

# CONSTRUCTION MODERNE

SEPTEMBRE - OCTOBRE  
2019

N° 160



Centre de soins psychiatriques à Metz-Queuleu  
Architectes : Richter architectes et associés  
Photographe : Luc Boegly



p. 2

**METZ-QUEULEU**  
CENTRE DE SOINS  
PSYCHIATRIQUES  
Architectes : Richter architectes et associés

p. 6

**COURBEVOIE**  
LYCÉE INTERNATIONAL  
LUCIE AUBRAC  
Architectes : Epicuria architectes, architecte mandataire ;  
AAM, architecte associé

p. 10

**NANTES**  
124 LOGEMENTS SOCIAUX  
ET EN ACCESSION  
Architectes : FRES/Laurent Gravier + Sara Martin Camara,  
architectes

p. 14

**BRÉSIL**  
TOURS D'ÉOLIENNES  
DE GRANDE HAUTEUR



p. 18

**MARSEILLE**  
TOUR  
« LA MARSEILLAISE »  
Architectes : Ateliers Jean Nouvel, mandataire ;  
Didier Brault, directeur de studio ; Alain Gvozdenovic,  
Vincent Delfaud et Nathalie Sasso, chefs de projet ;  
Tangram, architectes d'exécution (lots architecturaux  
et paysage)

p. 22

**VITRY-SUR-SEINE**  
ÉCOLE MATERNELLE  
ÉVA SALMON  
Architectes : Daquin Ferrière & Associés, architecte

p. 24

**GIENS**  
MAISON FAMILIALE  
DE VACANCES  
Architectes : Zakarian-Navelet architectes urbanistes

p. 28

**VITRY-SUR-SEINE**  
262 LOGEMENTS POUR  
JEUNES ACTIFS ET ÉTUDIANTS  
Architectes : Atelier Bethgnies-Leclair, architectes  
mandataires ; Agence Fourier-Tirard, architectes associés

p. 32

**GUYANE**  
LE NOUVEAU MASSIF  
DE LANCEMENT D'ARIANE 6  
Maître d'ouvrage : Agence spatiale européenne (ESA)

## ÉDITO

La transition numérique et la transition climatique sont au cœur des rénovations des diplômes du BTP. Pour les accompagner, l'Éducation nationale est engagée dans une veille technologique très active. L'objectif est d'offrir les formations les plus adaptées aux attentes des entreprises et donc les plus propices à l'employabilité de nos élèves et étudiants. L'approche systémique et intégrée des formations au sens de la ville et des territoires durables offre désormais un cadrage pérenne dépassant une simple approche très segmentée. Les technologies associées aux matériaux sont en pleine révolution. Singulièrement, le béton doit désormais être quasiment considéré comme un « matériau nouveau ». C'est sous cet angle que nous engageons nos réflexions sur les rénovations des diplômes en incluant des compétences nouvelles liées à l'utilisation du béton. Par exemple, nous avons initié un travail sur les nouveaux matériaux à intégrer dans le cursus du CAP de maçon. Nous aurons d'autres diplômes à rénover et nous devons éclairer les référentiels de formation des innovations en cours sur le béton, en étroite collaboration avec les experts du secteur.

Les concours de recrutement des enseignants du BTP seront également concernés par ces évolutions.

Montrer aux jeunes élèves que l'histoire du matériau béton n'est pas terminée et se poursuit au sens du Développement Durable ne peut que les motiver à participer à cette aventure au service de l'Homme.

### JEAN-MICHEL SCHMITT

INSPECTEUR GÉNÉRAL DE L'ÉDUCATION NATIONALE  
GROUPE SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES  
MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

## CONSTRUCTION MODERNE

Créée en 1885, la revue *Construction Moderne* est éditée par l'association CIMbéton, centre d'information sur le ciment et ses applications - 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex - Télécharger *Construction Moderne* sur [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)  
Président : Raoul de Parisot • Rédacteur en chef : Norbert Laurent • Rédaction et réalisation : Two & Two • Conception graphique : Zed Agency • Pour tout renseignement concernant la rédaction, tél. : 01 55 23 01 00 • Abonnements : par e-mail à [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net)

Couverture : Lycée international Lucie Aubrac à Courbevoie - Architectes : Epicuria architectes, architecte mandataire ; AAM, architecte associé.

