

# Solutions béton

Interview de Philippe Pelletier P. 2

Béton en rénovation : une solution éprouvée largement partagée P. 3

Les atouts du béton en rénovation P. 4

Extension en sous-œuvre et latérale, indispensable ou optionnel, le béton toujours efficace P. 7

Surélévation : un vecteur de compacité urbaine Rabat

Surélévation en béton : le champ des possibles P. 11



## Rénovation, extension, surélévation

Que ce soit pour des raisons sociales, environnementales, économiques, la rénovation occupe une part croissante dans la construction de la ville qui se renouvelle sur elle-même afin de répondre à un besoin de compacité incontournable. La rénovation concerne des constructions de toutes sortes, dont la part la plus importante, quand elles ont été construites au cours des soixante-dix dernières années, est en béton. Aussi est-il naturel de considérer la rénovation, mais aussi l'extension ou encore la surélévation dans la logique de leur construction, c'est-à-dire en béton.

Cette logique s'appuie sur un éventail important d'arguments qui vont de la maîtrise technique et de la culture béton largement partagée par les entreprises de gros œuvre française, à la mise sur le marché de matériaux et systèmes parfaitement adaptés à toutes les exigences techniques comme de faisabilité et d'organisation de chantier. Et ce, pour la rénovation simple et l'extension, mais aussi pour la surélévation, pratique de plus en plus répandue en milieu urbain contraint. **Texte : Bernard Aldebert**



# Interview de Philippe Pelletier, président du Plan Bâtiment Durable

**Solutions béton : La surélévation est aujourd'hui évoquée par un certain nombre d'acteurs comme une solution aux différentes problématiques urbaines.**

**Quelle est la position du Plan Bâtiment Durable sur ce thème ?**

**Philippe Pelletier :** Le sujet de la surélévation des immeubles émerge, depuis plusieurs années déjà, et notamment grâce au programme REHA du PUCA, comme une solution innovante aux différentes problématiques de la ville.

Sa mise en œuvre vient récemment d'être facilitée grâce à l'ordonnance dite « Duflo » du 3 octobre 2013 et la loi ALLUR du 24 mars 2014 qui ont introduit des souplesses pour ce faire. Ainsi, il est désormais possible de déroger au PLU (aux règles de gabarit-enveloppe en zone dense). Les textes ont également facilité le vote d'un projet de surélévation en copropriété, en supprimant la nécessité d'un accord unanime des copropriétaires, et ce, compris celui du dernier étage. Ces évolutions ont permis de débloquent des projets de surélévation et laissent aujourd'hui apparaître la surélévation comme une réponse opérationnelle lors de l'agrandissement d'un logement ou d'un bâtiment, avec une mise en œuvre facilitée.

Le Plan Bâtiment Durable, dans un rapport de 2013 sur les financements innovants de l'efficacité énergétique, avait mis en lumière ce sujet comme levier de création de valeur et donc de financement possible de la rénovation énergétique en copropriété. En effet, la vente des droits à construire ainsi mobilisés constitue une ressource supplémentaire pouvant venir financer le projet de rénovation énergétique de la copropriété. Plusieurs expérimentations tendent aujourd'hui vers ce modèle économique.

Dans le même temps, la surélévation répond à l'enjeu de densification des villes et à la volonté des pouvoirs publics de limiter l'étalement urbain. Alors que l'augmentation de la population n'a jamais été aussi importante, nous assistons, en certains lieux, à une saturation de l'espace urbain qui ne dispose plus de suffisamment d'espaces libres résiduels pour accueillir de nouvelles constructions. L'époque de l'étalement urbain continu et sans questionnement apparaît révolue pour grand nombre d'experts et, face à ce constat, la surélévation constitue l'une des voies d'avenir.

**S. B. : La filière béton s'intéresse aujourd'hui à la question de la surélévation. Au-delà de ce sujet, quel message souhaitez-vous, en tant que président du Plan Bâtiment Durable, adresser à la filière ?**

**Quels sont ses prochains défis ?**

**P. P. :** La filière béton, dans ses différentes composantes, est un partenaire fidèle et attentif du Plan Bâtiment Durable depuis notre lancement en 2009.

Sur le sujet de la surélévation, il est heureux que la filière s'en saisisse car on ne peut plus douter de son opportunité. Si de premières expérimentations existent, notamment en béton, les

acteurs de la filière doivent communiquer et susciter l'envie de dupliquer ces premières expérimentations. Des projets mixtes dans les matériaux utilisés doivent sans aucun doute exister et il est essentiel de les mettre en lumière pour démontrer la complémentarité des matériaux et des modes constructifs.

Au plan de la construction neuve, un virage sans précédent s'amorce : celui de la prise en compte du poids carbone des constructions. Le référentiel « énergie – bas carbone » qui s'annonce, avec les labels d'expérimentation qui vont y être associés, prendra en compte le carbone dans tout le cycle de vie du bâtiment : dès lors, les matériaux utilisés constitueront la pierre angulaire du bilan. Une expérimentation d'au moins 18 mois va s'ouvrir pour permettre à la filière professionnelle de mesurer le champ des possibles.

Là encore, la filière doit communiquer sur les solutions béton, leurs atouts et, plus généralement, sur son savoir-faire. Aujourd'hui, les techniques sont là, les matériaux sont prêts, il reste l'enjeu essentiel de la démonstration pour montrer que tout cela est à notre portée !

*Propos recueillis par Solutions béton*

## Le Plan Bâtiment Durable

Lancé en janvier 2009 par les pouvoirs publics, le Plan Bâtiment Durable, présidé par l'avocat Philippe Pelletier, fédère un large réseau d'acteurs du bâtiment et de l'immobilier autour d'une mission commune : favoriser l'atteinte des objectifs d'efficacité énergétique et environnementale de ce secteur. Le Plan Bâtiment Durable assure la concertation permanente au sein de la filière et témoigne de la mobilisation continue des acteurs au plan national comme régional. Il est ainsi force de proposition auprès des pouvoirs publics.  
En savoir plus : [www.planbatimentdurable.fr](http://www.planbatimentdurable.fr)

La rédaction remercie pour leur contribution à cette publication Jean-Marc Weill, directeur général du bureau d'études structures C&E ; Dominique Métayer, président de l'UNA Maçonnerie à la CAPEB ; Mathieu Hercé-Lemore, responsable de l'Institut des métiers de la maçonnerie ; les Compagnons du Devoir.

# Béton en rénovation : une solution éprouvée largement partagée

L'usage du matériau le plus utilisé dans la construction est déjà courant en rénovation-réhabilitation, sans pour autant qu'on y prête toujours attention.

Photo : © Marc De Bieck



→ L'emploi du béton est presque systématique dans le cas de reprises structurales, de nouvelle distribution ou (ici) d'extension – Les Archives Bordeaux Métropole – Robbrecht en Daem Architecten.

Rénovation et béton, l'association est aussi évidente que construction et béton, tant il est difficile de se passer de ce matériau, à une échelle ou à une autre, dans tout acte lié à la construction. Qu'elle soit lourde ou pointilliste, structurelle ou partielle, une rénovation consiste à intervenir sur tout ou partie de bâtiment pour lui restituer ou lui apporter un certain nombre de qualités qui vont de l'adaptabilité à l'occupation ou à un nouvel usage, à l'acquisition ou au renforcement des performances les plus techniques. Or, qu'il s'agisse d'aménagement ou de réhabilitation lourde, on use du béton, non pas sans le savoir comme monsieur Jourdain de la prose, mais, souvent, sans y prêter beaucoup d'attention. Cet emploi, dont l'ampleur est bien sûr proportionnelle à l'importance de la rénovation, est presque tou-

jours systématique dans le cas de reprise structurelle, d'extension en sous-sol, de nouvelle distribution, de renforcement ou recréation de planchers.

## ATOUTS TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES

De façon importante avec la réalisation de voiles en béton banché ou de parois en parpaings ou blocs (souvent en remplacement de matériaux anciens aux performances mécaniques, thermiques ou acoustiques médiocres) ou pour restituer un simple élément (un linteau en cas de déplacement des ouvertures, par exemple), le béton s'impose pour de nombreuses raisons techniques, économiques et de faisabilité. Plutôt que le béton, ne devrait-on pas, d'ailleurs, dire les bétons, pour qualifier autant la diversité des com-

positions que des combinaisons, des performances, des aspects d'un matériau qui se décline aussi sous une multitude de formes et de composants du bâtiment et dont le nom est même retenu pour certains procédés de décoration.

Les bétons sont donc utilisés pour la reprise du gros œuvre. En sous-sol, comme dans le cas des rénovations-réhabilitations lourdes comprenant des extensions souterraines, il n'y a souvent pas d'autre solution que d'utiliser du béton pour assurer à la fois solidité et imperméabilité.

Les ouvrages en béton assurent à la fois le maintien des ouvrages de surface, la protection des sous-sols contre les infiltrations, tout en facilitant des aménagements intéressants par la possibilité de réaliser des grandes portées. En porteurs, murs pleins ou système poteau-

poutre, le béton est le matériau stabilisateur qui s'impose, même dans les architectures faisant appel à d'autres matériaux, pour créer des noyaux de stabilité et de résistance au feu sans lesquels bien des réalisations ne seraient pas conformes aux exigences sismiques et de protection en cas d'incendie.

Dans une association avec des complexes isolants, il est particulièrement performant pour apporter, comme en neuf d'ailleurs, des qualités d'isolation thermique et acoustique significatives en façade. Quant à son inertie, on sait combien cette caractéristique, égalée par aucun autre matériau de construction, est utile dans la régulation thermique et l'atteinte des performances exigées par la réglementation.

## CONDITIONS DE CHANTIER

Cette multiplicité d'usages au premier plan ou en arrière-plan est aussi le résultat d'une réflexion permanente pour apporter des réponses à l'ensemble des exigences de la mise en œuvre.

