



## Composer (aussi) avec l'environnement

Dossier réalisé par Milena Chessa et Jacques-Franck Degioanni | le 30/10/2020 | **Matériau composite, Matériaux de construction, France, Hauts-de-Seine, Paris**

### **Matériaux composites -**

**Adouées pour leurs performances globales, ces formulations, encore mal connues des concepteurs, doivent évoluer vers l'excellence écologique.**

Les petits Mozart du marketing les ont affublés de drôles de noms qu'on croirait tout droit sortis d'un récit de science-fiction : Dekton, Corian, Hi-Macs, Krion, Cortex, Tenara, etc. Ces matériaux composites appartiennent à une vaste famille où il n'est pas toujours aisé de reconnaître les siens. Alors, de quoi parle-t-on ? La définition qui prévaut retient la présence d'un couple, formé d'une matrice en résine cohésive qui joue le rôle de liant et d'un renfort, le plus souvent fibreux, assurant la résistance mécanique. Un amalgame dont les qualités respectives se complètent idéalement pour donner naissance au fameux composite. « Autrement dit, un plus un égale trois, résume Laurent Destouches, fondateur et dirigeant de la PME Solutions Composites. Cette coopération intelligente crée une nouvelle matière, en fonction de l'utilisation souhaitée. »

« **Approche de rupture** ». Parmi la flopée de composites existants, ceux à matrice dite « organique » - polyester, époxyde, phénolique, acrylique - forment le plus important contingent. Quant aux renforts fibreux, les plus couramment utilisés sont les fibres de verre et de carbone. « Aujourd'hui encore, dans le bâtiment, on construit toujours avec les matériaux de nos grands-parents, souligne Laurent Destouches : pierre, bois, béton, etc. , sans trop réfléchir. La conception en composites oblige à se poser simultanément la question des exigences techniques à remplir (mécanique, thermique, acoustique), de la formulation à adopter (nature de la matrice et du renfort), ainsi que de son mode de production (moulage, pultrusion, etc. ). L'objectif est de parvenir à mettre le bon matériau au bon endroit.

C'est là une approche de rupture. » Intérêt majeur des composites ? Imputrescibles et non corrodables, ils affichent un excellent ratio performances/poids par rapport aux solutions traditionnelles. Leur facilité de mise en forme a également su séduire. Ainsi, dans les années 1960-1970, quelques architectes pionniers s'affranchirent de la dictature de l'angle droit. Blobs et autres maisons de Barbapapa poussèrent ici et là, telles les maisons-bulles de Pascal et Claude Häusermann, Jean-Louis Chanéac ou Antti Lovag. En vêtue, en enveloppe, ces matériaux démontrent leurs qualités de légèreté et d'étanchéité, ainsi que leur facilité d'entretien-maintenance. « Avec Bernard Schweitzer, j'avais réalisé le complexe technique de l'environnement à Bègles (Gironde) en 1994, note Jean de Giacinto, architecte bordelais (Architecture Composite). Sa façade en composite a été nettoyée seulement au bout de vingt ans... »



Manque de culture technique. Plus près de nous, en 2007, la façade de l'hôtel Seeko'o à Bordeaux (Atelier King Kong, architectes), s'habillait d'un manteau satiné de Corian immaculé et était présentée, sur [lemoniteur.fr](http://lemoniteur.fr), comme « une première mondiale ». De là à susciter des vocations... « A l'heure actuelle, j'injecte beaucoup moins de composites dans mes projets. Question de budget et de maîtrise du savoir-faire technique des entreprises », fait valoir le même Jean de Giacinto...