Photographe : Luc Boegly

Erratum : Une erreur s'est glissée dans le précédent numéro de *Construction Moderne* n° 159. La photo de couverture présentait les 44 logements à Muret et non à Marseille.

### OFFRE SPÉCIALE

pour les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre,  
1 an d'abonnement GRATUIT.

Envoyez vos coordonnées à [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net)

## METZ-QUEULEU

# CENTRE DE SOINS PSYCHIATRIQUES

Affichant une peau de béton travaillée à la manière d'un paysage, ce bâtiment juste et sans prétention a obtenu l'Équerre d'argent.

TEXTE : BÉATRICE HOUZELLE – REPORTAGE PHOTOS : LUC BOEGLY

Située à quelques kilomètres de Metz, la commune de Jury accueille depuis 1972 un centre hospitalier spécialisé qui disposait de structures complémentaires de consultations et de soins, disséminées dans la ville voisine. Il était devenu primordial de les regrouper pour disposer de nouveaux locaux, confortables et aux normes, mais également pour optimiser l'organisation du personnel, la lisibilité de l'établissement et faciliter l'accessibilité du public aux soins. Le terrain acquis pour cette opération se situe dans une Zac créée il y a une quarantaine d'années, à l'entrée des Hauts de Queuleu, au bord d'une départementale, le boulevard de Strasbourg, qui mène à l'hypercentre de Metz. Le contexte s'avère être à la fois typique des abords de ville, hétéroclite et en manque de repères urbains forts, tout en offrant un environnement semi-boisé et vallonné. En effet, la parcelle dédiée côtoie tout autant la nature que l'urbain, sise entre un concessionnaire automobile et un espace presque sanctuarisé comprenant des vestiges de fortifications dissimulées dans un petit bois.



Situé en contrebas de la route, le terrain dispose « naturellement » d'une protection face au flux du boulevard. Et là était bien l'enjeu de ce projet, offrir une ouverture sur l'extérieur, un contact avec la nature et la ville, tout en créant un lieu préservant l'intimité. Ce concept prend ici tout son sens puisque l'établissement construit, destiné aux soins psychiatriques, s'adresse à un public sensible. D'ailleurs, ce jeu de l'ouvert/fermé ne se lit pas au premier abord, tant la coque de béton, qui enveloppe et protège, remplit son rôle d'écran et masque ce que comprend le centre, ne laissant transparaître ici ou là que quelques frag-

ments de parois vitrées. Le travail de la peau du béton accentue cet effet. Grâce aux pigments ajoutés, à l'érosion et aux accidents insérés, la coque se fond dans le paysage, entre terre et végétal, à la fois organique et minérale.

Un des autres enjeux du projet consistait à réunir deux structures, le centre pour adultes et celui pour enfants, à mutualiser les locaux techniques et les espaces du personnel tout en évitant le plus possible les contacts visuels entre patients adultes et patients enfants.

Les locaux communs, non accessibles au public, servent d'espace tampon entre les deux structures qui se développent chacune sur deux niveaux. Et dès que l'on pénètre dans l'une ou l'autre, on est frappé par la justesse et la force du rapport ouvert/fermé, assez peu imaginable depuis l'extérieur. Les espaces, quels qu'ils soient, sont baignés de lumière et de percées sur l'extérieur. Dérobées, lorsqu'elles cadrent les espaces « publics », les vues sont franches sur l'ensemble des patios ou sur le petit bois voisin.

