

# Solutions béton

Bétons apparents,  
réponses thermiques et esthétiques P. 16

Le béton montre sa peau P. 20



## Peaux de béton RT 2012 compatibles

**Non, contrairement aux idées reçues,** la dernière réglementation thermique RT 2012 n'impose pas de solutions d'isolation thermique par l'extérieur. Au contraire, il est toujours possible de conserver des façades en béton apparent, qu'il soit coulé en place ou préfabriqué, structurel ou autoportant. Et ces solutions constructives bénéficient de finitions qualitatives jusque-là inégalées, grâce à des traitements de surface des bétons de plus en plus diversifiés et maîtrisés. Architectes et concepteurs, adeptes du béton apparent, peuvent donc continuer de réaliser des bâtiments répondant à tous les critères réglementaires, tout en concevant des peaux uniques et plus esthétiques que jamais. Tour d'horizon... Texte : Stéphane Miget

# Bétons apparents, réponses thermiques et esthétiques

Soumis à des obligations réglementaires de plus en plus exigeantes, les bétons, déjà en pleine mutation, affichent de nouvelles propriétés. Résultat : des formulations sur mesure en termes de délais, de qualité, de résistance mécanique et... d'isolation. Mais aussi de multiples traitements permettant d'obtenir une infinité de parements.

Photo : Arthur Péquign



→ Les bétons de dernière génération présentent une diversité telle qu'il est possible de réaliser des formulations sur mesure adaptées à quasiment toutes les exigences de la maîtrise d'œuvre.

**Tout le monde le sait**, aujourd'hui dans le secteur du bâtiment c'est la thermique qui fait l'actualité ; autour de trois axes : inertie, étanchéité à l'air et bien sûr isolation.

Cependant, après un engouement de quelques années pour des procédés d'isolation par l'extérieur, il semble que les acteurs du bâtiment fassent marche arrière, au grand bonheur de nombreux architectes. Ceux-ci soutiennent la nécessité de continuer de construire avec des bétons apparents pour assurer la qualité de la mise en œuvre et la pérennité des façades. Et cela est possible : soit en ajustant l'équilibre « épaisseurs des isolants + linéaire de rupteurs + équipements », soit en faisant appel à de nouveaux systèmes constructifs plus performants thermiquement. Et ils sont nombreux, à commencer par les « bétons isolants ».

## BÉTON STRUCTUREL COMPLÈMENT D'ISOLATION

Il s'agit de bétons préparés industriellement par mélange, en centrale, de ciment, de granulats légers artificiels ou naturels, de type schiste, argile ou ponce, d'adjuvants, d'additions minérales et d'eau. On les destine à la réalisation de voiles de façade et de pignon avec, pour objectif, la limitation des ponts thermiques de liaison entre façades et planchers et façades et refends – cela, bien sûr, dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur. La réduction des déperditions est de 35 à 40 %, ce qui permet soit de s'affranchir de la pose de rupteurs de pont thermique en about de dalle, soit d'apporter un renfort à ces rupteurs pour répondre aux exigences de la réglementation thermique 2012 (RT 2012). Coulés sur

chantier, ces bétons ne demandent pas d'adaptation des méthodes constructives (coffrage, banche, etc.). Un atout considérable car de plus en plus de prescripteurs semblent vouloir conserver des modes constructifs plus classiques – banche béton et isolation par l'intérieur – jugés plus économiques et mieux maîtrisés par les entreprises.

En attendant l'issue des expérimentations en cours – y compris avec matricage –, leur aspect de surface n'autorise pas pour le moment de les laisser apparents... Une problématique contournable si l'on souhaite garder la peau apparente. Par exemple, en ne le prévoyant qu'au niveau des dalles d'étage et/ou des murs de refend. Le béton isolant est utilisé ici à l'instar d'un rupteur thermique, le reste des banches étant rempli avec un béton habituel. Autre option, ce béton peut être réservé à

un mur pignon orienté nord, le reste de la construction étant réalisé avec un mode constructif habituel avec rupteurs de pont thermique. Ces derniers ont prouvé leur efficacité et les plus performants d'entre eux répondent aux contraintes imposées par la RT 2012.

Dans le même esprit, l'équipe du pôle matériaux du Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton (CERIB) s'est penchée sur une nouvelle famille de bétons ultralégers, dont la masse volumique sèche est comprise entre 600 et 1 200 kg/m<sup>3</sup>. Baptisé Thermolity<sup>®</sup>, ce béton auto-plaçant, pour lequel un brevet a été déposé, présente des propriétés à la fois structurelles – résistance à la compression à 28 jours de 5 à 40 MPa – et isolantes avec une conductivité thermique comprise entre 0,2 et 0,5 W/m.K. Des propriétés qui proviennent d'une matrice

## Double effet béton

**Autre intérêt du béton au plan thermique, la forte inertie du matériau. Une notion importante, davantage prise en compte par la nouvelle réglementation et qui le sera plus encore dans la prochaine. Les parois lourdes en béton, surtout lorsqu'elles sont côté intérieur de la construction, participent au confort d'hiver et d'été en écrétant les pointes de température. En hiver, le béton**

**absorbe la chaleur de la journée et la restitue la nuit, par conduction. En été, il accumule la fraîcheur de la nuit et peut ainsi faire baisser la température de quelques degrés dans la journée, d'où une sensation de fraîcheur comme dans les maisons anciennes.**

**Les modes constructifs béton sont donc aptes aujourd'hui à jouer sur deux tableaux : isolation et inertie. ■**

cimentaire ultrarésistante et à haute performance, d'un faible ratio eau/liant (0,20 à 0,34) et de l'ajout d'un agent moussant pendant le malaxage. Son domaine d'emploi est identique, mais avec une différence de taille : il est possible de le laisser apparent et de l'utiliser pour un matricage ou un béton lisse à condition de ne pas le découper (présence de bulles). La désactivation n'est pas non plus possible en raison de l'absence de granulats, sachant que rien n'empêche d'en ajouter au mélange. Des applications sont d'ores et déjà envisagées pour la fabrication d'éléments de construction moulés, pour des produits bicouches associant deux bétons de la gamme de faible et haute densités afin de bénéficier à la fois des capacités d'isolation thermique et de la fonctionnalité structurelle. En raison de sa légèreté, une utilisation pour la fabrication de bardage léger ou de brise-soleil est envisageable.

