ont trouvé, avec le béton projeté, le moyen de réaliser une coupole de telle façon qu'elle se trouve, par elle-même, en équilibre.

L'opération consiste à projeter sur une membrane gonflable constituant la forme une mousse de polyuréthane, normalement d'une épaisseur de 5 cm, avec fixation des cintres permettant l'accrochage des armatures de la structure porteuse.

Le bétonnage s'effectue par projection, à l'aide d'un engin spécialement adapté au travail circulaire. Le bétonnage se fait dans des conditions particulièrement favorables, à l'abri des intempéries, à température et humidité pratiquement constantes.

Dans l'ensemble, la mise en œuvre des dômes nécessite une main-d'œuvre très réduite et permet de réaliser de grands volumes entièrement libres.

# Palette des aspects

## **2.1 - Le béton brut de décoffrage**

- Les creux et les reliefs
- Les motifs sculptés
- Les incrustations et les incorporations

## **2.2 - Les traitements de surface**

- Les traitements mécaniques
- Les traitements chimiques

## **2.3 - La coloration du béton**

- La coloration dans la masse
- La peinture
- Les lasures



## ***Liberté des textures, richesse et diversité des couleurs.***

Le béton a su accomplir, depuis quelques décennies, des progrès qui lui permettent de répondre pleinement à la demande esthétique. La connaissance scientifique s'est développée, informant sur les qualités propres des constituants et sur la manière dont ils réagissent entre eux.

Ces évolutions concernent le béton brut et le béton traité, mais aussi les domaines de la modénature et de la création des motifs sculptés, de l'incrustation, de l'incorporation et enfin de la coloration.

# 2. Palette des aspects

## **2.1 - Le béton brut de décoffrage**

---

C'est le coffrage, ou le moule, en préfabrication, qui donne au béton la totalité de son aspect de surface. La qualité du béton et sa mise en œuvre sont ici primordiales.

La correction de défauts éventuels par ragréage, indépendamment de son coût, ne donne généralement pas un résultat satisfaisant.

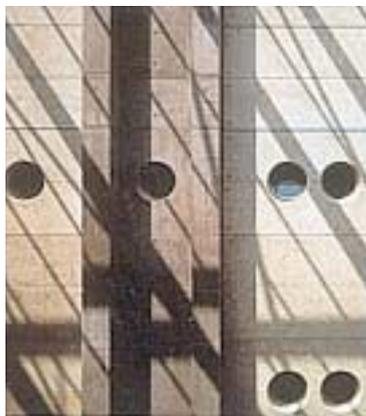
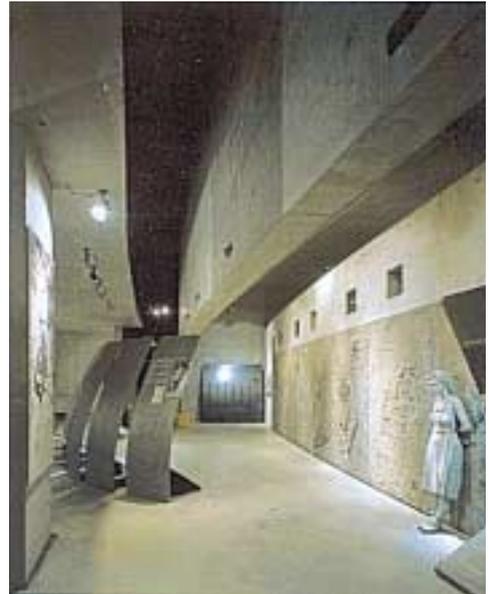
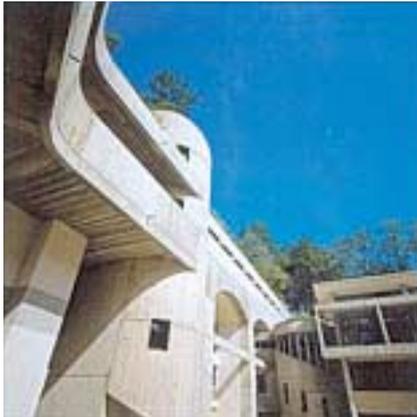
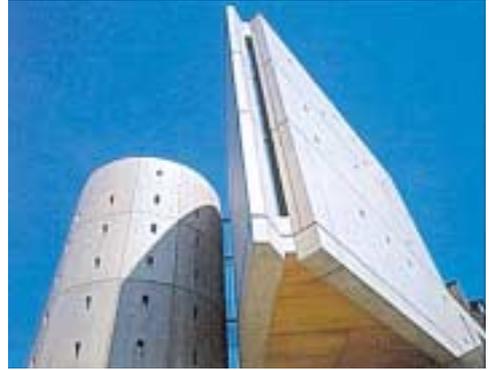
Une définition exacte de l'aspect recherché doit présider au choix du coffrage, et par conséquent du matériau qui le constitue. Un coffrage est le négatif de l'ouvrage à réaliser. Tout défaut de surface se retrouve donc sur le parement de l'ouvrage. Si un effet décoratif peut être recherché volontairement, en utilisant par exemple le veinage des planches ou leur assemblage, il n'en va pas de même lorsqu'il s'agit de défauts tels que trous, déformations dues à des chocs, têtes de boulon, désaffleurements. Certains paramètres liés au coffrage ont des conséquences importantes sur la qualité de l'apparence du béton : la rigidité insuffisante du coffrage provoque le non-respect des tolérances dimensionnelles.