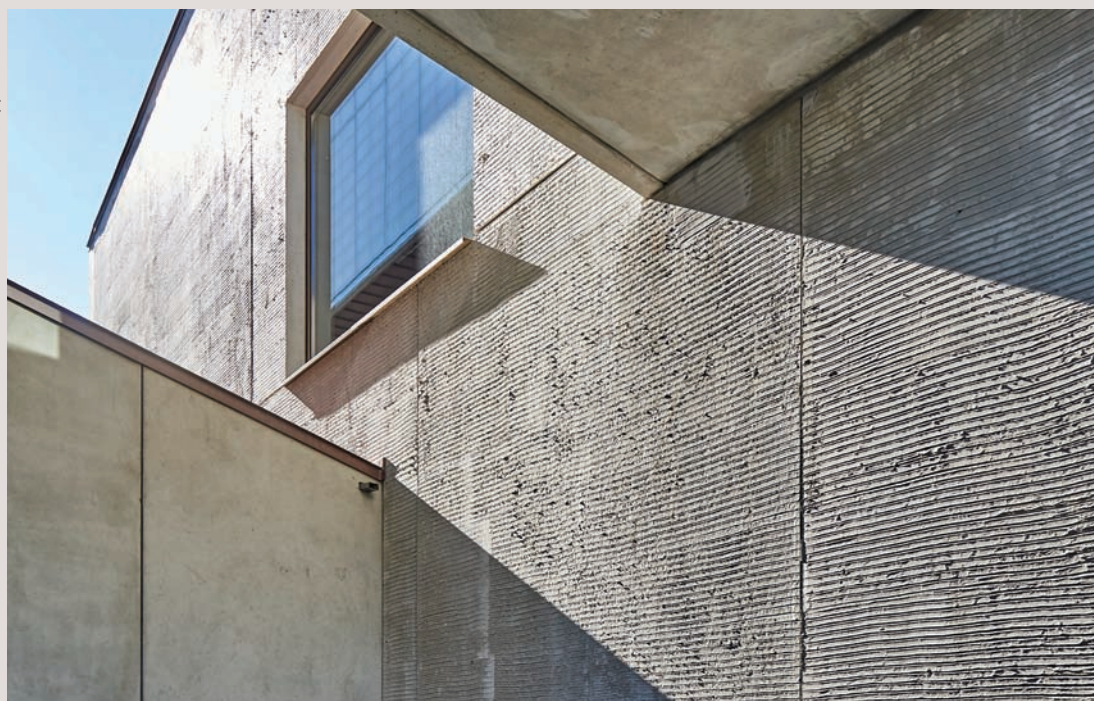
La rénovation-réhabilitation a ses contraintes spécifiques dont l'encombrement du chantier, ou les conditions urbaines contraignantes. Cette même contrainte urbaine est d'ailleurs à l'origine de solutions complémentaires à la rénovation que sont les extensions latérales ou verticales comme dans le cas des surélévations.

Pour chaque projet de ce type, il existe des solutions minérales à la réussite technique et esthétique aux quelles le béton peut apporter une participation efficace. ■

# Les atouts du béton en rénovation

Sous toutes ses formes, le béton se soumet aux projets des concepteurs et les rassure grâce à un bouquet de qualités intrinsèques qui lui confèrent résistance, durabilité et bon comportement face aux risques majeurs, et participent de façon essentielle au confort d'usage. Ces qualités sont tout aussi profitables en rénovation qu'en neuf.

Photo : Philippe Caumes



→ Les façades de béton brut, aux stries horizontales discrètes, paraissent artisanales grâce à un ratissage superficiel sur le béton encore frais des panneaux préfabriqués.

En rénovation-réhabilitation, le béton peut revendiquer une place de choix en raison de ses qualités propres ou de ce qu'il apporte dans des associations de matériaux. Il est même parfois le matériau exclusif pour apporter la bonne réponse.

La grande liberté formelle qu'il autorise permet de se fondre dans nombre d'architectures, par la souplesse des formes qu'il épouse ou sa facilité à adopter des traitements d'intégration dans des paysages fortement marqués, y compris dans des sites classés. Il permet, à l'inverse, de personnaliser l'intervention par un geste destiné à laisser une trace contemporaine.

Cette remarquable **souplesse d'adaptation** constitue un **avantage important en rénovation-**

**réhabilitation** pour être utilisée, avec ou sans ostentation, selon les vœux du concepteur, les données de l'environnement, les contraintes réglementaires, etc.

## ESTHÉTIQUE

Outre une grande facilité de moulage, issue de sa grande plasticité, le béton offre une infinité de combinaisons pour obtenir des éléments aux esthétiques les plus variées. Par sa composition même et grâce à la grande diversité de ciments, granulats, sables disponibles, ses performances, améliorées par un grand nombre d'adjuvants spécialisés, il existe toujours une formule adaptée à un besoin. Jeux de modénatures et palettes des couleurs sont infinis et la texture du parement limitée

seulement par l'imagination du concepteur. Rugueux ou lisse, et même brillant, le béton se creuse et se bosselle à volonté et se prête à toutes sortes d'effets sous les caresses de la lumière.

Sablé, grésé, poli, désactivé, bouchardé, brut ou lavé, la résistance du béton lui permet d'offrir un **parement esthétique et de qualité sans nécessiter de protection, et très économe en entretien.**

## MÉCANIQUE

Le béton recèle surtout des qualités qui confèrent une fiabilité, une sécurité et un confort certains aux constructions qui l'utilisent : durabilité, résistance au feu, inertie thermique, efficacité acoustique, maîtrise des techniques sismiques, etc.

La résistance mécanique, à la compression, du béton est certainement l'une de ses propriétés les mieux connues. Associée à sa durabilité, elle permet de construire des ouvrages résistant aux sollicitations dans l'espace et dans le temps.

Cette résistance mécanique, en flexion cette fois, bénéficie des apports des armatures, mais sera augmentée par la pré ou post-contrainte. Il est alors possible de réaliser des éléments d'ouvrages (des poutres, par exemple) dont les performances sont très élevées pour des sections finales réduites. Ce type de composant présente d'évidents avantages dans le cas de la réhabilitation lorsque le volume disponible pour glisser le porteur n'est pas très important, ou s'il s'agit de gagner de la place en hauteur.

**Dans les bâtiments rénovés ou réhabilités**, notamment en cas de changement d'activité, ces **gains de volume** sont **stratégiques**.

À la résistance mécanique du matériau, il convient d'ajouter sa durabilité, c'est-à-dire sa capacité à conserver ses fonctions d'usage, pour lesquelles il a été conçu, et à maintenir son niveau de fiabilité et son aspect esthétique dans son environnement. Intrinsèquement, le béton est l'un des matériaux les plus durables et le nombre de constructions anciennes encore présentes pour en témoigner est considérable.

Ces caractéristiques bénéficient aux **bâtiments rénovés ou réhabilités** à l'aide du béton dont la vie est sensiblement prolongée. Cette solidité est illustrée par des emplois limités pour le **renforcement d'éléments ou de composants** particuliers, ou,

Photo : DR



→ La maternité Victor Fouché de Fort-de-France, devenue lycée, a fait l'objet d'un renforcement parasismique. Les sept niveaux, sur 1 515 m<sup>2</sup> au sol, sont notamment stabilisés par des renforts transversaux en béton, scellés aux voiles existants, en pied et dans les fondations. Ils assurent l'augmentation du bras de levier au niveau des fondations et limitent les efforts de compression ou de soulèvement à équilibrer.  
Maître d'ouvrage : région Martinique ; maîtrise d'œuvre : Olivier Compère (architecte), Guez Caraïbes (ingénierie générale), C&E Ingénierie (renforcement parasismique), Dynamique Concept, Victor Davidovici (consultant renforcement parasismique).

plus lourdement, dans la **substitution totale** d'une partie plus ou moins importante de la construction. Ce sera, par exemple, le cas du curetage complet d'un immeuble, reconstruit **derrière sa façade** ancienne.

## SISMIQUE

Même si la France n'appartient pas aux pays les plus exposés, le risque sismique grandit avec l'augmentation de la densité urbaine et celle de la taille des immeubles. Les exigences ont d'ailleurs été renforcées dans ce domaine avec une nouvelle distribution géographique du risque à la suite de la publication de l'Eurocode 8.

En cas de séisme, il est difficile de faire en sorte qu'un bâtiment résiste sans dommage. Mais l'objectif double consiste d'une part à limiter au plus le nombre de victimes, d'autre part, dans la mesure du possible, à simplifier la remise en état de la construction, plutôt que d'obliger à sa destruction totale. Construire parasismique s'inscrit aussi dans une démarche de Développement

Durable visant à limiter des coûts inutiles et l'augmentation de la dépense d'énergie grise.

La protection au risque sismique dépend surtout de la conception ; l'architecture parasismique en béton est parfaitement maîtrisée et de nombreuses références prouvent son efficacité à travers le monde.

Mais cet avantage ne se limite pas, et loin de là, à la seule construction neuve. Le béton, exploité par exemple en pied de **construction rénovée ou réhabilitée**, pour la **stabiliser**, l'amortir et la **conforter** en cas de séisme, ou encore pour **doubler des murs porteurs** et renforcer leur résistance aux sollicitations de ce type, permet à des constructions plus ou moins anciennes et hors normes de **répondre désormais aux exigences réglementaires dans le domaine sismique**.

## INCENDIE

Plus fréquent en France que le risque sismique, le risque au feu est considérablement atténué par le choix du béton dans les constructions. Les règles nationales de sécu-

Photo : DR



→ L'ancienne tuilerie de Limoux appartient au patrimoine industriel dont la conservation tient à cœur. Ce bâtiment, construit en briques est caractéristique de son époque de construction et de sa destination. Sa reconversion et son aménagement en salle de diffusion, médiathèque, école de musique, hôtel administratif et centre technique ont conduit à effectuer un renforcement de sa structure pour la protéger face au risque sismique. Ce renforcement a été assuré par la mise en œuvre d'un contre-voile en béton armé projeté à l'arrière du mur. Maître d'ouvrage : communauté de communes du Limouxin ; architecte : Jacques Ferrier Architectures ; C&E Ingénierie (ingénieurs structures).

rité incendie sont parmi les plus exigeantes du monde mais elles ont fait leurs preuves. Leur objectif est en premier lieu d'assurer la sécurité des occupants en facilitant leur évacuation, en limitant la propagation de l'incendie et la diffusion des fumées, et en assurant une stabilité satisfaisante de la construction sur une période donnée.