## PRÉMUR À ISOLATION INTÉGRÉE

Du côté de la préfabrication aussi, les choses bougent. Le prémur ou mur à coffrage intégré (MCI), désormais bien connu des prescripteurs, est un élément de construction alternatif à la solution technique de voile banché. Partiellement préfabriqué, il comprend deux parois minces en béton armé de 4,5 à 7,5 cm d'épaisseur, maintenues espacées par des raidisseurs métalliques verticaux. Une fois en place, et les armatures et réseaux positionnés à l'intérieur, le béton prêt à l'emploi est coulé entre les deux parois préfabriquées. Les prémurs autorisent la réalisation de voiles en béton armé avec une excellente qualité de parement. Pour cette raison, ils sont souvent requis pour réaliser des produits finis difficiles à couler en place : ciment blanc, coloré, avec des finitions sablées, brossées, texturées... Mais comme avec les bétons banchés, si l'on veut pouvoir conserver le

béton en parement, il faut pouvoir répondre à la réglementation thermique. Les fabricants ont donc développé des prémurs à isolation intégrée (MCI). Ici le système comporte, comme d'habitude, les deux parois en béton armé d'épaisseur variable, maintenues espacées par des connecteurs. Ces parois prennent en sandwich un isolant dont la matière (PSE, laine minérale) et l'épaisseur varient selon les caractéristiques thermiques recherchées. Le prémur isolé est donc structurellement similaire à un prémur courant hormis l'intégration de cet isolant entre les deux peaux préfabriquées. Les connecteurs, qui relient ces peaux, sont composés de fibres de verre et moulés de thermoplastique. Leur rôle est de garantir le bon écartement des deux parois, en limitant au maximum les ponts thermiques. Les raidisseurs ne sont

maintenus que sur une seule paroi (la future paroi intérieure). Cette option présente au moins trois avantages : isolation en continu sans pont thermique, conservation de l'inertie de la paroi béton à l'intérieur du bâtiment et qualité de parement extérieur. Avec ce procédé, le mur allie l'esthétique d'une façade en béton brut soigné et l'isolation thermique par l'extérieur.

## BÉTON BANCHÉ À ISOLATION INTÉGRÉE

Optimiser la performance thermique des murs en béton coulé en place, c'est ce qu'autorisent également des procédés brevetés pour lesquels des avis techniques sont en cours de rédaction. L'originalité de ces systèmes réside dans la mise en place directement dans les banches d'un isolant PSE, sous forme de panneaux de 10 à 20 cm d'épaisseur.

# Béton autonettoyant, retour d'expérience à Chambéry

Photo : DR



La Cité des arts et de la musique à Chambéry (73) a ouvert ses portes en 2003. C'est l'un des premiers bâtiments à avoir été construit avec un béton autonettoyant. Un béton de couleur calcaire pour cette construction particulièrement exposée aux risques de dépôts et de prolifération de salissures d'origine

biologique. À l'époque, l'architecte Yann Keromes avait retenu cette option pour que la façade garde son aspect initial dans le temps. Après dix ans d'exposition, la promesse est-elle tenue ? Réponse de Christian Dalibert, responsable technique du bâtiment : « Nous ne constatons ni salissures ni coulures. S'il y a vieillissement, il est uniforme. » Et cela fonctionne y compris sur la façade nord qui n'est pas en relation directe avec le soleil pour l'effet photocatalytique. Le fabricant est d'autant plus sûr de lui qu'il réalise, depuis huit ans, des mesures de luminance. Au total, une dizaine de campagnes de mesures de la couleur, sur cent quatre-vingt-onze points, ont été réalisées sur les quatre façades. Mesures effectuées à l'aide d'un colorimètre restituant les valeurs de luminance et de chromaticité, exprimées sur une échelle de 0 à 100. Huit ans après, les résultats sont probants. La couleur d'origine des façades est préservée, avec des écarts colorimétriques inférieurs à 1 point, invisibles à l'œil nu. Rendez-vous dans dix ans... ■

lissement, il est uniforme. » Et cela fonctionne y compris sur la façade nord qui n'est pas en relation directe avec le soleil pour l'effet photocatalytique. Le fabricant est d'autant plus sûr de lui qu'il réalise, depuis huit ans, des mesures de luminance. Au total, une dizaine de campagnes de mesures de la couleur, sur cent quatre-vingt-onze points, ont été réalisées sur les quatre façades. Mesures effectuées à l'aide d'un colorimètre restituant les valeurs de luminance et de chromaticité, exprimées sur une échelle de 0 à 100. Huit ans après, les résultats sont probants. La couleur d'origine des façades est préservée, avec des écarts colorimétriques inférieurs à 1 point, invisibles à l'œil nu. Rendez-vous dans dix ans... ■

Photo : DR



→ Ce procédé de mur banché isolant mis en œuvre sur un chantier de construction de petit collectif assure tout à la fois : isolation homogène et continue, parement de façade matricé et liberté de conception.