Les défauts d'étanchéité génèrent des nids de cailloux par départ d'eau ou de laitance. Lorsque leur surface est absorbante, la teinte du béton se révèle plus foncée. Une répartition inégale des produits de démoulage ou des parties non traitées a respectivement pour conséquence des variations de teinte, des taches sur le béton et l'arrachement au décoffrage.

Ces différents problèmes peuvent être évités : des dispositions existent, à prévoir pour l'obtention d'un béton de qualité.









#### ■ *Les creux et les reliefs*

Ils s'obtiennent à partir des moules et des coffrages. Ils nécessitent une composition appropriée du béton, une mise en œuvre soignée, ainsi que des moules et des coffrages bien conçus et bien exécutés.



### ■ *Les motifs sculptés*

Ils se réalisent à partir de moules en bois ou en matières de synthèse, telles que le polystyrène expansé ou les élastomères.

D'autres matériaux, tels que les mousses ou élastomères, sont employés au même titre que le caoutchouc pour réaliser des matrices. Ils permettent de reproduire des motifs variés en creux ou en relief.



### ■ *Les incrustations et les incorporations*

Un aspect de parement peut être par exemple obtenu en préfabrication en disposant, en fond de moule, des éléments de dimensions variables : pierres, rognons de silex, galets roulés, etc. Ces éléments doivent être disposés avec soin, et la mise en œuvre du béton doit être bien étudiée pour que ces matériaux destinés à rester visibles ne soient pas totalement noyés dans le béton lors de sa vibration.





## **2.2 - Les traitements de surface**

---

Les traitements de surface ont pour objet d'animer la surface du béton en rendant les granulats apparents, en créant des reliefs tels que, par exemple, des stries ou des cannelures, ou en colorant le béton ; ils sont exécutés sur un béton frais ou sur un béton plus ou moins durci.

Le béton se traite par effet mécanique ou chimique.

### ■ *Les traitements mécaniques*

Ils ont pour objet de modeler la surface du béton en la rendant plus ou moins rugueuse et en faisant apparaître la texture du béton. Ces traitements reposent sur l'effet de chocs plus ou moins importants appliqués à la surface du béton, par bouchardage, par exemple. Ils peuvent également faire appel à des techniques d'érosion ou d'abrasion plus ou moins marquées. Les traitements mécaniques supposent qu'ait été prévue une épaisseur de béton suffisante pour assurer le maintien d'un enrobage correct des armatures.

### **LE LAVAGE**

Il s'effectue sur un béton frais par jet d'eau. Le matériau est finement lavé à très faible pression. L'eau enlève la laitance superficielle et met en valeur le granulat, généralement roulé. Ce traitement n'altère pas la couleur des granulats employés.