Limitation de l'incendie et stabilité de la structure bénéficient évidem-

ment de la totale incombustibilité du béton comme de sa lenteur à monter en température. La transmission du feu, directement ou par conduction, est ainsi impossible aussi bien horizontalement que verticalement, et ce jusqu'au toit, lorsqu'il est en béton. Il est ainsi possible d'atteindre des durées de protection d'une heure, voire trois heures avec certains procédés, d'autant que, à 600 °C, le béton dispose encore de

## Béton et environnement

**Penser global et agir local est l'une des voies de réflexion de la filière béton pour une optimisation de l'exploitation des ressources locales et la limitation des transports de matériaux pondéreux. Avec une ressource également répartie sur le territoire national pour les granulats, le sable, et, bien sûr, l'eau, la filière bénéficie également d'un réseau de centrales à béton très dense. Les méthodes de fabrication sont de moins en moins énergivores et les process constamment améliorés. La fabrication du béton est génératrice d'emplois locaux, non délocalisables. La construction en béton s'inscrit donc dans le principe d'économie circulaire si profitable au Développement Durable.**

**Recyclable de différentes façons, d'une totale innocuité vis-à-vis de la santé, le matériau assure une grande pérennité aux ouvrages qui l'exploitent, limitant ainsi le besoin d'entretien, beaucoup plus lourd avec d'autres matériaux.**



→ Les Archives Bordeaux Métropole – Plutôt que des vides, selon la démarche traditionnelle de l'architecture, les concepteurs des archives de Bordeaux ont conçu des blocs pleins. Le béton, qui « par l'assemblage de milliers de particules minuscules... reconstruit une forme architecturale presque karstique », était particulièrement adapté au projet. « La minéralité du béton trouve ici son contrepoint dans le doublage acoustique des façades. Un lambris de bois se déploie verticalement tel des arbres sortant de terre. » Maître d'ouvrage : Ville de Bordeaux ; maîtrise d'œuvre : Robbrecht en Daem Architecten.

50 à 60 % de sa capacité de résistance, sensiblement plus que nombre de matériaux.

Enfin, les éléments de construction en béton sont facilement réparables après un incendie dans une très grande majorité des cas. Les assureurs ont bien compris les avantages du matériau en cas d'incendie, et attribuent des réductions de primes quand il est retenu.

Dans une **rénovation**, l'emploi du béton est souvent incontournable pour « aligner » l'immeuble sur les exigences réglementaires les plus récentes au regard de l'incendie. L'implantation de planchers, de nouvelles partitions en béton apporte une **réponse simple et sécurisante**.

### ISOLATION

L'isolation, ou plutôt la protection des ambiances intérieures, d'une part contre les variations de température, d'autre part contre le bruit, vient au premier plan des exigences de conception, soit pour répondre à un souci environnemental et économique, soit à la demande expresse des occupants. L'isolation thermique dépend des qualités isolantes des

matériaux, de la qualité de la barrière à l'air du système constructif. La maîtrise de l'isolation thermique dans les constructions en béton est ancienne.

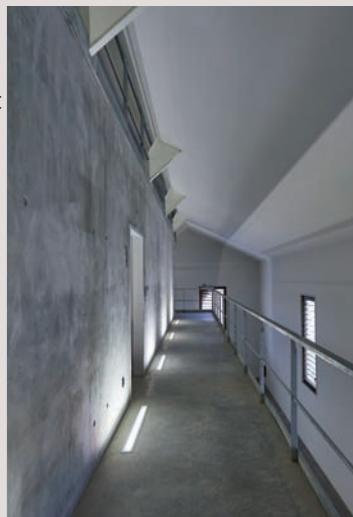
Associés à d'autres matériaux, disposés en intérieur ou en extérieur, ces procédés permettent d'atteindre d'excellentes performances.

Mais le béton possède aussi une importante inertie qui joue un rôle essentiel dans le stockage et le déstockage de la chaleur ou de la fraîcheur, le système s'inversant en fonction des saisons. L'effet est d'autant plus efficace que masse et volume sont importants.

Aux dimensions optimales, il est possible d'obtenir un delta de 4 °C, économisant les consommations, l'hiver de chauffage, l'été de climatisation.

**En rénovation**, cette précieuse qualité d'**inertie**, si bénéfique aux confort d'été et d'hiver, constituera un plus significatif, parfois **indispensable pour l'atteinte des niveaux thermiques les plus performants** comme le BBC rénovation.

Concernant l'acoustique, délicate à traiter quels que soient les matériaux utilisés, et dont les exigences



→ Les Archives Bordeaux Métropole – Pour assurer la conservation des documents dans l'ancien bâtiment de la halle des magasins généraux (datant de 1852), l'architecte a conçu des volumes de béton disposés « en escaliers » et reliés par des coursives. Leur protection, notamment au regard du risque incendie, implique en effet une partition des locaux particulièrement imperméable à la transmission du sinistre.

Maître d'ouvrage : Ville de Bordeaux ; maîtrise d'œuvre : Robbrecht en Daem Architecten.

sont parfois contradictoires avec celles de la thermique, elle nécessite des études spécifiques à chaque bâtiment et l'emploi de procédés et matériaux adaptés. Mais l'emploi du béton dans certaines parties du bâtiment reste la meilleur

leur solution acoustique (par exemple pour les dalles). Un avantage d'**amélioration du confort acoustique** qu'il est toujours possible d'apporter dans un **bâtiment rénové** dont les performances d'origine sont souvent médiocres. ■

### La France, un pays de maçons

Les cultures technologiques constituent un atout essentiel dans la qualité de la construction. Depuis son invention, les entreprises françaises ont appris à maîtriser le béton au point de devenir parmi les meilleures du monde. Les plus grandes sont autant que l'industrie à l'origine d'une recherche-développement qui a permis les plus belles avancées dans le domaine.

Familiarisés avec le béton dès les débuts de leur carrière, les hommes de l'art savent en tirer le meilleur parti et il n'est pas de petite commune ou presque qui n'abrite son maçon, œuvrant tant dans la construction neuve que la rénovation.

Les architectes et maîtres d'œuvre, nationaux ou étrangers, savent qu'ils trouvent auprès des entreprises françaises parmi les meilleurs acteurs pour concrétiser leur projet avec des solutions béton. Cette « culture du béton » irrigue notre société et contribue fortement à la qualité des ouvrages. Ce savoir-faire est par ailleurs continuellement entretenu et bonifié par les professionnels, dans les entreprises, comme par des associations tels les Compagnons du devoir dont il n'est plus nécessaire de rappeler l'ancienneté des connaissances et des pratiques, sans cesse renouvelées et modernisées. Cette culture de la construction en béton est particulièrement nécessaire pour les travaux de surélévation.

# Extension en sous-œuvre et latérale, indispensable ou optionnel, le béton toujours efficace

Il existe plusieurs voies pour optimiser la rénovation ou la réhabilitation d'un bâtiment. L'objectif final étant d'en améliorer les performances, l'idée d'en augmenter le volume, la potentialité de programmation s'impose évidemment. Cette extension peut être assurée de plusieurs façons : horizontalement par accollement, verticalement par surélévation ou creusement en sous-œuvre.

## L'EXTENSION EN SOUS-ŒUVRE : LE BÉTON INCONTOURNABLE

Le creusement en sous-œuvre, assuré depuis des locaux existants ou non, est d'autant plus délicat qu'il implique de travailler souvent au plus près des fondations, voire sur les fondations elles-mêmes, afin d'en prolonger l'ancrage.

### DES LOCAUX NEUFS CRÉÉS EN SOUS-ŒUVRE

L'objectif est la création d'une extension qui peut concerner les bâtiments de tous types, de la maison individuelle au grand hôtel, construits avec tous les matériaux de gros œuvre connus : béton, pierre, acier, bois, terre cuite... Les exemples ne manquent pas de bâtiments publics et privés rénovés et très largement étendus simplement par des locaux gagnés en sous-sol : des parkings aux auditoriums, des locaux techniques aux salles de réunion, des cuisines aux salles informatiques, etc.

En fonction des cas, de la profondeur, de la nature du terrain, des mitoyens, les possibilités sont très variables. Mais les contraintes de protection, éventuellement de consolidation, de l'existant, de reconstitution ou renforcement des fondations, de protection contre les infiltrations... aboutissent à un panel de solutions qui toutes font appel au béton, sauf exception rarissime, pour des raisons à la fois techniques et économiques essentiellement.

Les raisons techniques d'abord, qui résident dans la parfaite connaissance de procédés mis au point depuis de nombreuses années de reprises en sous-œuvre et réalisations ou prolongations des fondations en utilisant des techniques d'appuis sur semelles filantes ou isolées, puits alternés, tranchées blindées, pieux ou micropieux ou encore pieux méga, parois moulées. Autant de procédés où le béton est roi. Pour les mêmes raisons, d'une part pour retenir les terres mitoyennes, d'autre part pour éviter les infiltrations d'eau éventuelles, la réalisation de parois en béton, accompagnée de traitement d'imperméabilisation, est une technique parfaitement maîtrisée par les entreprises de spécialités.

### ORGANISATION DES CHANTIERS

Ces travaux seront précédés ou menés concomitamment à des reports de certaines charges par des ouvrages béton d'importance, telle par exemple la reprise d'une ancienne halle de marché dont les efforts des files de poteaux sont renvoyés sur des porteurs beaucoup plus espacés.

À toutes ces techniques de construction, en constante progression, correspondent des techniques d'organisation de chantier particulière-

Photo : DR



→ Maison individuelle à Montmorency. Voir étude de cas ci-après p. 8.

ment efficaces comme le dégagement du sol après l'implantation des parois moulées, le creusement en taupe sous une dalle qui permet de réhabiliter la superstructure en même temps qu'est aménagée l'infra, etc. Les outils et machines se sont adaptés à ces contraintes devenues plus banales et des matériels permettant de battre des pieux en disposant de petites hauteurs, pour ne citer que cet exemple, sont devenus relativement courants.