L'isolant est maintenu au centre des banches, à l'aide de dagues et de connecteurs. L'avantage d'un tel procédé demeure dans la grande liberté laissée au concepteur. Lequel peut envisager des murs courbes ou un aspect de surface matricée.

La mise en œuvre ne change pas les habitudes constructives, mais demande une plus grande technicité pour la mise en place de l'isolant dans les banches et pour le coulage du béton. Les panneaux isolants sont installés avec les dagues et les connecteurs assemblés contre l'armature structurelle intérieure. Les connecteurs viennent en butée contre la banche intérieure. Autofoyeuses, les entretoises sont conçues pour limiter le soulèvement de l'isolant au coulage et pour reprendre les efforts de compression lors du serrage des panneaux de coffrage. Le béton autoplaçant est coulé en simultané sur les deux faces, en veillant à

limiter les écarts et à monter plus rapidement la face la moins épaisse.

### NOUVELLES PERSPECTIVES ESTHÉTIQUES

Concernant la qualité des parements, une bonne part des évolutions constatées proviennent des recherches menées sur la réduction d'eau dans le mélange. Eau qui, lorsqu'elle n'est pas consommée par l'hydratation du ciment, peut engendrer des désordres, tels que microfissurations, ruptures et autres déformations de retrait et de fluage. Ces recherches ont conduit à l'émergence de ce qu'il est convenu d'appeler « les nouveaux bétons » : béton

autoplaçant (BAP), bétons hautes performances (BHP) ou encore fibrés à ultra hautes performances (BFUP). Sous ces appellations se cachent des formulations permettant d'obtenir une résistance mécanique accrue, une plus grande facilité et une sécurité de mise en œuvre, des gains sur les délais d'exécution et un bien meilleur vieillissement. Ce, pour des applications *in situ* ou en préfabrication.

Paradoxalement, la résistance n'est pas toujours un élément déterminant dans le choix d'un BHP. D'autres critères entrent en jeu, comme les contraintes de fluage, de réduction de sections ou de délais serrés

de chantier. Et surtout ces formulations, en raison de leurs propriétés intrinsèques, ont ouvert de nouvelles perspectives dans le domaine des bétons architectoniques et des parements de façade : éléments de grandes dimensions, de faibles épaisseurs, avec des textures lisses, nervurées, matricées, granulées, perforées brillantes ou encore mates... Tout est possible ou presque, et ce avec une grande qualité de parement qui peut même être autonettoyant. Les architectes ont bien compris les potentialités qu'offrent ces nouveaux bétons et les exemples foisonnent. ■

## Double mur isolé matricé à l'intérieur, lisse à l'extérieur

Rapidité, propreté, qualité, c'est la marque de fabrique des architectes de l'agence Hobo Architecture. La préfabrication avec un double mur isolé leur permet de répondre à ces exigences, avec un plus esthétique : béton apparent intérieur et extérieur.

Photo : Philippe Caumes



**Conçu** par l'agence Hobo Architecture, dans une démarche de certification HQE® (niveau très performant) et de labellisation BBC-Effinergie® l'immeuble Odyssee, nouveau siège de la MAAF à Niort, a bénéficié d'un mode constructif unique en son genre. L'ensemble du bâtiment est préfabriqué, avec des éléments de plancher portant jusqu'à 18 m entre façades et des panneaux de façade isolants – double mur isolé – hauteur d'étage.

Le bâtiment affiche, à l'intérieur comme à l'extérieur, sa peau de béton : une finition béton gris matricé au-dedans et un béton blanc autonettoyant poli au-dehors. Paradoxalement, l'approche esthétique n'est pas la priorité de Frédéric Dain, architecte associé de l'agence Hobo : « *Ce n'est pas l'esthétique qui nous guide. Nous cherchons d'abord à développer un mode constructif industrialisé en béton, de façon à améliorer la qualité des bâtiments que nous*

*construisons tout en maîtrisant les coûts de production. Nous nous sommes simplement aperçus que nous avons aussi intérêt à traiter la peau du bâtiment en béton.* »

### INERTIE ET ISOLATION

Ce qui ne veut pas dire que Frédéric Dain considère la problématique esthétique comme secondaire : « *Nous essayons de ne pas commettre les mêmes erreurs que dans les années 1950, avec des bâtiments en béton préfabriqué qui se ressemblent tous. Avec notre approche, nous apportons des aspects de surface très diversifiés : matricé, poli, sablé. Nous avons même travaillé avec des bétons quasiment noirs... Tout cela est très ouvert.* »

Avantage supplémentaire : en raison du mode constructif utilisé, le bâtiment avec sa peau de béton externe et interne répond aux exigences les plus fortes sur le plan thermique. L'inertie du béton appa-

rent à l'intérieur permet de se passer de climatisation et l'insertion de l'isolant entre les deux peaux de béton assure une isolation et une étanchéité remarquables au bâtiment. ■

### Chiffres clés

**6 624 m<sup>2</sup> de panneaux :**  
– 52 panneaux matricés sur une surface de 1 582 m<sup>2</sup>  
– 376 panneaux blancs polis et gris : 877 m<sup>3</sup> de béton gris, 412 m<sup>3</sup> de béton blanc autonettoyant

**11 330 m<sup>2</sup> de plancher :**  
– 688 caissons pour le plancher, 1 512 m<sup>3</sup> de béton gris

### Fiche technique

**Maître d'ouvrage :** MAAF Assurance

**Assistant maître d'ouvrage :** Eugée

**Maître d'œuvre :** Hobo Architecture

**Entreprise :** CIR Travaux de maçonnerie générale

# Béton classique pour parement minéral

Avec un béton et des méthodes habituelles, l'architecte Christophe Gulizzi, en collaboration avec l'entreprise gros œuvre Gagneraud, produit une architecture d'une grande minéralité.