### **LE BROSSAGE**

Le parement est passé à la brosse (brosse dure non métallique), avec ou sans eau.



### **LE SABLAGE**

Il consiste à attaquer un parement durci avec un jet de sable projeté à l'air comprimé, pour dégarnir plus ou moins les granulats qui, selon leur dureté, sont plus ou moins arrondis par cette technique. Les granulats sombres sont éclaircis par ce traitement.



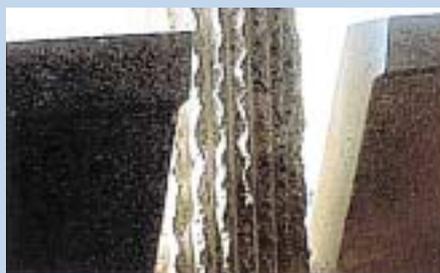
### **LE BOUCHARDAGE**

Le parement, après durcissement complet, est attaqué à la boucharde manuelle ou pneumatique, à dents ou à aiguilles à écartement variable, suivant l'aspect recherché.



### **L'ÉCLATÉ**

Il s'agit d'un traitement délicat et très spécial qui consiste en général à attaquer les arêtes d'un béton cannelé.



### **LE GRÉSAGE**

C'est un meulage de dégrossissage, qui laisse apparaître plus ou moins l'ensemble des composants du béton et donne une surface rugueuse. Le béton grésé reçoit un seul passage de meule avant un bouchonnage léger.

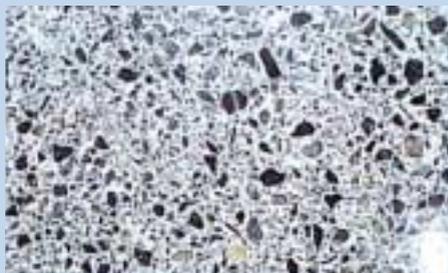


### **LE POLISSAGE**

Il repose sur l'utilisation, après dégrossissage, de meules à grains de plus en plus fins qui, en éliminant les traces laissées par les précédentes, font ressortir la texture du béton dans la masse et donnent un parement parfaitement uni.



Le béton poli dispose de deux ou trois passages, selon que les granulats sont de teinte claire ou foncée, avant d'être bouchonné ou mastiqué. Quant au poli marbrier, il s'obtient par un nombre de passages variant de quatre à six, selon la nature des granulats, avant de recevoir un lustrage et d'être mastiqué. Le béton poli peut ou non faire l'objet d'un traitement de cure. Le béton à poli marbrier reçoit généralement l'application d'un produit de protection. Les mortiers doivent être d'une bonne compacité, résistants à l'action de la meule et non poreux, pour permettre un béton poli de qualité. Le moule doit être rigide, d'une planéité et d'une étanchéité parfaites. La mise en œuvre doit être très soignée.



## ■ *Les traitements chimiques*

Ils poursuivent le même objectif : rendre apparents les granulats, généralement roulés, dont ils conservent l'aspect. Ils sont au nombre de deux : la désactivation et le décapage à l'acide.

### **LA DÉSACTIVATION**

Elle relève de l'emploi d'un désactivant retardateur de prise, appliqué sur le coffrage avant le coulage du béton, et qui retarde sa prise en surface. La peau du béton peut ainsi être enlevée par un lavage au jet d'eau, suivi d'un brossage. Très précis, ce procédé, utilisé en préfabrication pour les voiles verticales, s'emploie aussi sur chantier pour les dallages ou la voirie. Le désactivant est alors pulvérisé sur la surface du béton frais.



### **LE DÉCAPAGE À L'ACIDE**

Il consiste à attaquer le parement du béton durci avec une solution à base d'acide chlorhydrique. La profondeur de l'attaque varie en fonction de la concentration de la solution et de la durée du traitement. Celui-ci doit être suivi d'un lavage à grande eau pour éviter la dépassement du béton et la corrosion des armatures. Il est réservé aux granulats siliceux.