« Certains composites, peu coûteux à produire et sans grandes qualités mécaniques, ont été très bien survendus par leurs promoteurs et le marketing », observe Laurent Destouches. Le même déplore, par ailleurs, le manque de culture technique dans l'univers du bâtiment : « Les architectes et leurs commanditaires sont frileux, tout comme les assurances. Ils n'y comprennent pas grand-chose. La peur de l'innovation y est pour beaucoup, contrairement au monde des TP où les composites sont très présents. » C'est peut-être aussi que, RE 2020 aidant, les composites pâtissent de leur filiation avec la pétrochimie et peinent à satisfaire aux nouvelles exigences de la transition écologique en termes d'évaluation environnementale fine, de recyclabilité, etc. Mais la donne est peut-être en train de changer, comme le perçoit Laurent Destouches, qui relève « l'intérêt croissant porté aux fibres végétales, comme le chanvre ou le lin, qui possèdent d'intéressantes propriétés mécaniques pour un prix modeste et un - présumé - faible impact environnemental ». De même pour les résines à base de polymères biosourcés issus du règne végétal (maïs, blé, etc. ). « Dans tous les cas, la qualité du composite sera liée à celle de la liaison fibres-résine », complète-t-il. Côté recyclabilité, on sait bien que tout ce qui est recyclable n'est pas nécessairement recyclé, et le chef d'entreprise de plaider ici davantage en faveur du réemploi des éléments composites après déconstruction.

Reste enfin à mieux structurer une filière encore difficilement lisible par le profane pour donner l'impulsion qui fera décoller l'utilisation des matériaux composites en architecture. Un saut technologique déjà assumé dans les secteurs de l'aéronautique ou de l'automobile. Industrialisation du bâtiment, impression 3D, usinage numérique, robotisation des chantiers : autant de catalyseurs possibles pour un tel essor.

Amish qui s'en dédit !

### **Enveloppe - Des icebergs au cœur de La Défense**

*Table Square, ce sont sept restaurants - dont six gastronomiques - abrités dans trois « prismes », trois « icebergs » émergés au cœur de La Défense, « et autant de bonnes raisons qui justifient le choix d'un composite, le Krion en l'occurrence », explique Brice Piechaczyk, architecte et X-Ponts, associé de l'agence Enia. Installé sur et sous la dalle de La Défense, le projet réutilise des espaces de parking abandonnés en sous-sol. D'où une surcharge admissible limitée et des hauteurs libres réduites qui ont conduit les concepteurs à imaginer une structure métallique légère, habillée de verre et bardée de Krion. Développé par une société du groupe Porcelanosa, ce composite est constitué de charges minérales naturelles alliées à des résines haute résistance.*

*« Sa matérialité contraste avec le gris du sol et des tours », précise Brice Piechaczyk. Le matériau se travaille à froid, comme du bois. Il se présente sous forme de panneaux de 12 mm d'épaisseur qui peuvent être assemblés et/ou thermoformés pour créer des pièces courbes, avec des jonctions invisibles. « Il permet surtout d'obtenir des angles et des arêtes vives, dans une grande abstraction de l'enveloppe et rappelle l'esprit du marbre et de la pierre de la Grande Arche voisine. La peau est satinée, et l'absence de pores la rend résistante aux tags. De même, sa dureté, sa résistance et sa facilité de réparation renforcent sa durabilité », complète l'architecte. En outre, l'agence Enia souhaitait afficher sur cette opération un bilan carbone vertueux, « ce qu'on obtient ici, dans la mesure où le Krion peut être recyclé à 100 %. Enfin, en réutilisant les parkings abandonnés sous la dalle, le projet a évité l'émission d'environ 600 t d'équivalent carbone », évalue l'architecte. Et si le matériau apparaît « plutôt cher » en valeur absolue, son prix serait ici à relativiser, compte tenu de l'économie globale de l'opération.*

- **Aménageur** : établissement public local Paris La Défense.
- **Investisseur** : Urban Renaissance Développement.
- **Promoteur** : Linkcity. Maîtrise d'œuvre : Enia Architectes, architecte. BET : Arcadis. Entreprise générale : Bouygues Bâtiment Ile-de-France.
- **Surface** : 4 500 m<sup>2</sup> (Shob), 3 360 m<sup>2</sup> (SP). Montant du contrat de promotion immobilière (CPI) : 15 M€.
- **Coût des études** : 807 000 euros HT.
- **Coût des travaux** : 11,5 M€ HT (valeur 2017).