Photo : Lisa Ricciotti



« Un dispositif poétique pour et au service de ses utilisateurs. » C'est ainsi que l'architecte Christophe Gulizzi définit le complexe sportif à Plan d'Orgon (13), tout de béton blanc et gris, qu'il vient de livrer en Camargue. Pour ce bâtiment, la matière s'est imposée naturellement : « Je suis attiré par la minéralité. Le béton blanc en

est un hommage, tout en rappelant les façades enduites à la chaux de la région. » Ici, la peau se conçoit en même temps que la structure : « L'expression peau de béton me dérange car il s'agit d'un recouvrement. Je travaille davantage sur une conception structurelle et décorative, notamment par souci d'économie. »

## PROCESSUS ET SUIVI PRÉCIS

Le bâtiment est constitué de deux entités imbriquées avec des murs porteurs en béton banché de 23 cm d'épaisseur. La première, dotée d'ouvertures qui reprennent l'esthétique des mantilles camarguaises, se développe en périphérie et compose la façade urbaine à 4,50 m de hauteur. La seconde, le gymnase, en béton gris avec un fond de coffrage en planches, s'élève au-dessus de ce bandeau et culmine à 8,30 m. Pour l'architecte qui travaille avec des bétons classiques, la qualité esthétique du bâtiment résulte d'un travail collaboratif avec l'entreprise : « Nous avons développé un processus et un suivi précis. » Prototypes, systèmes de coffrages complexes,

réflexion sur les cheminées de coulage, choix du ciment et des agrégats locaux, rien n'est laissé au hasard pour atteindre le niveau de qualité requis. Quant à la thermique, elle est naturellement traitée avec un isolant intérieur en laine de bois : « Il n'y a pas d'incompatibilité à vouloir isoler et garder le béton apparent, les solutions techniques existent. » ■

## Fiche technique

**Maître d'ouvrage :** Ville de Plan-d'Orgon

**Maître d'œuvre :** Christophe Gulizzi

**BET :** BECT Marseille

**Entreprise gros œuvre :** Gagneraud

# Peau de BFUP isolante

Uniquement esthétiquement parlant, cette façade l'est aussi techniquement. Un procédé de panneaux en BFUP à isolation intégrée, qui démontre la compatibilité d'une peau de béton avec une isolation thermique de qualité.

Photo : Luc Boegly



**Située** dans le quartier de la Goutte d'or, au cœur du 18<sup>e</sup> arrondissement parisien, la crèche collective Budin est un bâtiment singulier. En rupture avec un environnement très hétérogène, sa façade ondoyante blanche immaculée ne passe pas inaperçue. Un écrin de béton aussi

doux qu'une peau de bébé conformément aux vœux de l'architecte Emmanuelle Combarel, qui a conçu et réalisé le projet. Derrière cette peau de béton – le mot peau trouve ici tout son sens – se cache toute l'ingénierie du béton. Cette façade est, en effet, le premier exemple de

mur à isolation thermique par l'extérieur utilisant un BFUP.

La spécificité de ces panneaux préfabriqués – 68 en tout – réside dans leur conception. Ainsi chaque élément préfabriqué est composé d'un panneau isolant de 20 cm d'épaisseur en polystyrène expansé, solidarisé ou enrobé de 3 cm de BFUP. Assemblés les uns aux autres, les panneaux (2 x 4 m) forment une façade isolante étanche à l'air et à l'eau, autoportante et désolidarisée de la structure poteau-poutre du bâtiment. L'étanchéité naturelle du béton étant complétée par les détails de préfabrication classique entre chaque pièce (joint Compriband). À l'intérieur, les panneaux sont recouverts de 5 cm de laine de roche et

d'une plaque de plâtre BA 13 en finition. Pour parvenir au résultat esthétique recherché, la peau de béton, après un nettoyage en règle (projection d'enrobé), a été recouverte d'une lasure en finition brillante. L'architecte a choisi une opacité de 300 %, soit un fort pouvoir couvrant, pour un rendu blanc immaculé. Au final, une protection antisalissures et antigraffiti. À noter : des procédés semblables bénéficient aujourd'hui d'un avis technique du CSTB. ■

## Fiche technique

**Maître d'ouvrage :** Ville de Paris

**Maître d'œuvre :** ECDM

**Préfabricant :** Bonna Sabla

# Le béton montre sa peau

Parce qu'il a beaucoup évolué, le béton est aujourd'hui recherché pour les caractéristiques esthétiques de sa peau. Et ce matériau de revenir en force en façade avec des aspects, des textures, des surfaces lisses ou structurées inimitables.

Photo : Samuel Lehuédé



→ Les BFUP, dans la composition desquels entrent des fumées de silice, autorisent la réalisation d'ouvrages d'une finesse et d'une texture jusqu'alors impossibles à obtenir. Ici, la clôture du nouveau groupe scolaire de la ZAC de la Cerisaie, à Fresnes, Chartier-Dalix Architectes/Trust Indesign.