## 2.3 - La coloration du béton

---

Le béton possède une teinte générale qui peut être modifiée par coloration.

La teinte générale du parement est apportée par les composants du béton. Gris ou blanc, le ciment, mélangé aux éléments les plus fins du sable, les fines, donne au béton brut de démoulage sa teinte de fond. Il est certain que toutes les variétés de sables ne sont pas disponibles partout. Sauf en cas de prescriptions particulières, le béton doit s'adapter à la couleur locale.

Les différentes expressions colorées du béton relèvent de deux procédés distincts : il s'agit de la coloration dans la masse et de la coloration en surface par peinture ou par lasure.

### ■ *La coloration dans la masse*

La teinte générale du béton peut être modifiée par l'ajout de pigments. Les pigments minéraux, seuls utilisables dans les bétons, sont capables d'absorber une partie de la lumière blanche qu'ils reçoivent en ne reflétant que la fraction correspondant à leur couleur. Certains de ces pigments se trouvent dans la nature, d'où leur nom de pigments naturels.

Il s'agit d'oxydes de certains métaux, tels que le fer, le chrome, le titane, le cobalt, le manganèse, par exemple. Les autres sont des pigments de synthèse, fabriqués par voie chimique en partant des métaux eux-mêmes ou de leurs dérivés, et obtenus à l'état pratiquement pur. En fonction de leur granulométrie, des pigments de teinte identique ont des pouvoirs colorants différents. Il convient d'en tenir compte pour leur dosage. Il est conseillé de ne pas dépasser 3 % du poids du ciment. Seules l'expérience et l'expérimentation permettent de prévoir avec certitude le résultat. Il en va de même du comportement dans le temps, qui peut être très variable suivant la nature des pigments utilisés. Les colorants naturels apportent une variété de teintes subtiles et assurent un bon vieillissement.

Dans le cas des bétons soumis à un traitement de surface, la coloration peut se combiner avec les couleurs qu'apportent les granulats apparents. En effet, le granulat se montre en surface et sa couleur est d'une importance évidente. Les bétons polis proposent des couleurs variées, sur la base de granulats de provenances diverses, tels que, par exemple, le noir des Alpes, le vert des Alpes, le bleu avec l'Espéra et le Saint-Béat bleu turquin, le rouge avec le porphyre de Montauté, l'ocre avec le Comblanchien, l'Écuellen, le Hauteville, le Belleroche et le Pouzillac, le blanc, enfin, avec le rose de Brignolles, le rose marbre des Pyrénées, le veiné gris marbre de Carrare, le pur de Grèce et le quartz de Vendée...



### ■ *La peinture*

Elle constitue un moyen traditionnel d'apport d'une expression colorée au béton. La peinture modifie sensiblement l'aspect du matériau, puisqu'elle le dissimule.

Des peintures spéciales (à base de résines) peuvent être utilisées pour des dallages industriels ou des sols de parking, où elles apportent, en même temps qu'une animation colorée, des performances anti-poussière et de résistance à l'abrasion de surface.



### ■ *Les lasures*

Ni peintures ni vernis, les lasures pour béton sont des polymères acryliques en solution qui teintent le béton et le valorisent sans le dissimuler. Les lasures protègent le béton à la fois de l'eau — tout en facilitant le ruissellement des salissures — et de l'agression du gaz carbonique et des sulfates.

L'application au rouleau est très facile. Elle doit uniquement être effectuée hors poussières, après brossage de la surface du béton. Les lasures, qui supposent un béton de qualité, autorisent certains nuançages qui font jouer la lumière.