### Un intérieur fluide et protégé

Ce bâtiment, qui semble ne présenter que 4 façades, en compte en réalité 14, si l'on prend en compte toutes celles des cours intérieures. Et c'est justement grâce à ces évidements que le cheminement offre autant de lumière naturelle, de variétés spatiales, tant dans les ambiances que dans les volumes offerts, adaptés à chaque fonction du programme, de la

**Maître d'ouvrage** : centre hospitalier spécialisé de Jury – **Maître d'œuvre** : Richter architectes et associés – **BET structure** : CTE Mulhouse – **BET fluides et HQE®** : Solares Bauen – **Paysagiste** : Bruno Kubler – **Artiste** : Grégoire Hespel – **Entreprise gros œuvre** : Demathieu & Bard – **Surface** : 2 200 m<sup>2</sup> SDP – **Coût** : 5,4 M€ HT – **Programme** : centre de santé mentale pour adultes et centre psychothérapeutique pour enfants.



A \_\_  
Les façades  
suggèrent,  
tout en les  
protégeant,  
les activités  
du centre  
de soins.

B \_\_  
L'enveloppe  
de béton,  
travaillée à  
la manière  
d'un paysage,  
se soulève par  
endroits pour  
dévoiler sans  
révéler.

...

pièce intime de consultation à la salle d'activités communes, etc. Quant aux espaces de circulation, dégagés et « respirants », ils sont ponctués de cadrages sur le ciel dans les cages d'escalier. Si l'atmosphère intérieure est fortement marquée par le contact au végétal, la douceur qui en découle est renforcée par la présence de bois très clair pour les plafonds et les menuiseries, et par un sol en résine rosée, générant une ambiance parfaitement propice au soin, presque feutrée – un effet renforcé par une très bonne acoustique.

### Un béton à usages multiples

Outre ces matériaux, dont le bois qui, associé aux profilés métalliques assure la structure des façades entièrement vitrées, le béton joue ici un triple rôle.

Structurel, dans un registre classique de dalles, de poteaux et de voiles porteurs, coulés en place et non visibles. Protecteur, dans son rôle de coque enveloppante dont l'omniprésence extérieure s'imisce à l'intérieur par le jeu de vues cadrées depuis l'intérieur sur cette frontière rassurante. Artistique, par l'intervention du peintre Grégoire Hespel, choisi par l'agence Richter et associés pour participer au projet et trouver le mode le plus adapté à sa participation. Après quelques temps de recherche, il leur a semblé évident qu'il fallait intervenir sur la coque qui représente l'ancrage et la pérennité de l'ouvrage.



Coupe transversale

Habitué à peindre des paysages d'une matérialité presque minérale, Grégoire Hespel a soumis la peau du béton à un travail quasi archaïque. Loin de toute recherche d'abstraction, il souhaitait mettre à nu son essence, son épaisseur, sa composition et créer un paysage dans le paysage, qui confère à cette enveloppe une préhistoire, un vécu, un ensemble de traces dont l'interprétation fluctue en fonction de chacun, à l'instar d'une toile.

### L'art au service de la matière

Ce traitement inhabituel de la surface du béton ne laisse pas indifférent. Techniquement, l'artiste est intervenu avec un nettoyeur haute pression, juste après le décoffrage des voiles, pour créer des zones érodées en surface et dévoiler les granulats, tous locaux. Pour obtenir des impacts plus profonds, voire percer le voile, des masques en laine de roche ont été intégrés dans les coffrages selon un plan précis fourni par l'artiste. Les pigments verts ajoutés avant coulage confèrent au béton un aspect plus végétal, voire moussu par temps de pluie, accentuant son intégration dans le bois voisin qui fonctionne comme un fond de scène. Outre la dimension plus que poétique et évocatrice de cette peau, son aspect, plus que brut, contraste avec la géométrie rigoureuse et la précision ciselée au millimètre des façades

vitrées, chaque typologie de paroi se mettant mutuellement en valeur. Arriver à ce résultat implique un souci des détails et de leurs traitements, notamment grâce à la réalisation d'une maquette d'une portion de façade, en vraie grandeur, qui a permis de vérifier et de réajuster les solutions trouvées au moment de la conception.

À écouter l'ensemble des protagonistes, maîtrise d'œuvre, entreprise de gros œuvre, artiste et maître d'ouvrage ont formé une seule et même équipe. Ils se sont tous approprié le projet, y ont adhéré et ont travaillé main dans la main.