**Architectonique** ou brut de décoffrage, le béton n'a jamais eu peur de s'afficher en façade. Les évolutions techniques ont considérablement élargi le champ et, si ce n'est les limites de créativité des concepteurs, tout ou presque est possible : textures, couleurs, matricage, formes complexes, voiles de grandes

dimensions, finesse, association de matières y compris la transparence... Ces évolutions sont intimement liées aux progrès technologiques réalisés par les fabricants et industriels – bétons prêts à l'emploi, coffrage, huiles de décoffrage, adjuvants –, mais aussi par les entreprises qui maîtrisent de mieux en mieux le process, qu'il s'agisse de bétons coulés en place ou de préfabrication.

## ADJUVANTS

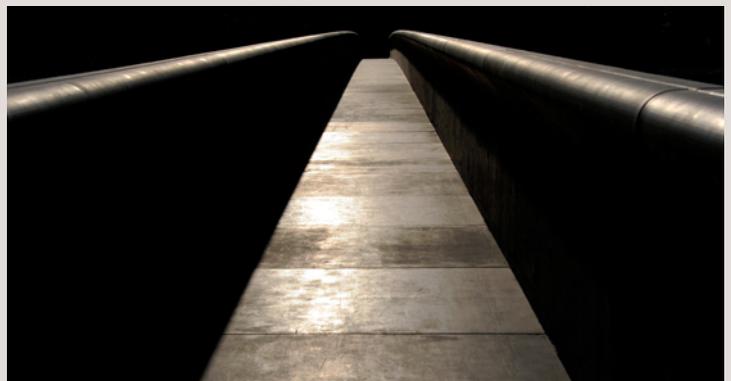
Ainsi, certains adjuvants apportent une contribution considérable à la qualité esthétique des parements. Les superplastifiants, utilisés notamment dans la conception des bétons autoplaçants, agissent sur la texture, tout en contribuant à leur durabilité et à la persistance des propriétés esthétiques des bétons. D'autres adjuvants agissent sur la rhéologie (viscosité). Une meilleure maîtrise de la rhéologie a un effet sur l'aspect esthétique en limitant les risques de ségrégation. D'autres encore, comme les agents antibulage, favorisent la coalescence des bulles d'air

Photo : DR



→ Le matricage est une technique de plus en plus courante. En élastomère, les négatifs sont bloqués dans les banches ou dans les moules. Agence K-Architecture, théâtre de Saint-Nazaire (44) : panneaux de béton matricés et ajourés. Motif reproduit d'une ancienne tapisserie.

Photo : Lisa Ricciotti



→ À Marseille, la passerelle reliant le fort Saint-Jean au Mucem, signé Rudy Ricciotti, bénéficie d'une texture unique, presque plastique, que seul un BFUP à la structure compacte et fermée peut autoriser.

Photo : Stephan Lucas



→ Ici, Zac Masséna à Paris, pour cet immeuble de 48 logements sociaux, les architectes de l'agence parisienne Beckmann-N'Thépé jouent sur les contrastes avec une peau de béton marron teinté dans la masse, coulé en place (autoplaçant) et laissé à l'état brut et avec des touches de lasure dorée.

présentes dans les bétons. Fruits de recherches visant à éviter la séparation des granulats et de la partie liquide du mélange, les bétons autoplaçants (BAP), dans la composition desquels entrent ces adjuvants, remplissent des formes complexes sans ressuage ou ségrégation et ne nécessitent aucune vibration. En résultent des parements parfaitement lisses que rien n'empêche de traiter comme habituellement : polissage, bouchardage, acidage, grenailage ou encore lavage.

## ÉLÉMENTS FINS

Si l'adjuvant est essentiel pour le résultat, il n'est cependant pas suffisant, les éléments fins sont tout aussi importants dans la qualité de surface. Ainsi les BFUP qui intègrent, dans leur composition, des fumées de silice autorisent la réalisation d'ouvrages d'une finesse, mais aussi d'une texture jusqu'alors impossibles à obtenir. Avec ces bétons, la peau est encore d'une plus grande fidélité au relief, à la texture du moule ou de la banche.

LAURENT IZORET, directeur de l'École française du béton

## L'homogénéité joue un rôle important sur l'aspect qualitatif des surfaces

### Y a-t-il des limites à l'utilisation de béton en parement ?

On peut pratiquement tout faire avec le béton en termes de peau. Le bâtiment des archives d'EDF, avec une surface miroir réfléchissante donnant l'illusion de la transparence, est le dernier exemple le plus significatif. Les BHP et les BFUP ont élargi les possibilités. Mais l'innovation s'exprime également avec les bétons plus classiques de structure. Il y a peu de limites. Sauf peut-être la colorisation qui reste

compliquée en raison de la migration de l'eau et des particules : très vite, la surface devient hétérogène. Je lui préfère la photogravure qui est plus stable car là, on joue sur l'aspect granulaire des différentes couches.

### Comment s'obtient un parement de qualité ?

À partir du moment où le béton est plus homogène, on renforce la qualité des parements, que l'on travaille en préfabrication ou coulés en place. La qualité esthétique d'un parement se définit

par le degré d'uniformité de deux paramètres majeurs : la teinte et la texture. Ainsi selon la composition du béton, le choix de la surface coffrante et le type de démoulant, les surfaces varieront d'une teinte sombre à claire et leur texture ira de l'aspect mat à brillant. La peau de béton brut est le résultat des mouvements de matière, appelés « ségrégation », à l'interface béton/coffrage. Cette ségrégation s'opère sous l'effet combiné de la vibration et de l'effet dit « de

paroi ». Ainsi dans la zone située à quelques centimètres du coffrage, le squelette granulaire du béton est réduit à ses éléments les plus fins. Ensuite, il est possible de jouer soit avec la texture, soit avec la teinte.