Chapitre

# 3

## Le béton et le temps

**3.1 - Le comportement dans le temps**

**3.2 - L'entretien**

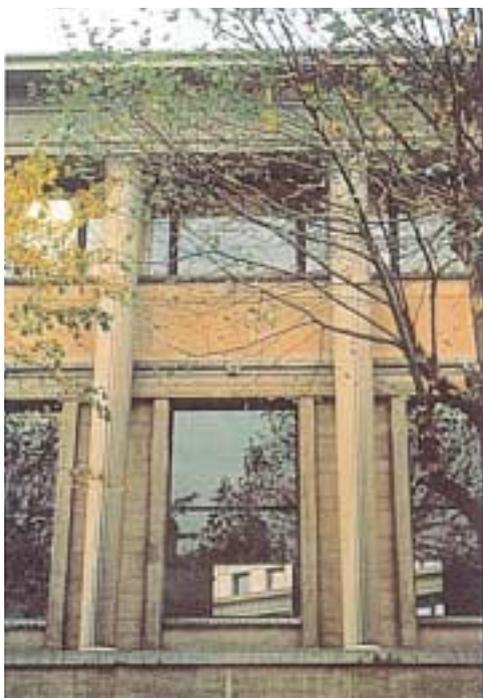
### **3.1 - Le comportement dans le temps**

---

Comme les autres matériaux, le béton est soumis à l'agression des salissures ; il se salit plus ou moins, et rarement de manière uniforme.

Ce phénomène complexe est accentué par l'origine des salissures — dues à la fois aux minéraux et aux micro-organismes —, le climat, les vents et l'orientation.

Le meilleur remède au vieillissement est préventif : c'est l'architecture... La conception même des façades, par la création d'éléments de protection autrefois implicites (acrotères, corniches, balcons), par la canalisation du ruissellement de surface, par le positionnement des joints, peut sensiblement ralentir le vieillissement.



Adaptation de l'architecture et adaptation des bétons aux climats et aux taux de pollution devraient permettre de ralentir le vieillissement ou d'en rendre les conséquences moins inesthétiques.

Associée à la réalisation de bétons de qualité, l'application d'hydrofuges de surface contribue, en s'opposant à la pénétration des agents agressifs, à limiter l'encrassement du parement.

Les hydrofuges limitent également l'apparition des efflorescences — sels de carbonate de calcium — qui, entraînées par la migration d'eau vers le parement, peuvent se traduire par des dépôts clairs localisés.

L'apparition de ce phénomène, peu marquant dans la généralité des cas, peut être empêchée, outre par l'emploi d'hydrofuges, par une limitation du dosage en eau et par l'adjonction des fillers actifs qui piègent la chaux lors de sa formation.

Notons qu'un grand soin apporté à la protection des pièces préfabriquées lors de leur stockage permet d'éviter les effets d'un vieillissement à court terme qui ne les affecterait pas de façon uniforme.

## 3.2 - L'entretien

---

Lorsque, malgré les précautions prises lors de la réalisation, le parement est altéré par le temps, le béton peut toujours être nettoyé.

Plusieurs procédés sont susceptibles d'être utilisés :

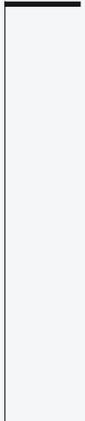
• **la vapeur d'eau** détache bien les impuretés sans humidification excessive, toujours préjudiciable, des parements ;

● ***l'eau sous forte pression*** — froide ou chaude — projetée sous forme de jet plat, agit rapidement et mouille peu le béton. Le temps de séchage étant très bref, il est facile de surveiller les résultats. Dans les deux cas, l'addition de ***détergents*** à petite dose ne présente pas d'inconvénients ;

● ***le sablage humide*** et l'emploi de ***produits chimiques*** doivent faire l'objet de précautions et être réalisés par des entreprises spécialisées.

Les travaux de restauration d'ouvrages en béton présentant un intérêt architectural supposent de conserver l'aspect initial du parement, tout en assurant une protection durable. Deux procédés sont bien adaptés : la fluatation, qui obture les pores du béton par cristallisation de sels, et l'imprégnation par les imperméabilisations incolores aux silicones, qui visent à rendre hydrofuge la surface du béton.





# Annexes

- **Vocabulaire**
- **Bibliographie**
- **Illustrations**

# Vocabulaire

---

## **Adjuvant**

Produit incorporé au béton afin d'en modifier les propriétés naturelles (accélérateurs ou retardateurs de prise, plastifiants, etc.).