Enfin, il paraît assez évident que la possibilité d'acheminer le béton par pompe à partir de l'extérieur pour alimenter un chantier particulièrement encombré et difficile d'accès, comme l'est un chantier de sous-œuvre, constitue un atout considé-

nable, aucun stockage d'aucun matériau n'étant envisageable dans les conditions de travail courantes en sous-œuvre.

On notera également que, parmi les techniques de renforcement des sols des bâtiments ou ouvrages à conforter, figure l'injection de coulis de béton.

Photo : DR



→ Hôtel Lutetia à Paris. Voir étude de cas ci-après p. 9.

## Solidité et économie du projet

Photo : DR



La petite maison familiale de la région de Montmorency construite dans les années 60 a vu arriver sa troisième génération d'occupants, mais l'espace disponible (86 m<sup>2</sup>) devenait tout à fait insuffisant. Il fallait l'agran-

dir car il n'était pas question pour le petit-fils de la première propriétaire de s'en séparer. Par ailleurs, le temps avait passé et le bâtiment montrait les traces de l'âge. C'est à une rénovation-extension importante qu'a pro-

cedé Ninon Josset, architecte, qui a profité de la présence d'un entresol difficilement exploitable et de la position de l'édifice sur un terrain en pente. En décaissant sous la maison, avec des travaux de reprise en sous-œuvre évidemment fondés sur la construction de nouveaux murs en béton, il était possible d'obtenir une belle hauteur sous plafond.

« Les refends ont été ouverts, explique Ninon Josset, la façade découpée tous les mètres cinquante était reprise à l'aide d'une banquette. L'opération a été menée en trois phases. »

Dans le même temps, une belle extension permettait d'avancer

le nouveau rez-de-chaussée devant la maison et de doter le nouveau premier niveau d'une belle terrasse. « Nous avons retenu le béton pour diverses raisons, poursuit Ninon Josset. En premier lieu, c'est un matériau dont la solidité rassure et le maître d'ouvrage souhaitait une construction perçue comme solidement ancrée. Ensuite, le béton est un matériau pour lequel il est assez facile de trouver des entreprises compétentes. Enfin, associé au PVC, le béton assurait que l'économie du projet soit totalement raisonnable. » ■

Maître d'œuvre : Ninon Josset, architecte

Maître d'ouvrage : privé

## Le béton, référence culturelle

Photo : DR



Très intéressés par l'architecture contemporaine et marqués par les références à des architectes tels Le Corbusier ou, plus récemment, le Lyonnais Georges Adilon, les propriétaires d'une

maison de Tassin-la-Demi-Lune, qui souhaitaient ajouter une extension en rez-de-chaussée à la maison familiale partagée, se sont résolument tournés vers le béton. « Il s'agissait d'ajouter un

sejour et une cuisine à un petit appartement de trois pièces. La volonté de trancher sur l'ancien et son enduit traditionnel nous a conduits à ce choix de matière brute qu'est le béton banché laissé en l'état, explique Marie Madinier, architecte.

« L'extension est totalement orientée vers le jardin où elle est généreusement ouverte tandis que, sur les mitoyens, les ouvertures sont rares et réduites à des meurtrières. »

Une toiture-terrasse végétalisée, plantée de sedum pour un entretien léger, assure une continuité avec le jardin aux occupants du premier étage

tandis qu'un puits de lumière permet l'éclairage zénithal d'une partie de l'extension.

« Dans la façade qui est épaisse et les acrotères qui la prolongent, poursuit Marie Madinier, se logent les menuiseries, mais aussi les stores.

Cette extension d'une hauteur de 5 m environ présente une façade de béton brut parcouru par les traves des veines du bois qui a été utilisé pour les coffrages. Elle représente une surface d'environ 50 m<sup>2</sup>. » ■

Maître d'œuvre : Marie Madinier et Fabien Perret, architectes

Maître d'ouvrage : privé



## EXTENSION LATÉRALE : LE BÉTON APPORTE LA SOUPLESSE

L'extension latérale nécessite de disposer d'un minimum de foncier l'autorisant. C'est une excellente réponse aux besoins de volumes supplémentaires. Elle se pratique couramment dans tous les environnements et ses contraintes sont très proches de la construction neuve (fondations, mitoyens) avec, plus particulièrement, le soin à apporter à la liaison entre ancienne et nouvelle construction. Comme dans toute rénovation, l'extension peut

être discrète ou ostentatoire dans son architecture, dans ses matériaux, dans ses couleurs et finitions. Aussi, sa présence est-elle fréquente dans des régions aux architectures fortes ou personnalisées et aux contraintes de règlements de construction importantes comme la Bretagne ou le Pays basque.

Dans ces ouvrages, le béton est bien entendu fréquent sous toutes ses formes : par blocs, coulé, en pièces préfabriquées, etc. La palette

de ses modes constructifs lui permet d'être efficace et concurrentiel dans toutes les configurations. Il permettra de réaliser un nouveau bâtiment aux côtés de l'ancien, de prolonger des pièces existantes, et souvent de réaliser en superstructure une terrasse qui bénéficie aux occupants du niveau supérieur.

En dehors de ses qualités structurales, le béton est particulièrement intéressant pour sa capacité à adopter toutes les formes et toutes

les finitions, pour des ouvrages modestes, mais aussi, comme dans le cas du Grand-Parc à Bordeaux (voir étude de cas), pour des améliorations de bâtiments de très grandes dimensions.

Dans ce cas, l'avantage de la préfabrication, mais aussi ses qualités de résistance au feu ou encore l'absence de nécessité d'un traitement de surface ou de protection, en finition de façade, sont particulièrement intéressants. ■

### Étude de cas

## L'hôtel Lutetia : un festival de béton

Est-il besoin de présenter un établissement chargé d'histoire, dont certains salons sont classés et qui reste un des hauts lieux de l'hôtellerie parisienne à l'angle de la rue du Four et du boulevard Raspail ? L'établissement a fait l'objet d'une rénovation très importante qui a concerné l'ensemble des trois bâtiments qui le constituent.

« Il existait un niveau et demi de sous-sol et la rénovation en prévoyait trois complets. Une opération qui devait être menée en seulement dix mois. Nous avons utilisé de différentes techniques, explique Florent Bonnet, directeur d'exploitation d'Eiffage Construction Équipements.

« C'est ainsi que 250 micropieux assurent une reprise définitive ou provisoire de l'ensemble du bâtiment. Dans les murs périphériques, la création de niches a permis de loger ces micropieux à 17 m de profondeur.

*Contre les murs mitoyens, les reprises ont été assurées via des voiles masse qui assurent la stabilité. Ces murs de 45 cm d'épaisseur, ferrillés, sont limités par les dalles haute et basse. Ils ont été réalisés par passes de 2 m de large. Les poteaux existants supportant les refends ont été cerclés et leurs efforts reportés sur des micropieux. Le creusement s'est ensuite effectué en taube. »*

Un chantier impressionnant : quelque 20 000 tonnes suspendues sur une forêt de micropieux ! Bien entendu, les ouvrages ont été réalisés à l'aide de béton pompé relativement fluide pour un acheminement depuis la rue de Sèvres. Cette descente à 8 m en sous-sol a été précédée d'études complètes, y compris pour démontrer l'innocuité des travaux sur les tunnels du métro à proximité. Les nouveaux locaux

Photo : DR



ainsi créés logeront essentiellement des locaux techniques au bénéfice des bâtiments de la superstructure consacrés à l'hébergement. Hormis ces travaux en sous-œuvre, la réhabilitation du Lutetia se caractérise aussi par l'emploi d'un béton allégé très résistant qui a permis de réaliser une dalle au-dessus des salons classés et sans intervenir sur les plafonds du rez-de-chaussée, dont la fonction est de reprendre toutes les charges supérieures avec une épaisseur moindre que le complexe de plancher d'origine. Cette dalle, réalisée avec un béton d'une densité de 1,8, est connectée

aux IAO maintenus par l'intermédiaire de connecteurs standards de 6 cm placés tous les 10 à 15 cm. Enfin, l'ensemble des anciens poteaux en fer de la structure d'origine est encoffré dans 6 cm de béton, à la fois pour des raisons de protection incendie et pour renforcer leur résistance mécanique, à l'aide, ici aussi, d'un béton allégé à résistance garantie 25 MPa. ■

**Maître d'œuvre :** Wimotte associés, architectes ; C&E Ingénierie (ingénierie structures) ; Fondetud (fondations spéciales)

**Maître d'ouvrage :** L'hotel SAS  
**AMO :** Mace ; TWS Ingénierie (structure)

## Le Grand Parc à Bordeaux : un gain moyen de 20 m<sup>2</sup> par logement

Photos : DR



Le Grand Parc, à Bordeaux, référence en matière d'histoire de l'urbanisme conçu par les urbanistes Jean Royer et Claude Leloup, sur les principes de la ville de Le Corbusier, a été édifié à partir de 1959, et construit en logique industrielle. La standardisation est reine, avec une des premières applications du « chemin de grue ». Les immeubles atteignent 22 niveaux. Leurs habitants bénéficient des standards du confort de l'époque comme de grands espaces verts qui ont été conservés au cours du temps.

Mais les appartements ne correspondaient plus aux standards contemporains, et souffraient, d'un fort déficit d'isolation thermique et d'une image dégradée. Une première opération de réhabilitation porte sur deux immeubles. Il s'agit, outre d'importants travaux d'isolation thermique et de reprise d'une des façades, de procéder à l'agrandissement des logements par l'adjonction d'une extension.

L'idée est d'accoler à la façade la mieux orientée des cellules de 3,80 m<sup>2</sup> de profondeur, préfabri-

quées en béton sur un site de production assez proche. L'opération nécessite un minimum d'interventions dans le logement par ailleurs en partie rénové.