## Façade - Composition en noir et blanc

C'est un immeuble d'habitation en R + 7 à la morphologie singulière qui a pris place, voici deux ans, sur l'une des rares parcelles encore libre de Boulogne-Billancourt (Hauts-de-Seine). Là ont été créés par le Studio Vincent Eschalié 19 logements individuels « de standing » avec tout ce qu'il faut de terrasse ou de jardin pour chaque appartement. Dans ce quartier dit « du Point-du-Jour », impossible de négliger la lumière.

Chaque logement devait ainsi disposer d'un espace extérieur et bénéficier du maximum de luminosité. D'où d'imposantes baies vitrées en façade pour mieux la capter, avec des bords et des débords qui animent et font vibrer la composition d'ensemble. Et pour renforcer encore le dispositif, poteaux, nez de dalle et intérieur des loggias s'habillent de Corian blanc tandis que, par effet de contraste, le rez-de-chaussée et les deux derniers niveaux sont recouverts de Corian noir. Constitué aux deux tiers de charges minérales (un mélange de trihydrate d'alumine, un dérivé de la bauxite) et de résine acrylique, ce composite massif et non poreux, en 12 mm d'épaisseur, a permis, aux dires de Paolo Gatti, architecte et chef de projet chez Vincent Eschalié, « d'habiller précisément, par un travail très fin, la géométrie complexe de la façade avec ses ressauts, de refléter la lumière dans les loggias et d'obtenir une massivité et un standing de bon aloi que n'offrirait pas, par exemple, un bardage métallique ».

Et si le matériau affiche une durabilité très grande - couleurs stables dans le temps, entretien facile, etc. -, l'architecte confie volontiers qu'il n'est plus beaucoup employé dans son agence. « En l'espace de quelques années, on est revenu au biosourcé, au géosourcé, à la pierre massive, à la brique ou au bois. Sans oublier le terrazzo. » Un « composite » dur connu depuis l'Antiquité, à base de granulats de marbre concassés, liés soit à la chaux et à la terre cuite broyée, soit avec un mortier de ciment, coulé et poncé in situ.

Ultime touche de chic : dans le hall, une marqueterie blanche et noire de Corian là encore, voulue par la maîtrise d'ouvrage et commandée au plasticien Daniel Buren. Composite et composition artistique font ici bon ménage.

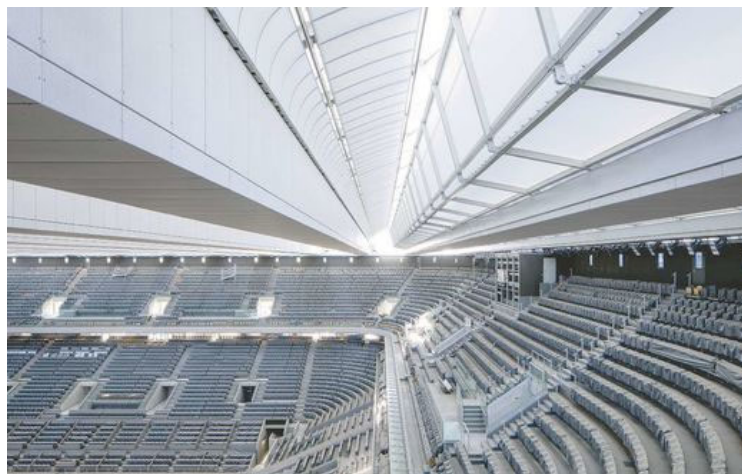


- **Maîtrise d'ouvrage** : Esprimm.
- **Maîtrise d'œuvre** : Studio Vincent Eschalié, architecte. Antonio Blanco et Paolo Gatti, chefs de projet.
- **BET** : Sato (TCE). Principales entreprises : PGD (gros œuvre), BQS (second œuvre), AEA (façade et hall).
- **Surface** : 1 620 m<sup>2</sup> SU (bâtiment) + 415 m<sup>2</sup> (parking).
- **Coût** : 4,9 millions d'euros.