## **Aiguille vibrante**

Long vibreur que l'on plonge dans le béton frais pour assurer son serrage et sa compacité.

## **Béton**

Matériau résultant du mélange de ciment, de sable, de granulats, d'eau et d'adjuvants.

### ● *Béton armé, précontraint*

Béton dans lequel une armature incorporée renforce la résistance aux efforts, notamment de traction.

### ● *Béton cyclopéen*

Béton dans lequel on noie des pierres de grandes dimensions (plus de 120 mm).

## **Bullage**

Défaut de surface caractérisé par la présence de petites cavités sur les parois décoffrées.

## **Calcaire**

Roche constituée de carbonate de calcium. Il entre dans la composition des ciments et est utilisé comme granulats.

## **Ciment**

Liant hydraulique obtenu par mouture d'un clinker, éventuellement mélangé à d'autres constituants (laitier, cendres volantes, pouzzolane, etc.).

### ● *Ciment Portland (CPA - CEM I)*

Ciment constitué en majeure partie de silicates et d'aluminates de calcium, au moins 95 % de clinker.

### ● *Ciment Portland composé (CPJ - CEM II A ou B)*

Il comporte plus de 65 % de clinker et moins de 35 % de constituants autres.

## **Ciment blanc**

C'est un "ciment Portland" ou un "ciment Portland composé" (voir ci-dessus), contenant très peu d'oxydes métalliques (oxyde de fer en particulier).

## **Classe de résistance des ciments**

Catégorie définie pour chaque type de ciment par la norme NF P 15-301. Elle fixe les limites inférieures des résistances nominales à la compression à 28 jours et, dans certains cas, à 2 jours.

## **Clinker**

Matériau hydraulique constitué de silicates et d'aluminates, issu de la cuisson d'un mélange de calcaire et d'argile (80 %/20 %) à 1 450 °C.

## ● Annexes

### **Cône d'Abrams** (affaissement au) ou "slump test"

Cet essai mesure en centimètres l'affaissement, après démoulage, d'une masse de béton frais mise en place de façon normalisée dans un moule tronconique.

### **Cure**

Traitement maintenant le béton dans l'état d'humidité nécessaire à un durcissement satisfaisant.

### **Désactivant**

Produit chimique ralentissant la prise du béton à sa surface.

### **Distancier**

Petite pièce de plastique qui, fixée aux armatures, assure un écartement constant entre celles-ci et le coffrage.

### **Enduit**

Revêtement en mortier étendu en couche mince sur le parement d'une façade.

### **Éruptive**

Se dit d'une roche d'origine volcanique.

### **Faiçonnage**

Très fines craquelures de la surface du béton, se présentant en mailles.

### **Fer en attente**

Fer d'armature destiné à assurer la liaison entre une partie d'ouvrage déjà réalisée et celle qui doit l'être ultérieurement.

### **Fillers**

Grains extrêmement fins, appelés aussi "farines" (moins de 0,08 mm).

### **Fines**

Éléments fins d'un sable (moins de 0,3 mm).

### **Fuatation**

Procédé de traitement de la surface du béton par application de fluosilicates. Elle améliore la résistance aux agents atmosphériques.

### **Goulotte**

Conduit incliné par lequel s'écoule le béton entraîné par la gravité.

### **Granulat**

Matériau pierreux ou non entrant dans la composition des bétons.

#### ● *Granulat roulé*

Caillou de rivière.

#### ● *Granulat concassé*

Granulat issu du concassage de roches.

### **Granulométrie**

Répartition des granulats par classes de grosseur.

#### *Fuseau granulométrique*

Ensemble de courbes déterminant, pour une application donnée, la répartition optimale, dans la composition d'un béton, des granulats de différentes grosseurs.

### **Gravillon**

Granulat moyen (6,3/25 mm).

### **Huile de démoulage**

Produit appliqué sur les moules ou les coffrages afin d'éviter l'adhérence du béton.