Seuls travaux lourds, le percement des murs de façade (en trois jours seulement) pour ouvrir les logements sur leur nouveau jardin d'hiver. Les travaux, menés en site occupé, assurent une transformation qualifiée par le maître d'ouvrage de « pertinente et économe ». L'extension n'apporte pas seulement un volume d'habitat supplémentaire (20 m<sup>2</sup> en moyenne), elle participe également au confort thermique, en créant un espace tampon régulateur (le niveau BBC rénovation est aisément atteint).

La « greffe » s'effectue toute hauteur d'immeuble et bénéficie à deux bâtiments de 225 et 80 logements. Le béton s'est imposé ici « d'abord par l'excellente maîtrise de la technique par les entreprises », souligne Julien Callot, responsable du

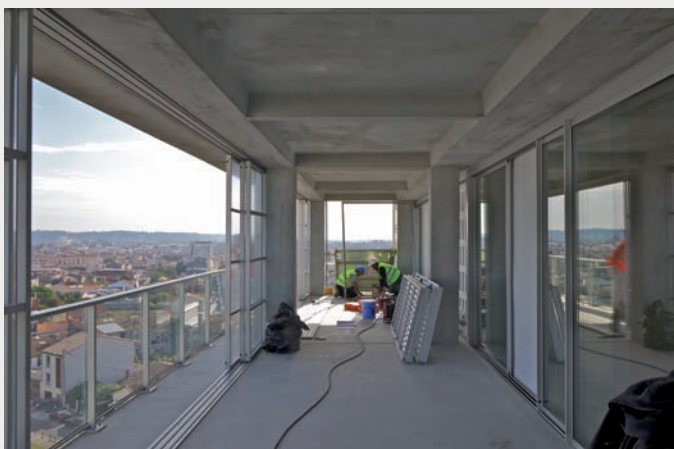
projet chez Lacaton-Vassal. « Par ailleurs, il permet de faire très rapidement un ouvrage fini dès la fin de la préfabrication. Il ne nécessite ni peinture, ni protection au feu. On obtient stabilité et parement en une seule opération.

Le bâtiment principal compte cinq cages d'escalier et l'avancée s'est faite au rythme d'un niveau par cage d'escalier et par jour.

Pour éviter de fragiliser les fondations existantes et respecter les règles de l'art dans ce domaine, les structures du rez-de-chaussée comportent une partie en biais », précise Julien Collet.

À cinquante ans de distance, les principes constructifs d'origine (préfabrication et standardisation) ont été revisités et largement améliorés au service d'une qualité d'usage très appréciée des locataires. ■

Maître d'œuvre : Anne Lacaton et Jean-Philippe Vassal, Frédéric Druot et Christophe Hutin  
Maître d'ouvrage : Aquitanis



# Surélévation : un vecteur de compacité urbaine

La surélévation est une solution, à la fois pour créer des surfaces habitables dans les hypercentres et financer des rénovations. Dans ce type de travaux, le béton offre un panel très large de techniques répondant à différentes configurations. Faisabilité et solutions font l'objet d'études et de propositions techniques précises.

Photo : DR



→ La surélévation en milieu urbain dense correspond à une logique économique, sociale et technique d'aujourd'hui.

À l'horizon 2030, l'ONU estime que 60 % de la population mondiale vivra en ville. Chaque année, des surfaces considérables de territoire rural sont urbanisées. Mais souvent dans des conditions défavorables pour l'économie urbaine (et notamment par l'étirement des réseaux de tous types), comme dans le cas de l'habitat très diffus. Dans le même temps, les standards de confort urbain poussent à la facilité des déplacements.

Tous ces phénomènes conduisent depuis longtemps urbanistes, aménageurs et politiques à penser une ville plus compacte, une ville où les services demeureraient proches, qu'il s'agisse des services publics et administratifs ou privés et commerciaux. Le modèle zoné est dépassé, la mixité de tous les genres (sociale, d'activité, intergénérationnelle, etc.) à l'ordre du jour.

Mais, dans le même temps, le foncier le plus intéressant (le moins éloigné des centralités) est de plus en plus rare et de moins en moins abordable. Aussi, les aménageurs, après avoir optimisé la densité urbaine par la gestion des « dents creuses », des friches de toutes natures, se sont-ils orientés vers la possibilité d'augmenter les possibilités de surélévations des bâtiments existants.

## LOGIQUE ÉCONOMIQUE, SOCIALE ET TECHNIQUE

Différentes études montrent qu'un certain nombre d'immeubles urbains présenteraient cette possibilité et des propositions ont été faites dans ce sens. La surélévation, dans certaines zones où le foncier est particulièrement contraint, pourrait même permettre, par la vente des mètres carrés construits, la réhabilitation complète des immeubles concernés.

Pourtant, si le principe apparaît simple, son application n'est pas si évidente. Au-delà des questions politiques et administratives, se posent d'abord celles de la faisabilité pratique de telles réalisations, ou, plus exactement, de leur généralisation, car de nombreux exemples sont là pour en prouver la réalité.

En effet, les bâtiments existants sont de tous types, de tous âges, dans des environnements variés. Leurs structures ne supporteraient sans doute pas toutes des surélévations, avec ou sans renforcement ou reprise en sous-œuvre d'ailleurs.

Pour envisager une forme de banalisation (pas de généralisation) des surélévations, il est donc d'abord nécessaire d'en valider la possibilité technique.

Il importe ensuite d'étudier la possibilité d'exploiter les techniques et matériaux pour le plus grand bénéfice du résultat final.

Dans ce panorama, on pourrait croire que les solutions pondéreuses doivent s'effacer devant les solutions légères au risque de renoncer à faire bénéficier les constructions ainsi réalisées des avantages de celles qui seraient éliminées.

Cette démarche serait contraire à la logique économique, sociale et technique. D'autant qu'une revue de toutes les solutions dans tous les domaines montre, en réalité, que l'éventail des options est beaucoup plus large qu'une analyse superficielle pourrait le laisser penser.

Dans le cadre des surélévations, le béton a sa place, d'abord parce que

nombre de constructions seraient aptes à recevoir des solutions faisant appel à ce matériau, ensuite parce que la filière a développé depuis longtemps et continue à développer des systèmes et procédés particulièrement performants et répondant aux exigences de ce type de projet.

## ÉTUDE ET ÉVALUATION

Avec ou sans reprises en sous-œuvre (qui peuvent d'ailleurs donner l'occasion de réaliser des extensions souterraines), la surélévation utilisant le béton facilitera la réalisation de bâtiments durables et performants.

Les pages qui suivent ont pour but de démontrer d'une part la faisabilité des surélévations en béton, d'autre part de présenter un panel de solutions existantes, souvent méconnues et pourtant très efficaces.

L'étude « Surélévation en béton : le champ des possibles », réalisée par Jean-Marc Weill, se fonde sur l'analyse des caractéristiques physiques d'une série de typologies de constructions (d'architectures, d'âges, de matériaux de construction différents). Ces typologies ont été retenues pour représenter un éventail significatif des constructions en France.

L'objectif est de vérifier si, dans chaque cas, il est possible ou non d'apporter une surcharge, d'évaluer la surcharge supportable, de déterminer le champ des possibles (nombre de niveaux pour quel poids) et, enfin, de proposer des pistes de solutions constructives. ■

## Une structure complémentaire traverse l'existant

Rue de la Sablière dans le 14<sup>e</sup> arrondissement de Paris, un bâtiment de deux niveaux en briques et béton, construit dans les années 1940, occupait un angle aigu avec pour mitoyen un immeuble de six étages sur rez-de-chaussée. Son propriétaire souhaitait une surélévation, d'abord envisagée avec un matériau léger. Mais les fondations reposaient sur des sables de Beauchamp et l'intervention imposait, dans tous les cas, une reprise en sous-œuvre, menée par la technique des voiles en passes alternées.

« L'objectif étant de construire à l'intérieur de la parcelle »,

explique Didier Mignery, architecte de Zoomfactor, « il n'était pas question de s'appuyer sur le mitoyen ou d'effectuer des reprises côté rue.

Le long du R+6, les fondations ont été abaissées à la hauteur de celles de l'immeuble voisin avec création d'un sous-sol. La descente de 3 m s'est faite en deux fois. Sur les nouveaux voiles, la nouvelle structure prend appui via des poteaux de béton qui traversent les deux étages existants pour reprendre les charges des trois niveaux de la surélévation.

Une dalle pleine en R+2 lie les éléments de la structure, bar-

rière phonique et au feu entre des logements et des locaux tertiaires ».

Le choix du béton était logique pour l'architecte « puisque l'entreprise de maçonnerie devait intervenir en sous-œuvre. Cette solution, pragmatique et efficace, a été complétée par un choix de façade en mur rideau qui assure la rupture entre l'ancien socle de deux niveaux, conservé à la demande de l'architecte des Bâtiments de France, et la surélévation. » ■

Maître d'œuvre : Zoomfactor, architectes

Maître d'ouvrage : privé

Photos : DR



## Béton léger pour 2 niveaux de plus

Non loin du pont de Levallois, à Levallois-Perret, un petit immeuble aux plateaux de 90 m<sup>2</sup> abrite un restaurant et un logement. Ses propriétaires l'avaient acquis en projetant sa surélévation. Celle-ci vise à créer deux niveaux supplémentaires faisant passer l'édifice à quatre étages au-dessus du rez-de-chaussée. Cet investissement se justifie tout particulièrement par la situation géographique de l'immeuble, environné de constructions plus élevées, dans une zone au prix du foncier important. La construction d'origine fait appel à une structure

mixte de briques (pour les murs pleins) et d'acier (planchers à poutrelles métalliques), avec un pignon de pierre. Elle repose sur un sous-sol général dont la présence a permis de vérifier la capacité de l'immeuble à supporter les niveaux supplémentaires envisagés sans avoir recours à des reprises en sous-œuvre. Nous avons choisi d'exploiter les qualités du béton cellulaire », explique Naudin Séevagen, architecte, concepteur de la surélévation, « tant en raison de son faible poids que de sa résistance et de ses qualités thermiques. Il est en outre

très simple à mettre en œuvre sur un chantier de rénovation qui nécessite une certaine souplesse dans l'intervention dans un site occupé et exploité. C'est un savoir-faire maîtrisé par une très grande majorité d'entreprises tant en conception qu'en mise en œuvre.