### Une approche rigoureuse

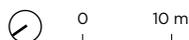
Pour cette opération, le maître d'ouvrage avait fait le choix d'inscrire le projet dans une démarche environnementale basée sur le référentiel HQE® « Établissements de santé » et la charte « Chantier vert ». Certaines cibles ont fait l'objet d'un développement plus poussé et notamment la gestion de l'énergie. Le projet atteint le niveau RT 2012 - 20 %, grâce à la mise en œuvre de matériaux et équipements performants, à la qualité des isolants, à celle des vitrages, en passant par l'épaisseur des voiles et dalles béton qui participent à l'inertie globale du bâtiment, hiver comme été.

S'y ajoute la mise en œuvre de rupteurs de ponts thermiques à chaque liaison voile/dalle. L'autre point fort concerne le confort des usagers. Le système de chauffage, un plancher chauffant/rafraîchissant, est relié au réseau de chaleur urbain afin de limiter les équipements techniques, complété par un système de ventilation à double flux avec récupération de chaleur à haut rendement alors que le froid est produit par un groupe à condensation sur air. En termes de confort visuel, des études ont été réalisées pour optimiser l'éclairage des locaux et limiter le recours à l'éclairage artificiel. Quand le rationnel et le sensible se rejoignent et se mettent au service de l'architecture, le résultat se dévoile aussi humain que plastique. ■



Plan de rez-de-chaussée

1. Hall d'entrée de la partie dédiée aux enfants
2. Hall d'entrée de la partie dédiée aux adultes
3. Zone « tampon » réservée au personnel et séparant les deux parties du centre





C



D

C \_\_\_\_  
 Pour accéder au centre dédié aux enfants, on se glisse sous l'enveloppe de béton protectrice.

D \_\_\_\_  
 La partie arrière du centre qui longe le bois existant.



E

E \_\_\_\_  
 L'ensemble des bureaux et salles de consultation profite d'une vue sur l'extérieur, ici sur le bois.

F \_\_\_\_  
 La peau de béton, par sa teinte, ses rugosités et ses anfractuosités, est en parfaite harmonie avec le végétal.

G \_\_\_\_  
 Côté enfants, les salles d'activités s'ouvrent sur le patio qui leur est réservé.



F



G



H

H \_\_\_\_  
 La géométrie travaillée des cages d'escalier ouvertes sur le ciel.

## COURBEVOIE

# LYCÉE INTERNATIONAL LUCIE AUBRAC

Signé par Epicuria dans la densité du tissu urbain de Courbevoie, le lycée Lucie Aubrac frappe par la blancheur de son béton poli qui souligne ses transparences et sa géométrie fragmentée.

TEXTE : CHRISTINE DESMOULINS – REPORTAGE PHOTOS : LUC BOEGLY

Construit pour la région Île-de-France, ce lycée a pris la place d'un collège aujourd'hui démolì sur un site soumis à de fortes contraintes urbaines : cours communes, zone *non aedificandi*, vis-à-vis d'immeubles de grande hauteur. Le terrain et son environnement immédiat n'en offrent pas moins un paysage urbain contrasté avec, en arrière-plan, le quartier de la Défense et la proximité de la Seine derrière un front discontinu d'immeubles de bureaux.

### Contraintes urbaines, simplicité et pérennité

« Nous avons recherché un langage urbain qui dialogue avec les bâtiments environnants et compose un ensemble harmonieux par la volumétrie, la modénature et le choix des matériaux. Pour servir ce langage qui devait aussi refléter la simplicité et la pérennité, le béton poli et le béton matricé sont idéals. Par sa brillance, le béton blanc poli reflète la lumière qu'il fait glisser et au niveau du soubassement, un béton matricé de cou-



leur sombre donne une assise au bâtiment », dit l'architecte Jean-Michel Buron. Repris par petites touches en façade, où il crée çà et là un effet d'écorce, ce matériau texturé fait écho à la présence des arbres.

Les contraintes des cours communes, la perméabilité entre les rues de l'Industrie et Victor Hugo, la présence d'arbres et un cœur d'îlot dégagé au sud-ouest l'ont incité à relier visuellement les deux rues en orientant ses bâtiments vers les espaces dégagés.