**Imprégnation**

Traitement consistant à faire pénétrer dans les vides du béton une résine liquide, qui durcit ultérieurement par polymérisation.

**Laitance**

Ciment et fines en suspension dans l'eau, apparaissant à la surface du béton lors de la vibration. Après prise et durcissement, elle constitue une couche de faible résistance.

**Liant**

Matériau ayant la propriété de lier ensemble des éléments durs — généralement des granulats.

**Liteau**

Pièce de bois de petite section utilisée pour former certains joints.

**Métamorphique**

Se dit d'une roche cristalline stratifiée, transformée ultérieurement par l'action du feu.

**Mortier**

Mélange de ciment, de sable et d'eau.

**Pigment**

Poudre, naturelle ou synthétique, utilisée pour colorer les mortiers et les bétons.

**Prise**

Phase pendant laquelle le béton passe de l'état pâteux initial à une consistance rigide (mesure à l'aiguille de Vicat)

**Ragréage**

Opération consistant à pallier, par appli-

cation d'un enduit, le mauvais aspect d'un parement de béton.

**Sable**

Granulat fin, habituellement inférieur à 5 mm.

**Ségrégation**

Séparation des constituants du béton — gros granulats d'une part, mortier d'autre part — par suite d'une mauvaise mise en œuvre.

**Siliceux**

À base de dioxyde de silicium.

**Vibration**

Procédé de mise en place et de serrage du béton lui communiquant, directement ou par l'intermédiaire du coffrage, un mouvement vibratoire, qui a pour effet de répartir de manière homogène les éléments de granulométries différentes.

**Vibrateur de coffrage**

Terme réservé aux vibreurs externes (par opposition aux vibreurs internes, les aiguilles vibrantes) qui agissent sur une ou plusieurs faces du béton par l'intermédiaire d'un moule ou d'un coffrage.

**Voile**

Paroi, généralement autoportante, en béton armé de faible épaisseur.

# Bibliographie

---

## **ADAM Michel**

“Recommandations concernant les parements en béton”, *Journal de la construction de Suisse romande*, n° 13, juillet 1980  
Aspects du béton, collection ITBTP, 1971

## **AENOR**

“Surfaces et parements de béton. Éléments d’identification”, norme NFP 18-503

## **ARRETCHE Louis**

“Esthétique de la préfabrication”, *7<sup>e</sup> Congrès international du béton manufacturé*, BIBM, Barcelone, 1972

## **ATILH**

*Guide d’emploi des ciments*, 1995

## **BETOCIB**

*Les bétons blancs : prescriptions techniques*, 1994

*Comportement et évolution, entretien et protection des parements en béton clair à base de ciment blanc*, 1982

*Construire en bétons clairs*, Éditions Eyrolles, 1996

## **BRESSON J.**

*Les traitements de surface des produits en béton*, CERIB, 1994

## **CARRIE & MOREL**

*Salissures de façades*, Éditions Eyrolles, 1975

## **CIB**

“Tolérances sur les défauts d’aspect du béton”, *Rapport CIB*, n° 29

“Parement du béton”, *Cahier du CSTB*, n° 1189, juin 1973

“Manuel de terminologie des coffrages”, *Rapport CIB*, n° 85 (en collaboration avec CEB et FIP), septembre 1985

## **CIMBÉTON**

Revue *Construction Moderne*

“Bétons, Matière d’Architecture”, *Techniques et Architecture*, 1991

## **DREUX Georges et J. FESTA**

*Nouveau guide du béton*, Collection de l’ITBTP, 1995

*LCPC, Défauts d’aspect des parements en béton*, Guide technique, 1991

## **MOROG**

“Le beau béton”, *Le Moniteur*, 1981

## **TRÜB**

*Les surfaces du béton*, Éditions Eyrolles, 1976

## **VENUAT Michel**

*Adjuvants et traitements des mortiers et bétons*, édité par l’auteur, 1971

*La pratique des ciments et des bétons*, Éditions du Moniteur des travaux publics et du bâtiment, 1976