Enfin, cette solution, qui est vite apparue comme l'une des plus économiques, est à l'origine de très peu de nuisances ». ■

Maître d'œuvre : Naudin

Séevagen, architecte

Maître d'ouvrage : privé

Photos : DR



# Surélévation en béton :

## le champ des possibles

### Analyse typologique des scénarios – Étude de sensibilité

## Synthèse

L'étude, dont les résultats sont présentés ici de façon sommaire<sup>1</sup>, a été assurée pour le compte de CIM-béton et visait à valider la possibilité de réaliser, d'abord de façon théorique, ensuite par la définition de quelques moyens constructifs, des surélévations sur des bâtiments existants. Son ambition n'est pas de traiter l'ensemble des typologies de bâtiments, seulement ceux qui présentent le plus grand intérêt pour ce type d'intervention. Elle se limite aux surélévations sans reprise de fondation et n'intègre pas le risque sismique.

Elle permet de déterminer rapidement le champ des possibles qui doivent, bien entendu, faire l'objet d'études précises pour en vérifier et mesurer la réelle application et leurs conditions.

#### LA FAISABILITÉ DU CHANTIER : UNE DIMENSION ESSENTIELLE

Si elle est théorique, l'étude « Surélévation en béton : le champ des possibles » permet d'arrêter des principes d'intervention. Elle implique par ailleurs un choix de systèmes

constructifs qui correspondent aussi à ce type de chantier et de travail en milieu urbain où les conditions d'intervention sont parfois complexes. Il faut donc aussi tenir compte de la réalisation de travaux en milieu occupé, de la nécessité d'organiser le chantier en limitant les impacts sur l'environnement, et notamment l'environnement urbain. Aussi, certaines solutions seront forcément privilégiées qui correspondent à ces contraintes de mise en œuvre : pénibilité, organisation de l'approvisionnement du chantier et gestion des

stocks, etc. Au regard de ces exigences, les solutions béton retenues pour exemple dans le tableau synthétique de fin sont caractérisées par des avantages évidents : sécurisantes et parfaitement maîtrisées par un maximum de professionnels, offrant tous les avantages apportés par le matériau ou les combinaisons de matériaux, permettant de réduire la durée et les nuisances de chantier...

*1 – L'étude complète est consultable à CIM-béton. Elle a été menée par Jean-Marc Weill, ingénieur civil, spécialiste des structures, qui a participé à la maîtrise d'œuvre de nombreux ouvrages.*

## I – LE CADRE DE L'ÉTUDE

Cette étude a pour objectif la présentation de solutions techniques permettant la surélévation de constructions existantes sur la base de systèmes constructifs issus de la filière béton.

La méthode retenue est la comparaison des descentes de charges entre l'état existant et l'état projeté à partir de l'analyse d'un élément caractéristique de la structure verticale. Compte tenu des usages et des habitudes issus de la pratique opérationnelle, nous avons retenu deux paliers d'accroissement possibles qui permettent de s'affranchir, en règle générale, de la nécessité de renforcer les fondations de la construction existante (ce paramètre reste un point de sensibilité important de ce type d'approche). Le renforcement ponctuel éventuel de l'infrastructure et de la superstructure, permettant bien évidemment une surélévation plus impor-

tante, est néanmoins envisageable mais non pris en compte dans le cadre de cette étude. Nous sommes volontairement restés dans le cadre de la construction ordinaire.

Les deux paliers retenus au démarrage de l'étude étaient :

- **Palier n° 1** : accroissement de charges de 5 %.
- **Palier n° 2** : accroissement de charges de 10 %.

Le choix des exemples correspond à un cadre bâti urbain ou périurbain représentatif de situations de projets rencontrées aujourd'hui en France métropolitaine. Il n'est pas question ici d'être exhaustif et de viser une description trop large, mais de cibler des exemples représentatifs qui permettent de circonscrire la question. Les bâtiments retenus sont présentés ci-après :

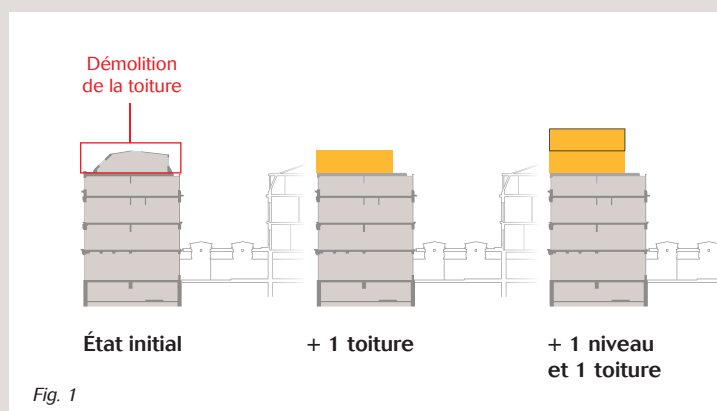
- **Étape 1** : analyse de la structure de la construction existante.

- **Étape 2** : choix d'un élément de structure primaire verticale représentatif.

- **Étape 3** : établissement de la descente de charges existante sans surélévation.

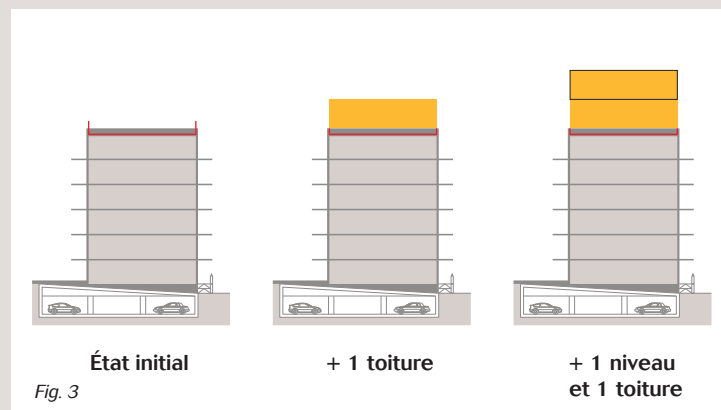
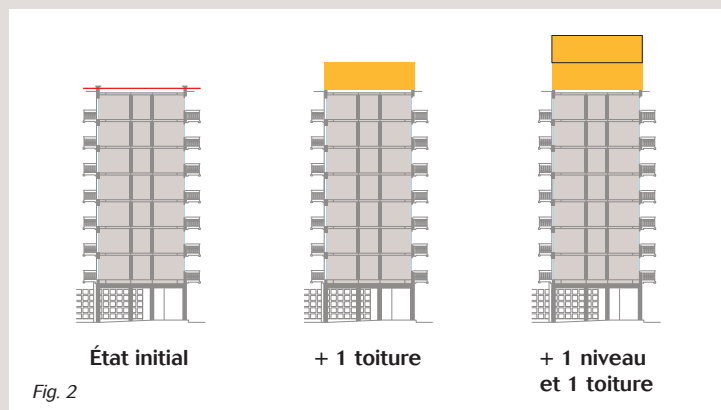
- **Étape 4** : détermination des systèmes constructifs possibles (murs planchers, etc.), selon les scénarios d'accroissement de la réserve de charges et du nombre de niveaux de surélévation associé.

**Hôtel particulier, 12, rue Volney à Paris** – Date de construction : seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle – Type : R+4 sur un niveau de sous-sol – Dimensions : 18 x 36 m – Structure verticale en murs de maçonnerie. La construction est mitoyenne sur ses deux façades perpendiculaires à la rue.



**Immeuble de logements Grande-Bretagne de « la Faisanderie » à Fontainebleau** – Date de construction : 1951 – Type : R+7 sur un niveau de pilotis, sans sous-sol – Dimensions d'un bâtiment type : 128 x 10 m environ – Structure poteaux-poutres en béton armé – Architecte : Marcel Lods.

**Immeuble de logements « le Parc Delzieux » à Saint-Nazaire** – Date de construction : 2007 – Type : R+5 – Dimensions du bâtiment étudié : 30 x 12 m environ – Structure verticale de type voiles en béton armé – Architecte : Philippe Madec.



## II – SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

**Tableau 1 – RÉSERVE DE CHARGES GLOBALE ADMISSIBLE PAR M<sup>2</sup> DE SURÉLÉVATION**

	Accroissement de charges de 5 %		Accroissement de charges de 10 %	
	Ajout d'une toiture	Ajout d'un niveau et d'une toiture	Ajout d'une toiture	Ajout d'un niveau et d'une toiture
<b>Hôtel particulier rue Volney*</b> La toiture existante est déposée et devient réserve de charges. Le plancher est éventuellement renforcé.	<b>5,6 kN/m<sup>2</sup></b> (accroissement 4,7 % < 5 %)	Sans objet	<b>8,0 kN/m<sup>2</sup></b> (accroissement 7,5 % < 10 %)	<b>7,5 kN/m<sup>2</sup></b> (accroissement 9,6 % < 10 %)
<b>Logements de la Faisanderie**</b> L'étanchéité existante est déposée et devient réserve de charges. Le plancher est éventuellement renforcé.	<b>2,9 kN/m<sup>2</sup></b> (accroissement 4,95 % < 5 %)	Sans objet	<b>4,9 kN/m<sup>2</sup></b> (accroissement 9,0 % < 10 %)	<b>4,0 kN/m<sup>2</sup></b> (accroissement 9,9 % < 10 %)
<b>Logements du Parc Delzieux***</b> L'étanchéité existante est déposée et devient réserve de charges. Le plancher est éventuellement renforcé.	<b>4,1 kN/m<sup>2</sup></b> (accroissement 4,9 % < 5 %)	Sans objet	<b>7,2 kN/m<sup>2</sup></b> (accroissement 8,7 % < 10 %)	<b>5,9 kN/m<sup>2</sup></b> (accroissement 9,5 % < 10 %)

\* Compte tenu de la date de réalisation, on ne considère pas de charge d'entretien existante en toiture.