### Faisons un peu de prospective. Quelles évolutions pressentez-vous ?

On peut imaginer intégrer dans la peau du béton des systèmes de microcapteurs ; cela ne nuirait pas à leur apparence mais leur donnerait de nouvelles fonctions. Ces capteurs pourraient, par exemple, emmagasiner la chaleur ou la transformer en électricité. Laquelle pourrait être utilisée pour la domotique du bâtiment. D'autres recherches sont en cours sur des bétons additionnés d'un matériau à changement de phase. Là, il s'agit d'intégrer un additif sous forme de fluide ou de capsule, type paraffine ou autre, pour évacuer les calories. De fait, c'est tout un champ de recherches qui s'ouvre à nous. ■

Photo : © Julien Lanoo



→ Le Centre des archives industrielles d'EDF de l'agence Lan Architecture, implanté à Bure-Saudron (55), s'offre une peau d'exception, béton paré de pastilles en inox poli miroir, tout en respectant les critères d'isolation thermique les plus stricts.

### LA PART DES COFFRAGES

Les coffrages et les moules de préfabrication apportent aussi leur contribution à l'esthétique de la paroi. Si les coffrages métalliques sont les plus courants et apportent une peau de qualité constante, les coffrages en bois, plus souples, assureront des formes complexes et des textures et peaux particulièrement diversifiées : bois veiné, panneautage, planchettes, désaffleureur ou encore sablé, raboté, bakérisé... Tout est possible ou presque. D'autres techniques recourent à un coffrage sur argile ou sur plâtre. Ici, le moule est sculpté ; dans

le cas de l'argile, il ne peut être utilisé qu'une seule fois. Plus technique, le coffrage sous vide est utilisé lorsque le maître d'œuvre souhaite des pièces visibles toutes faces ou pour des formes complexes pouvant provoquer des poches d'air inesthétiques et fragilisantes. Une technique qui a un coût et qui est souvent réservée à des éléments à forte valeur ajoutée en BFUP.

### PAREMENTS MATRICÉS

Parmi toutes ces techniques, une tendance très forte se dégage : les parements en béton matricé. Préfa-

briqués ou coulés en place dans des banches spécifiques, ces derniers reproduisent les formes souhaitées par l'architecte à l'aide d'un négatif, le plus souvent en élastomère, mis en place dans les banches ou dans les moules lorsqu'il s'agit de préfabrication. En préfabrication d'ailleurs, les joints inhérents à ces techniques sont aussi un faire-valoir esthétique, soit en les rendant visibles (joints creux), soit en les faisant disparaître via une intégration harmonieuse à la façade.

Des changements aussi du côté des textures. Celles-ci s'échelonnent du

très rugueux au totalement lisse (poli, mat ou satiné) – ici, c'est en grande partie la qualité des granulats qui entre en jeu. Les bétons rugueux sont, eux, obtenus par trempage dans un bain dont le taux d'acidité est contrôlé, ou par lavage de la surface non durcie avec un retardateur, ou encore par grenailage. Si la gamme de couleurs s'est également élargie, c'est paradoxalement la couleur blanche qui est aujourd'hui très recherchée. De ce côté, les cimentiers ont développé des ciments très blancs dont certains sont autonettoyants. ■



→ Université Paul Sabatier de Toulouse réalisée par l'agence d'architecture Espagno-Milani. La particularité de ce projet réside dans le traitement des façades en béton photogravé qui fait apparaître des images en fonction de l'intensité lumineuse et du positionnement de l'observateur.

## BÉTON PHOTOGRAVÉ À GRANDE ÉCHELLE

Gravé très finement, le béton peut servir à réaliser ici des fresques, à des motifs géométriques, ou encore une reproduction de photographie. Inventée au début du siècle par l'architecte finlandais Samuli Naamanka, la technologie du béton graphique permet la réalisation de structures graphiques sur les surfaces importantes en béton préfabriqué. Tous les types de béton sont utilisables et tous les motifs décoratifs sont imaginables, y compris la reproduction de photos. Il est possible également d'y mettre de la couleur. Une technique de photogravure repose sur la réalisation, à partir du dessin, d'une membrane spécifique sur laquelle est imprégné un retardateur déposé là où les motifs sont souhaités. Cette membrane, véritable négatif, est placée au fond des moules de préfabrication avant le coulage du béton. Après coulage puis démoulage, elle est éliminée de la surface du béton au nettoyeur haute pression pour faire apparaître le motif, qui surgit grâce au contraste entre la surface qui a été creusée par le retardateur et la surface indemne. Une autre technique consiste à utiliser des matrices 3D. La surface en relief de la photogravure génère une image du motif grâce aux effets d'ombre et de lumière.

Photo : DR



→ Les panneaux de béton « transparent » sont personnalisables à l'infini en modulant les dimensions, la couleur de la matrice cimentaire et/ou celle des résines.