# Illustrations

Page - ouvrage - lieu - (architecte) - photographe

---

Pages 11 - 12 - 13 : Sables et gravillons – M. Moch

Pages 16 et 17 : Colorants – photothèque Bayer et M. Moch

Page 18 : Candélabres à Issy-les-Moulineaux (F. Bringand) – F. Vigouroux

Page 19 : Carrousel du Louvre (M. Macary – I. M. Peï) – H. Abbadie  
Coffrages chantier – M. Moch

Page 20 : Forum des Halles (P. Chemetov) – M. Moch

Page 21 : Bibliothèque de France (D. Perrault) – M. Robinson  
Moules et coffrages – M. Moch

Page 22 : Chevaux de Marly (M. Bourbon) – Matrices élastomères – M. Moch

Pages 23 et 24 : Usine EPI – M. Moch

Page 25 : Maison de la musique de Nanterre (D. Kahane) – M. Robinson  
Aéroport de Roissy (P. Andreu – J. M. Duthilleul) – P. Maurer  
Médiathèque de Nyons (D. Chapuis, C. Royer) – Y. Lainville

Pages 28 et 29 : Usine EPI – M. Moch

Page 30 : Lycée Jean-Monnet (F. Fontès) – Y. Lainville

Page 31 : Centre d'entretien routier d'Argenteuil (G. Béghin – J. A. Macchini) – M. Robinson  
Crédit Industriel de l'Ouest (3A Durant, Ménard, Thibault) – M. C. Bordaz  
Parking des Célestins à Lyon (M. Targe) – M. Moch

Page 32 : Photothèque PIRS (Dôme Concept)  
Centre de rencontre et de communication de Niort (H. Beaudoin) – H. Abbadie

Page 36 : Escalier au Palais du Louvre (C. Bizonard et F. Pin) – G. Fessy  
Parking Hector-Malot (A. Christo-Foroux) – M. Moch

## ● Annexes

- Page 37 : Conseil économique et social (G. Bouchez) – H. Abbadie  
Usine Fenwick à Élancourt (D. Damon, P. Colombier) – J. M. Monthiers  
Villa Miller près de Lexington (J. Oubrière) – J. M. Landecy  
Fondation Louis Jeantet à Genève (Domino : J. M. Anzévui, N. Deville, J. M. Landecy)  
– J. M. Landecy  
Caserne des pompiers de Gennevilliers (Architecture Studio) – M. Moch
- Page 38 : Caserne des pompiers de l'usine Vitra en Allemagne (Z. Hadid) – S. Demailly  
Congrégation religieuse des filles de Jésus à Rennes (H. Perrin, L. Martin) – M. Moch  
Centre national du cinéma à Bois-d'Arcy (J. L. Véret) – M. Moch  
Mémorial de Vassieux-en-Vercors (Groupe 6) – H. Chapon  
École Louis-Lumière (C. Hauvette) – G. Fessy
- Page 39 : Stadium de Vitrolles (R. Ricciotti) – A. Favret - P. Manez  
Aérogare de Roissy (P. Andreu) – P. Maurer
- Page 40 : Unité d'habitation à Marseille (Le Corbusier)  
Siège des éditions Larousse (Synthèse Architecture : Haberkorn) – M. Moch  
Pacific Tower (Kurokawa) – H. Chapon
- Page 41 : Pont TGV à Malakoff (Y. Vincent, Alleaume sculpteur) – Photo de l'auteur
- Pages 42 - 43 - 44 - 45 : Traitements de surface – Usine EPI – M. Moch
- Page 47 : Plage de Saint-Valery-en-Caux – Photo X  
Sol maison particulière – Photothèque Bayer
- Page 48 : Parking Hector-Malot (A. Christo-Foroux) – M. Moch  
Caserne des pompiers de Gennevilliers (Architecture Studio) – M. Moch
- Page 51 : Conseil économique et social (A. Perret) – Photo X  
1, rue Danton (Hennebique) – Photo X
- Page 53 : Siège Kodak – Photothèque Kodak  
Ravalement façade – Photothèque Thomann-Henry