\*\* Compte tenu de la date de réalisation, on considère une charge d'entretien existante en toiture de 1,5 kN/m<sup>2</sup>.

\*\*\* Compte tenu de la date de réalisation, on considère une charge d'entretien existante en toiture de 1,5 kN/m<sup>2</sup>. Le plancher bas du parking est une dalle portée et permet une réserve de charges complémentaire.

Les deux paliers d'accroissement étudiés (5 % et 10 % d'accroissement) ont été croisés avec deux scénarios de surélévation possibles : l'ajout d'une toiture simple au-dessus de la dalle existante ou l'ajout d'un niveau et d'une toiture simple. À partir des paliers d'accroissement, une réserve de charges globale est

déterminée par mètre carré de surélévation projetée. Cette valeur permet de prescrire l'un ou l'autre des scénarios de surélévation et d'y associer les systèmes constructifs adaptés issus de la filière béton (tableaux 2 et 3). Ainsi, pour l'hôtel de la rue Volney, pour un accroissement maximum de charges de 5 %,

la réserve de charges théorique est de 5,6 kN/m<sup>2</sup> (l'équivalent d'environ 560 kg/m<sup>2</sup>). Cela permet de retenir une toiture simple en appui sur des murs porteurs verticaux selon les systèmes constructifs du tableau 3. Les réserves de charges globales sont des valeurs au mètre carré de surélévation projetée. Elles com-

prennent les charges verticales de mur ramenées au mètre carré projeté. À partir de ces réserves de charges, le tableau 2 décrit, selon le palier d'accroissement étudié, les charges disponibles par mètre carré construit, c'est-à-dire le poids propre disponible pour la toiture, le niveau complémentaire et les parois.

**Tableau 2 – BILAN DES CHARGES DISPONIBLES PAR M<sup>2</sup> CONSTRUIT SELON LES SCÉNARIOS d'ACCROISSEMENT**

Accroissement de la descente des charges au droit des fondations de 5 %				
	Renforcement du dernier plancher existant et ajout d'une toiture		Renforcement du dernier plancher, ajout d'un niveau complémentaire et ajout d'une toiture	
Hôtel particulier rue Volney*	OUI	Réserve de charge toiture : 3,5 kN/m <sup>2</sup> Réserve de charges parois : 3,5 kN/m <sup>2</sup>	NON	
Logements de la Faisanderie**	OUI	Réserve de charge toiture : 2,5 kN/m <sup>2</sup> Système ossature	NON	
Logements du Parc Delzieux***	OUI	Réserve de charge toiture : 3,0 kN/m <sup>2</sup> Réserve de charges parois : 2,5 kN/m <sup>2</sup>	NON	
Accroissement de la descente des charges au droit des fondations de 10 %				
Hôtel particulier rue Volney*	OUI	Réserve de charge toiture : 5,0 kN/m <sup>2</sup> Réserve de charges parois : 5,0 kN/m <sup>2</sup>	OUI	Réserve de charge toiture : 2,0 kN/m <sup>2</sup> Réserve de charges planchers : 2,5 kN/m <sup>2</sup> Réserve de charges parois : 2,5 kN/m <sup>2</sup>
Logements de la Faisanderie**	OUI	Réserve de charge toiture : 4,5 kN/m <sup>2</sup> Ossature verticale type poteaux-poutres	OUI	Réserve de charge toiture : 1,5 kN/m <sup>2</sup> Réserve de charges planchers : 1,8 kN/m <sup>2</sup> Ossature verticale et de type poteaux-poutres
Logements du Parc Delzieux***	OUI	Réserve de charge toiture : 5,0 kN/m <sup>2</sup> Réserve de charges parois : 5,0 kN/m <sup>2</sup>	OUI	Réserve de charge toiture : 2,0 kN/m <sup>2</sup> Réserve de charges planchers : 2,0 kN/m <sup>2</sup> Réserve de charges parois : 1,5 kN/m <sup>2</sup>

Les tableaux décrivent les réserves de charges, selon un accroissement de charges global de 5 ou 10 %. Les valeurs données correspondent au poids propre disponible pour la toiture, le niveau complémentaire et les parois.

Voici le résultat pour les différents scénarios d'accroissement retenus.

**Pour un accroissement de 5 % :**

Scénario 1 : ajout d'une toiture et de la structure verticale associée.

■ La réserve de charges sur le bâtiment Volney donne toute latitude de mise en œuvre de produits issus de la filière béton.

■ Dans le cas du logement de La Faisanderie, l'analyse de la structure existante oblige à limiter la réserve de charge disponible.

■ Dans le cas du Parc Delzieux, les caractéristiques de l'infrastructure, des années 2000, obligent à une optimisation du poids propre de la surélévation. Néanmoins, il faut noter, pour ce projet, une sous-utilisation

de la capacité portante des voiles de superstructure et la possibilité de renforcer les fondations en infrastructure. La prise en compte de ces deux paramètres permettrait de pousser plus loin le potentiel de surélévation.

**À noter que, dans le cas du logement de la Faisanderie, un accroissement intermédiaire de 6,7 % (< 7,5 %) augmente la réserve de charge en toiture, ce qui permet, le cas échéant, d'inclure une végétalisation (80 kg/m<sup>2</sup> maximum). Cette possibilité est sans doute exploitable dans d'autres configurations.**

**Pour un accroissement de 10 % :**

Scénario 1 : ajout d'une toiture et de la structure verticale associée.

Scénario 2 : ajout d'un niveau, d'une toiture et de la structure verticale associée. L'ajout d'un niveau complémentaire diminue la réserve de charges disponible par niveau. De ce fait, cette configuration oriente le choix vers des systèmes constructifs plus légers (tableau 2).

**CAS PARTICULIER DU SÉISME**

La présente étude n'intègre pas la question du séisme appliquée aux constructions existantes pour ne pas limiter l'analyse avec un paramètre qui nécessite une étude au

cas par cas (date de réalisation, zone sismique, état du bâti, etc.).

Il faut néanmoins rappeler que, d'une manière générale, une augmentation de masse conduit à l'augmentation des efforts sismiques, donc à une aggravation de vulnérabilité.

Pour tout projet de surélévation, il est donc indispensable de réaliser les calculs et validations menés selon les recommandations de l'AFPS et de l'Eurocode 8. ■

Photos : DR



Auteur de l'étude, Jean-Marc Weill, architecte DPLG, titulaire d'un master de *Design Studies* (Harvard), ingénieur civil (CNAM), a participé à la conception de nombreuses réalisations prestigieuses avec les plus grands noms de l'architecture et de l'ingénierie. Lauréat de plusieurs prix, c'est un spécialiste des structures, reconnu dans le monde entier.

Il a notamment été membre de l'équipe de conception du mémorial de Notre-Dame-de-Lorette qui vient d'être primé à l'édition 2016 de l'ACI Excellence in Concrete Construction Award.

Il a été retenu par CIMbéton pour mener la première étude sur les possibilités d'extension des constructions en béton par surélévation.

1 – ACI : American Concrete Institute.

### III – LES SOLUTIONS

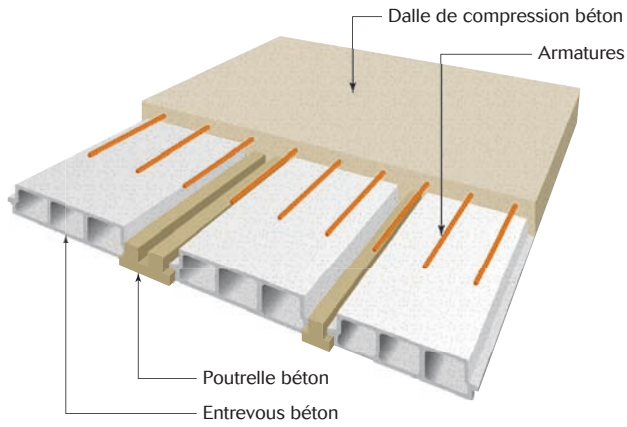
Tableau 3 – SYSTÈMES CONSTRUCTIFS ADAPTÉS SELON LES SCÉNARIOS D'ACCROISSEMENT ÉTUDIÉS

SYSTÈMES CONSTRUCTIFS (10 schémas)	SCÉNARIO 1		1 niveau complémentaire : renforcement du dernier niveau existant conservé/ajout d'une toiture et de murs, paroi			
	SCÉNARIO 2		2 niveaux complémentaires : renforcement du dernier niveau existant conservé/ajouts d'un plancher, d'une toiture et de murs, parois			
			Accroissement de la descente de charges au droit des fondations de 5 %		Accroissement de la descente de charges au droit des fondations de 10 %	
		Hôtel particulier rue Volney	Logements de la Faisanderie	Logements du Parc Delzieux	Hôtel particulier rue Volney	Logements de la Faisanderie
<b>TOITURE/RÉSERVE DE CHARGES</b>						
A. Plancher poutrelles + entrevous béton	3,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,0 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>	4,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>
B. Plancher poutrelles + entrevous légers	3,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,0 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,0 kN/m <sup>2</sup>	4,5 kN/m <sup>2</sup> 1,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,0 kN/m <sup>2</sup>
C. Plancher collaborant acier/béton + charpente métallique	3,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,0 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>	4,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>
C. Plancher collaborant acier/béton léger + charpente métallique	3,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,0 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,0 kN/m <sup>2</sup>	4,5 kN/m <sup>2</sup> 1,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,0 kN/m <sup>2</sup>
D. Plancher bois & béton	3,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,0 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,0 kN/m <sup>2</sup>	4,5 kN/m <sup>2</sup> 1,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,0 kN/m <sup>2</sup>
E. Béton cellulaire	3,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,0 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,0 kN/m <sup>2</sup>	4,5 kN/m <sup>2</sup> 1,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,0 kN/m <sup>2</sup>
<b>PLANCHER/RÉSERVE DE CHARGES</b>						
A. Plancher poutrelles + entrevous béton				2,5 kN/m <sup>2</sup>		
B. Plancher poutrelles + entrevous légers				2,5 kN/m <sup>2</sup>	1,8 kN/m <sup>2</sup>	2,0 kN/m <sup>2</sup>
C. Plancher collaborant acier/béton + charpente métallique				2,5 kN/m <sup>2</sup>		
C. Plancher collaborant acier/béton léger + charpente métallique				2,5 kN/m <sup>2</sup>	1,8 kN/m <sup>2</sup>	2,0 kN/m <sup>2</sup>
D. Plancher bois & béton				2,5 kN/m <sup>2</sup>	1,8 kN/m <sup>2</sup>	2,0 kN/m <sup>2</sup>
E. Béton cellulaire				2,0 kN/m <sup>2</sup>	1,5 kN/m <sup>2</sup>	2,0 kN/m <sup>2</sup>
<b>MUR-PAROIS/RÉSERVE DE CHARGES</b>						
F. Voile en béton (épaisseur 16 cm)				5,0 kN/m <sup>2</sup>		5,0 kN/m <sup>2</sup>
F. Voile en béton léger (épaisseur 16 cm/poids propre de 2,5 kN/m <sup>2</sup> )	3,5 kN/m <sup>2</sup>			5,0 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>
G. Mur en parpaings creux/2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>
H. Mur en blocs de béton léger/épaisseur 20 cm/poids propre 1 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>
I. Mur en blocs de béton cellulaire/2,1 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>
J. Mur en blocs de béton biosourcé/épaisseur 20 à 30 cm/poids propre de 1,0 à 1,5 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 2,5 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup> 1,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup> 1,5 kN/m <sup>2</sup>