### **Couverture - Une membrane amortit l'impact météo sur un court de tennis**

*Elle aura été la vedette des Internationaux de France de tennis 2020, organisés cet automne au stade Roland-Garros à Paris (XVI<sup>e</sup>). Qui ça ? Rafael Nadal, qui a remporté son 13<sup>e</sup> tournoi ? Non, la couverture mobile du court Philippe-Chatrier qui a permis, pour la première fois, de jouer par temps de pluie et de nuit. En quinze minutes chrono, cet ouvrage de 100 m x 100 m était déployé au-dessus de la terre battue et des gradins de 15 000 places.*



**Onze ailes entoilées.** La charpente métallique, conçue par les agences DVVD Architectes & Ingénieurs et ACD Girardet & Associés, a été réalisée en acier très haute performance par l'entreprise Cimolai. Elle se compose de 11 poutres-caissons droites, prolongées par des nervures courbes formant des ailes. Celles-ci sont entoilées afin de peser le minimum sur la charpente de 3 000 tonnes et les fondations. « Il fallait que la couverture soit la plus efficace possible, souligne Daniel Vaniche, architecte-ingénieur président de DVVD. Nous avons fait le tour des matériaux : le verre ne répondait pas à la contrainte du poids, les panneaux de type méthacrylate n'atteignaient pas le niveau d'exigence acoustique requis, et les coussins ETFE ne sont pas réparables. » Le choix s'est donc porté vers le composite souple.





« Avec seulement 2 kg de ce matériau au mètre carré, cumulés sur l'extrados (Flexlight Xtrem TX30-II) et l'intrados (Alphalia Silent AW) des nervures, il est possible de traiter l'étanchéité, l'absorption acoustique et la diffusion homogène de la lumière naturelle », détaille Thomas Bonneville, responsable des produits chez le fabricant Serge Ferrari. La membrane Flexlight Xtrem TX30-II, constituée d'une armature en polyester haute ténacité et d'une enduction vinylique, mesure à peine un millimètre d'épaisseur. Néanmoins, selon le représentant du fabricant, « elle résiste à une charge de 8 tonnes au mètre linéaire et à l'impact d'une balle de tennis frappée à 200 km/h ». Ce produit a également été posé sur les compas métalliques qui relient les ailes entre elles, faisant ainsi office de parapluie.



« **Costume taillé sur mesure** ». Le matériau composite souple fabriqué par Serge Ferrari est livré sous forme de bobines (250 m x 1,78 m) à l'entreprise Tensaform qui ensuite la façonne. « Nous fournissons le tissu, elle taille le costume sur mesure », compare Thomas Bonneville.

Pour la réalisation des ailes de l'extrados, des morceaux prédécoupés en atelier ont été soudés par haute fréquence sur le chantier, puis fixés à la périphérie de la charpente via des profilés à gorge. « Nous avons fait le choix d'une membrane blanche plutôt que transparente, car il était inimaginable pour le confort visuel des joueurs que la charpente puisse porter des ombres sur le court, explique Daniel Vaniche. Une blancheur qui rend aussi la couverture immatérielle. »

- **Maîtrise d'ouvrage** : Fédération française de tennis.
- **Maîtrise d'œuvre** : DVVD Architectes & Ingénieurs et ACD Girardet & Associés, architectes associés.
- **BET** : ISM Ingénierie (mécanique et commande), Lamoureux Acoustics (acoustique).
- **Entreprise générale** : Vinci Construction France.
- **Budget (études et travaux)** : 40 M€ HT.

**« L'intérêt majeur réside dans l'extrême économie de matière », Christelle Chalumeaux, architecte (Artificial Architecture), enseignante, chercheuse**

**Quel est pour vous le principal atout des matériaux composites ?**

L'agence Artificial Architecture a mené avec l'Ecole des Ponts ParisTech une étude comparative entre trois bâtiments construits sans matériau composite et leurs modélisations 3D avec composites. Le résultat a démontré une économie de matière extrême : 75 % en moyenne ! Voilà l'un des nombreux intérêts des composites. Lors de la fabrication de la matrice et du renfort, la quantité de matière est optimisée, ce qui rend le produit final très léger. Cela présente un réel intérêt dans les cas de surélévation ou de construction sur un sol de médiocre portance, comme j'ai pu l'expérimenter lors de la rénovation-extension d'une maison à Colombes, dans les Hauts-de-Seine [opération nommée au prix d'architecture de la Première œuvre en 2010, NDLR].