Intercalé entre le mitoyen d'un immeuble de logements des années 60 et un équipement sportif lui aussi refait à neuf depuis peu, le lycée est donc conçu comme un campus. Implanté dans l'axe sud-est/nord-ouest, il est au cœur d'un jardin dessiné par les architectes eux-mêmes où bleuets, coquelicots et graminées joyeuses contribuent à l'ambiance plaisante des lieux.

### Une matérialité urbaine

« Dans l'implantation des bâtiments, nous avons cherché à optimiser l'ensoleillement en profitant de l'espace dégagé au sud-ouest », poursuit l'architecte. En préservant les transparences entre les rues en écho à la typologie des passages parisiens sous verrière, les zones *non aedificandi* ont suscité le dessin d'un plan masse en lanières.

Dans ce contexte, la matérialité du béton permet de façonner un univers très urbain à proximité de la mairie de Courbevoie, de la Seine et de la Défense en reliant les deux cours par une rue intérieure sur cinq niveaux desservant trois corps de bâtiment. Ils s'entremêlent en se répartissant les éléments du programme : salle polyvalente, gymnase, bibliothèque, salles de classe et salles d'enseignement, restaurant et foyer des élèves. Longeant la rue Victor Hugo, les 11 logements de fonction bénéficient d'un accès autonome qui les rend indépendants du reste de l'établissement.

**Maître d'ouvrage** : région Île-de-France, SAERP mandataire – **Maître d'œuvre** : Epicuria architectes, architecte mandataire ; AAM, architecte associé – **BET HQE® MOE** : Betem – **Entreprise générale** : Eiffage Construction – **Préfabricant** : Cibetec – **Surfaces** : lycée : 12 030 m<sup>2</sup> SDP ; logements de fonction : 1 244 m<sup>2</sup> SDP – **Coût** : 30,65 M€ HT – **Programme** : lycée international de 1 480 élèves, intégrant une demi-pension de 1 280 couverts, un amphithéâtre de 180 places, un foyer des élèves, un centre de documentation, 11 logements de fonction.



A \_\_\_\_  
 La façade principale, avec ses touches horizontales de béton matricé et l'échappée vers le rue intérieure.

B \_\_\_\_  
 Inséré dans la ville, le lycée est aussi un univers urbain à part entière où la cour est conçue comme une place publique.

•••

Ces trois ailes s'articulent autour du grand espace à vivre bioclimatique formé par cette rue sous verrière, ventilé naturellement et non chauffé. Habité en son centre par la tour de circulation de l'escalier d'honneur aimablement monumentalisé pour renforcer l'idée d'urbanité, un grand atrium en marque l'extrémité. Baignés par les couleurs du quartier, ces espaces offrent à l'édifice un centre nerveux qui s'anime lors des interclasses, dans une ambiance limpide où volées d'escaliers, passerelles, coursives et transparences donnent le ton. Dans ce lieu d'échange, de rencontres et de déambulation, la lumière naturelle magnifie l'épiderme du béton sous les jeux d'ombres cinétiques projetées par le quadrillage de cellules photovoltaïques de la verrière sommitale. Essentielle pour les économies d'énergie, cette lumière contribue aussi largement au bien-être des usagers.

Desservis par les coursives donnant sur l'ampleur de la rue intérieure, tous les locaux d'enseignement bénéficient d'une double orientation sur cette rue et sur cour, ce qui leur apporte transparence et lumière. Beaucoup d'entre eux profitent également de prolongements extérieurs au contact des cours et des jardins environnants. Au rez-de-chaussée, le foyer des élèves se déploie dans un volume ovoïde. En étage, ce sont de beaux espaces longilignes qui caractérisent la salle des ensei-

gnants ou encore la bibliothèque qui, au premier étage, s'ouvre par de grandes baies sur un jardin public. Au sommet de l'édifice, les salles de sciences sont accompagnées d'une petite serre expérimentale que l'architecte a proposée pour les applications pratiques.