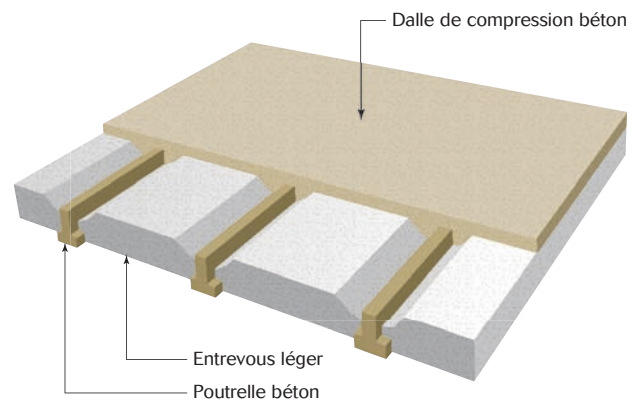
À partir des deux scénarios retenus 5 et 10 %, l'objet du tableau est de suggérer les systèmes constructifs possibles pour les parois et les planchers. La surélévation qui consiste à mettre en œuvre 1 seul niveau complémentaire (une toiture) au-dessus de la construction existante a été testée en considérant un accroissement de descente de charges de 7,5 %. On constate des réserves de charges confortables qui pourraient être, le cas échéant, converties en végétalisation partielle en optimisant le poids propre des systèmes constructifs.



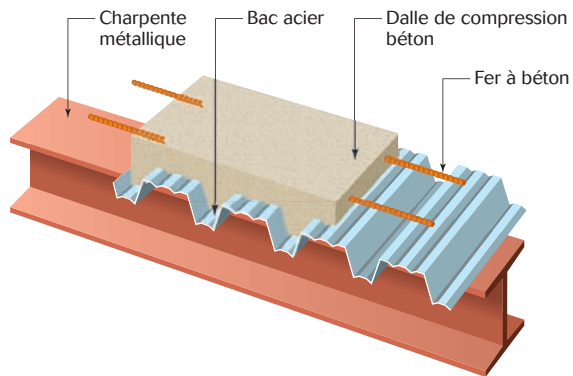
### A Plancher poutrelles et entrevous béton



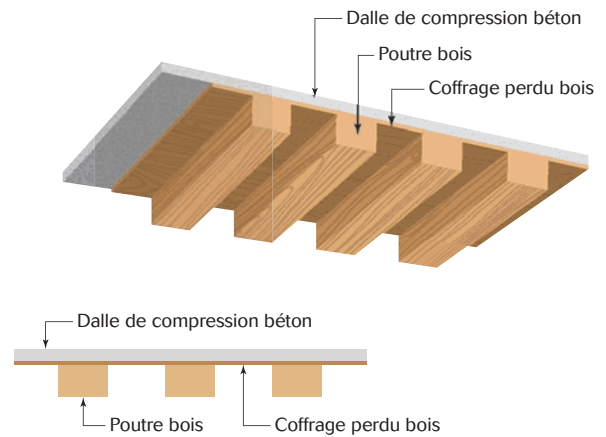
### B Plancher poutrelles et entrevous légers



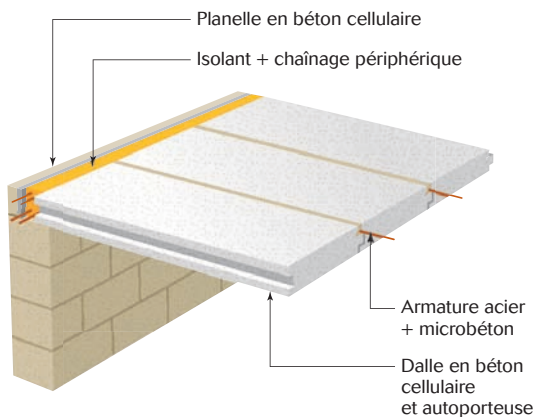
### C Plancher collaborant acier/béton + charpente métallique (la dalle peut être en béton allégé)



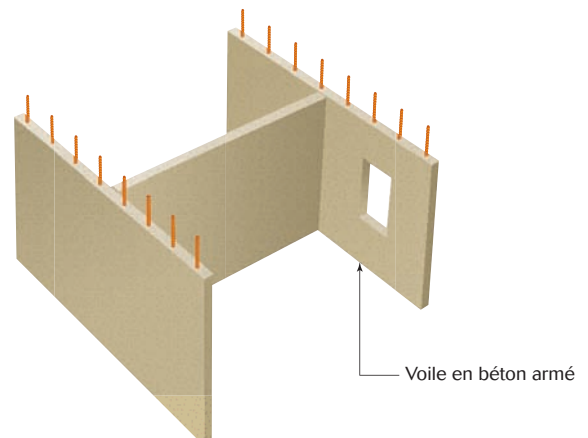
### D Plancher bois + béton



### E Plancher en béton cellulaire

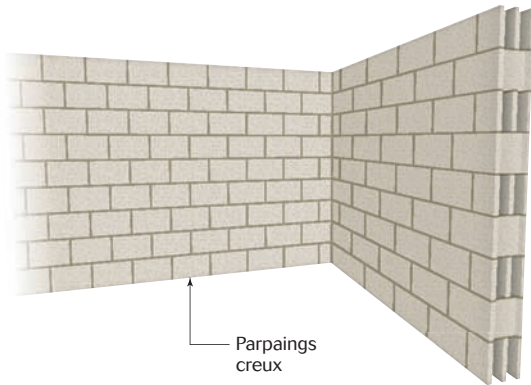


### F Voile en béton armé (le voile peut être en béton allégé)



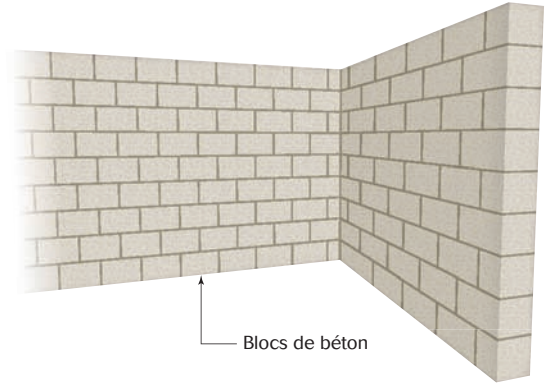
G

### Mur en parpaings creux



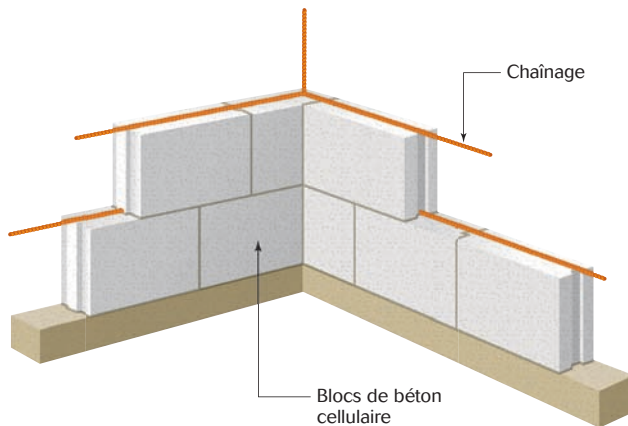
H

### Mur en blocs de béton léger



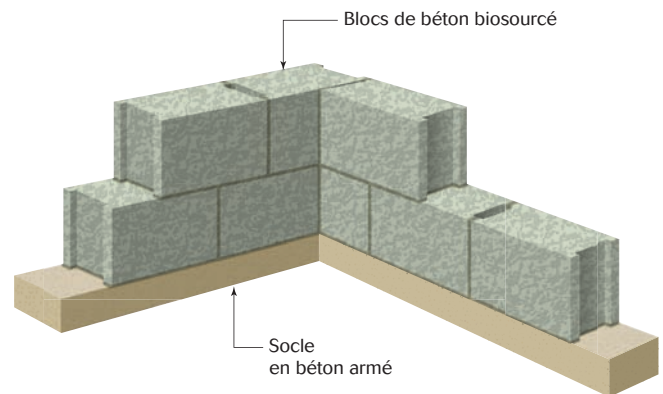
I

### Mur en blocs de béton cellulaire



J

### Mur en blocs de béton biosourcé\*



\* Ajout d'une structure en béton armé si non porteur



7, place de la Défense – 92974 Paris-la-Défense Cedex – Tél. : 01 55 23 01 00 – Fax : 01 55 23 01 10  
[www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)