## JEUX DE BÉTON ET DE LUMIÈRE

Concevoir des parois en béton qui jouent avec la lumière par transparence ou en la réfléchissant, c'est ce qu'autorisent de nouvelles techniques « lumineuses ». La mise au point de ces bétons translucides est l'une des dernières innovations des cimentiers. Ils peuvent être obtenus avec différentes techniques : soit par l'ajout de fibres qui conduisent la lumière à la travers le matériau, soit en utilisant un liant qui permet aux rayons lumineux de traverser le matériau, soit en mélangeant des granulats (billes de verre, résines) qui transportent la lumière. Certaines techniques, aujourd'hui réservées à des bétons non structurels, utilisent des résines spécifiques

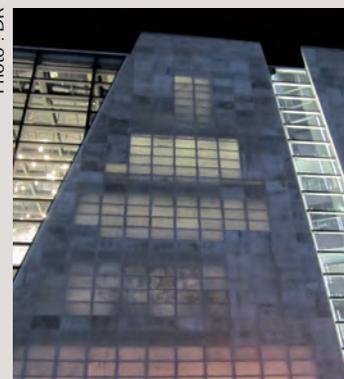
mélangées à la masse cimentaire et créent, avec la lumière (naturelle ou artificielle), un effet étonnant de transparence en permettant de distinguer les objets situés derrière la paroi béton.

## COLORATION ET PROTECTION

D'autres technologies jouent sur la réflexion de la lumière. Ainsi, des panneaux en BFUP, dédiés à l'enveloppe des bâtiments, peuvent être fabriqués avec des inclusions de billes de verre, de résine ou de métal pour réfléchir et renvoyer la lumière. Des façades qui, selon la luminosité, auront un rendu esthétique différent. La mise en valeur du matériau peut aussi se réaliser par une coloration, *via* des lasures, qui

permettent de conserver par transparence les effets de surface et de matière souhaités par l'architecte, voire les petites imperfections comme le veinage ou le micro-façonnage qui deviennent ainsi des éléments de décoration. À l'origine, ces traitements de surface, plutôt réservés au bois, désignent des produits d'imprégnation qui assurent la protection des ouvrages. C'est toujours le cas mais avec une forte valeur ajoutée décorative avec pléthore de couleurs, jusqu'à des lasures qui captent et réfléchissent la lumière. Certaines d'entre elles garantissent également une protection antigriffes. Cependant, on ne saurait les considérer comme des produits d'imperméabilité. Il peut être nécessaire d'appliquer en amont un traitement de surface hydrofuge invisible, notamment s'il y a risque d'efflorescences. Et, selon les produits, leur formulation contribue à l'hydrofugation des surfaces en constituant, sur le long terme, une barrière étanche au CO<sub>2</sub> responsable de la carbonatation des bétons, cause première de la détérioration des supports. Il est également possible de réaliser des traitements de surface avec des peintures ou lasures spécifiques qui vont capter la lumière puis la restituer la nuit. ■

Photo : DR



→ Conçus par Giampaolo Imbrighi pour la réalisation du pavillon italien de l'Exposition universelle de Shanghai en 2010, ces panneaux de béton, mélange d'une matrice cimentaire et de résines spéciales, laissent passer la lumière en produisant un surprenant effet de transparence.

# La poésie des peaux de béton

Giovanni Lelli est un architecte poète et inventeur. Bétons translucides, colorés, rayés, incrustés de matière... Ses expérimentations, uniques en leur genre, révèlent toute la magie de ce matériau.

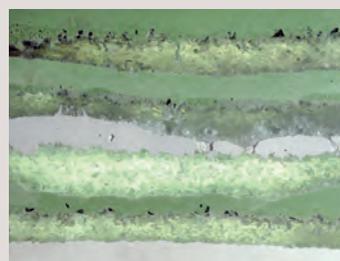
Photos : Laurent Thion



→ « Le béton transparent, c'est un oxymore ». Panneaux autoportants BFUP et résine translucide.



← Un béton « à la plancha », réalisé avec les planches récupérées sur le chantier pour une mise en œuvre complexe et un rendu unique.



→ Ce panneau marie, en toute transparence, vagues de résine colorée et de béton autoplaçant.



→ Paroi lumineuse de béton poli avec incrustation de morceaux de verre pour l'unité de production d'eau industrielle à Valenton.

**Quand** on lui demande ses recettes, les matières qu'il utilise pour réaliser ses créations de béton, Giovanni Lelli, Lelli architectes (Giovanni et Dominique), répond à la manière d'Audiard dans *les Tontons Flingueurs* : « *Y en a.* » Et l'on n'en saura pas beaucoup plus de sa dernière réalisation, un panneau de béton translucide et coloré pour le poste de garde d'un réservoir d'eau en cours de construction, à Villejuif (94). Peut-être un peu de béton autoplaçant – « *un béton très fluide qui tire vite* » – et « *tout ce qui me tombe sous la main, c'est une coloration de type poubellien* ». Plus sérieux, il ajoute : « *Tout cela est très empi-*

*rique. Avant tout, le plaisir ; celui de l'expérimentation, puis la technique et le plaisir de la technique... On ajoute de la résine, du verre, du laiton, de l'étain...* »

## RETROUVER LE PLAISIR DE CHERCHER

On l'aura compris, Giovanni Lelli, architecte poète, revendique l'expérimentation : « *Chaque chantier doit être l'occasion d'un petit essai.* » Et surtout, il déteste la dictature de la règle. Pour preuve, une citation de Léo Ferré affichée dans son bureau et qu'il érige en principe : « *Les écrivains qui ont recours à leurs doigts pour savoir s'ils ont leur compte de*

*pieds ne sont pas des poètes : ce sont des dactylographes.* » Ce qui peut se traduire, lorsque l'on parle de construction, par : « *Il faut savoir s'éloigner des règles érigées par des gens importants, et retrouver le plaisir de chercher, de commettre des erreurs.* » Et le moins que l'on puisse dire, c'est que Giovanni Lelli cherche et... trouve.