### Structure, préfabrication, épiderme et pérennité

Tant pour ses propriétés structurelles que pour ses qualités plastiques et esthétiques, le béton s'imposait véritablement pour cette opération. La structure poteaux/voiles coulés en place sur pieux profonds répond aux contraintes du plan de prévention du risque inondation dans un secteur où le plafond des parkings se devait d'atteindre plus de 2,50 m sous dalle afin de permettre l'accès à des dépanneuses.

Performante pour rationaliser le chantier, la préfabrication a permis de livrer l'édifice en 18 mois quand 24 sont généralement nécessaires pour un équipement de cette nature. Pour mener à bien sa mission, l'entreprise a préfabriqué quelque 1 400 éléments en béton blanc poli intégrant des agrégats de marbre de Grèce. Une grande diversité de pièces a été réalisée pour cette opération : panneaux de vêture grand format (6 x 5,4 m), voiles porteurs, nez de dalles, allèges, panneaux en « U », caissons en « L » inversé, balcons, prédalles,

casquettes en « L », garde-corps épais des coursives, bancs, etc. Côté nord-est, ces panneaux ondulent pour rythmer la façade et certains sont ponctués d'insertions matriçées en creux qui créent un effet de matière. Pour les éléments de grande taille atteignant pour certains 10 tonnes pour une vingtaine de mètres carrés, le polissage était une étape délicate nécessitant de les retourner et de les faire basculer. Dans la cage d'escalier centrale, les panneaux préfabriqués porteurs en béton lasurés intègrent un traitement graphique inspiré des œuvres aborigènes qui parfait leur fini. Au-delà de la très grande luminosité inhérente aux façades en béton poli blanc qui reflètent la lumière tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, la finition lisse du matériau le rend peu salissant, ce qui présente aussi l'avantage de réduire l'entretien. « *Trois passes de polissage ont permis d'obtenir un équilibre raisonnable entre le soin de la mise en œuvre et le coût* », précise l'architecte.

### L'inertie du béton

Les panneaux en béton poli des façades sont fixés aux voiles porteurs en béton coulé en place. L'isolant thermique est mis en œuvre entre les deux et une lame d'air de 2 cm le sépare des panneaux préfabriqués. L'édifice est ainsi entièrement isolé par l'extérieur. L'inertie qu'apporte le béton vaut d'ailleurs d'être soulignée. Elle est notamment précieuse dans la rue intérieure, où la ventilation naturelle est optimisée. Cette artère est en effet ventilée au 20° de sa surface et non pas uniquement au 200°, ce qui est le plus courant dans un équipement public. Par sa grande hauteur, elle crée un effet de tirage très appréciable. En été, la fraîcheur y règne ; l'hiver, elle conserve la chaleur grâce à l'inertie du béton.

Sur le plan environnemental, les dispositions techniques et la conception architecturale permettent à ce lycée d'atteindre des objectifs ambitieux, notamment en matière de consommation énergétique. Équipé d'une chaudière à gaz et d'un dispositif de cogénération, il a été conçu pour répondre aux certifications HQE® et BEPOS. ■



- Plan de rez-de-chaussée**
1. Hall d'entrée
  2. Atrium
  3. Salle polyvalente 200 places
  4. Salle à manger élèves
  5. Foyer, cafétéria
  6. Salles de permanence
  7. Salle de sport





C



D

C   
 Vue du lycée sur la rue de l'Industrie.

D   
 Détail d'un insert de béton matricé et de la signalétique incrustés dans le béton poli.