**Ont-ils une carte à jouer dans d'autres types de travaux ?**

Oui, avec la RT 2020 qui exige une conductivité thermique des huisseries extérieures, les composites deviennent incontournables. Ils peuvent trouver une place dans le cadre de la mise en conformité incendie et thermique d'immeubles de grande hauteur. C'est ce que nous allons regarder de près cette année avec les étudiants de l'Ecole nationale supérieure d'architecture (Ensa) de Nancy où je suis à la fois enseignante et chercheuse. D'ailleurs, nous cherchons des partenaires !

**Les matériaux composites, souvent issus de la pétrochimie, peuvent-ils se mettre à l'heure du biosourcé ?**

De nombreux partenariats entre industriels et établissements d'enseignement supérieur ont boosté la recherche sur des biocomposites dotés de renforts de lin ou de chanvre, mais aussi de matrices en polymères naturels. Les applications sont en plein essor dans le sport et l'automobile, pas encore dans le bâtiment. Il faudrait que la filière se structure d'un bout à l'autre de la chaîne, en capitalisant sur les connaissances acquises et les savoir-faire. C'est ce que nous tentons de faire avec le groupe de travail « Construire avec les composites pour l'architecture », qui réunit l'Ensa Nancy, l'Ecole des Ponts ParisTech, divers industriels et l'agence Artificial Architecture.



## **Concept - Un abri en kit solide et durable pour les camps de réfugiés**

Lorsque l'Organisation des Nations unies (ONU) a demandé au fabricant américain Cortex Composites de trouver une solution d'abri durable pour les quelque 22 millions de réfugiés à travers le monde, celui-ci s'est rapproché du studio parisien d'architecture et de design Cutwork. Les gérants des deux start-up s'étaient rencontrés en France lors du Hello Tomorrow Global Summit. L'architecte Antonin Yuji Maeno se souvient de l'entrée en matière de Curren Krasnoff, fondateur de Cortex Composites : « Vous pliez du métal, je roule du béton, il faut qu'on parle ! » Ensemble, ils ont mis au point en 2019 le projet Cortex Shelter. Cet abri de 24 m<sup>2</sup> se présente sous la forme d'un kit à assembler par deux personnes. La structure est constituée de tubes métalliques qui comportent des encoches découpées au laser. Ce système - breveté par Cutwork - permet un envoi à plat, puis un cintrage à la main, sur place, suivant la forme du toit. L'enveloppe extérieure, usinée par Cortex Composites, est ensuite déroulée et fixée sur la structure métallique.



Épaisse de 3,80 cm, elle comporte trois couches : une membrane hydrofuge en PVC, une grille 3D en plastique contenant un ciment à séchage rapide, et une surface textile à base de coton qui se désagrège au contact de l'eau. En vingt-quatre heures, le béton est totalement sec.



**Sécurité accrue.** « Comparé à un béton de même épaisseur coulé en place, le composite présente une résistance supérieure à la compression avec sa grille 3D qui remplace le sable », assure Antonin Yuji Maeno. Selon lui, le Cortex Shelter peut ainsi offrir un abri solide et plus sûr aux femmes, souvent victimes d'agressions dans leurs simples tentes.



Les menuiseries extérieures et l'isolation thermique par l'intérieur sont aussi fournies dans le kit, dont la valeur est estimée entre 3 000 et 4 000 euros. « L'impermanence d'un camp de réfugiés est une vue de l'esprit, estime l'architecte. Les personnes y restent souvent des années, il faut donc les penser différemment, durablement. »

- **Conception** : Cutwork, architecte ; Cortex Composites, fabricant.
- **Surface** : 24 m<sup>2</sup>. Coût du kit : 3 000 à 4 000 euros.