## BÉTON BANCHÉ TRICOLERE

Outre ses panneaux transparents, on lui doit des parements uniques qui sans conteste resteront dans l'histoire des bétons. À Valenton (94), ce sont des incrustations de verre qui animent les parois en béton structu-

rel d'une usine de traitement des eaux. À Saint-Pierre-des-Corps (37), le groupe scolaire Henri Vallon affiche une façade en béton banché tricolore, qui alterne les strates irrégulières de béton blanc autoplaçant et gris vibré, le tout agrémenté de touches de couleur rouge. Autre exemple avec l'Espace Aimé Césaire de Champigny : aux vibrations rugueuses du béton gris « à la plancha » des bureaux répond la blancheur lisse du béton autoplaçant des grandes salles publiques en porte-à-faux de 16,50 m de long. On le voit, l'imagination est au pouvoir et rien ne l'arrêtera : « *Le béton tel qu'on l'aime, il faut le montrer, le faire évoluer.* » ■



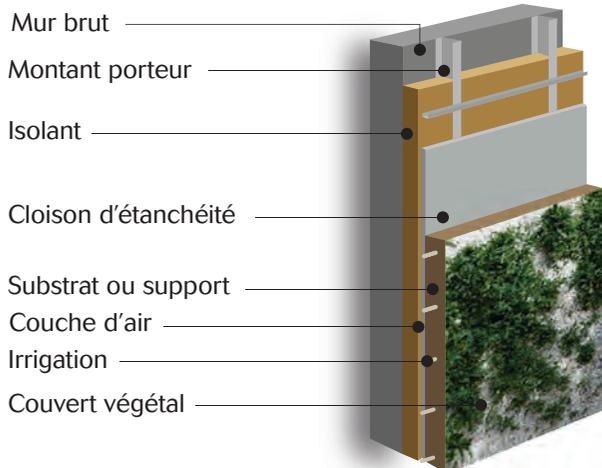
→ L'immeuble de bureaux Anthos, Élisabeth Naud et et Luc Poux architectes, est habillé sur le pignon sud d'un ruban végétal qui se poursuit en toiture. Ruban entouré d'une ceinture de béton argenté.

## FAÇADE FAÇON BÉTON VÉGÉTALISÉ

Associer panneaux autoportants en béton à une céramique et une végétalisation ; ou encore développer des bétons qui absorbent l'eau de pluie pour se recouvrir ensuite de mousse ou de lichen. Peu importe la technique, le verdissement des peaux de béton s'affiche comme

une nouvelle tendance. Première approche – la plus commune –, accrocher une ossature métallique support de la végétalisation sur une paroi de béton. Paroi structurale qui assure la tenue mécanique de l'ensemble dans le temps. Dans ce cas, le béton est invisible. Néanmoins, des recherches sont en cours en Europe pour mixer béton et végé-

### Structure type d'un mur végétalisé



taux. Par exemple, un procédé, entré depuis peu dans sa phase de commercialisation, permet de recouvrir les murs aveugles, quelle que soit leur nature, d'un jardin suspendu. L'originalité de ce concept breveté, développé en collaboration avec l'Hepia (Haute École du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève), repose sur la mise en place, à l'identique d'une façade ventilée, de panneaux modulaires autoportants végétalisés. Lesquels sont composés de trois matériaux spécifiques assemblés entre eux : une face avant poreuse en céramique qui favorise l'enracinement des végétaux ; une face arrière rigide, autoportante et étanche en béton fibré ultra hautes performances (BFUP), et un substrat nécessaire au développement des plantes, pris en sandwich entre ces deux éléments. Soit une double approche esthétique : minérale et végétale. Le concept est de plus équipé d'une micro-irrigation.

Avec ce procédé, les concepteurs ne cherchent pas à végétaliser entièrement les parois, mais à jouer avec l'aspect du support poreux et l'évolution de la végétalisation dans le temps – en recourant, par exemple, à des plantes locales qui changent d'aspect en fonction des saisons.

## BÉTON BIOCOMPATIBLE

Autre approche non moins originale – celle-ci issue des recherches de l'Université polytechnique de Catalogne (UPC) –, la réalisation d'un béton avec un ciment biocompatible qui offre un support organique pour le développement en surface de mousses et de lichens. Une couche végétale qui améliore à la fois l'efficacité énergétique et les qualités esthétiques des bâtiments, tout en favorisant la capture de CO<sub>2</sub>. Pour parvenir à ce résultat, deux matériaux traditionnels ont été mariés : le béton conventionnel carbonaté, fabriqué à partir de ciment de type Portland, et le ciment de

phosphate de magnésium. Ce dernier, un mortier de réparation à prise rapide, est par exemple utilisé en odontologie en raison de sa biocompatibilité.

Avec un pH proche de 8, ce nouveau béton offre un support organique naturel apte à la croissance de divers organismes vivants, comme les microalgues, les champignons, les lichens et les mousses. Pour augmenter sa bioréceptivité, les chercheurs ont aussi augmenté sa porosité et sa rugosité superficielles. ■

Photo : Creabéton Matériaux



→ Skyflor® Creabéton Matériaux SA. Les apports d'une façade en béton et végétalisée sont nombreux : esthétique avec des matériaux minéraux et des plantes qui évoluent au gré des saisons ; écologique avec un apport de biodiversité doublé d'une amélioration du microclimat urbain ; confort, notamment avec une absorption des bruits ambiants.

### Pour aller plus loin



**PEAUX DE BÉTON**  
65 architectures contemporaines  
Bétocib/ Éditions Dunod

EN VENTE EN LIBRAIRIE