E



F



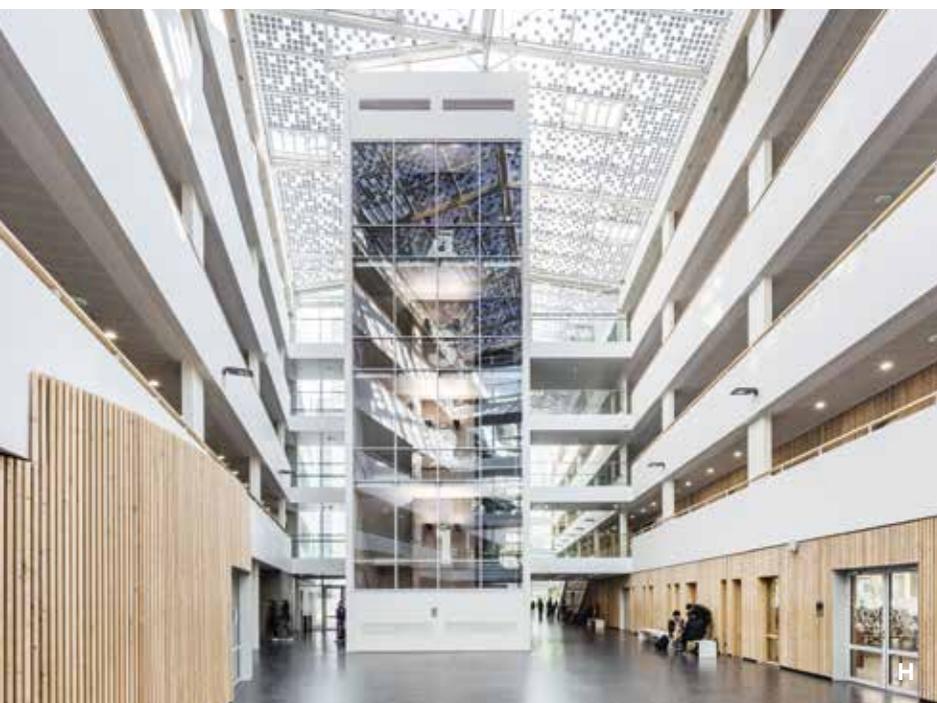
G

E   
 Le socle en béton matricé donne une assise au bâtiment.

F   
 Vue de la façade ouest.

G   
 Entrée vers la rue intérieure qui réunit les différents corps de bâtiment.

H   
 Les lignes en béton poli blanc des coursives et les parois revêtues d'un bardage bois thermo-acoustique participent à l'ambiance accueillante et chaleureuse de l'atrium.



H



I

I   
 Le béton poli blanc révèle les jeux de lumière dans cette rue intérieure de grande hauteur.

## NANTES

# 124 LOGEMENTS SOCIAUX ET EN ACCESSION

Au cœur d'anciens boisements et à deux pas des commerces et services, deux immeubles en béton brut concrétisent un pari audacieux : combiner espaces partagés et mixité sociale.

TEXTE : HERVÉ CIVIDINO – REPORTAGE PHOTOS : ANNICK BIENFAIT ; PHILIPPE RUALT

Créé sur les anciennes terres maraîchères, l'écoquartier de la Bottière-Chênaie organise une centralité mêlant habitat collectif, commerces et services, en reliant d'anciens quartiers de la périphérie nord-est de Nantes. La nouvelle urbanisation se développe vers le sud-est dans le prolongement du site de la Colinière par une alternance de grands bâtiments disséminés parmi les bois.

### Le thème du parc habité

À la suite de leurs travaux sur l'habitat périurbain, les architectes de FRES ont été retenus pour réaliser dans ce secteur un projet de 124 logements. Sur un site d'environ un hectare, ils ont conçu deux immeubles en tripodes au-dessus d'un parking semi-enterré.

Construits en béton brut, chacun d'eux regroupe trois plots à R+4, R+6 et R+8, reliés à chaque étage par de grandes terrasses collectives de 150 m<sup>2</sup> installées en balcon sur le paysage. D'une surface totale de 1 700 m<sup>2</sup>, ces plateformes distribuent les habitations par des



ascenseurs situés dans les bâtiments les plus élevés tout en offrant aux résidents de généreux lieux de partage.

Dans le respect des prescriptions mises en place sur la Zac par l'urbaniste Jean-Pierre Pranlas Descours et les paysagistes Bruel-Delmar, l'emprise totale du bâti préserve les deux tiers des différents boisements et prairies extensives occupant la parcelle. Entourée par un ancien mur maraîcher renforcé et mis

en valeur, la végétation présente est confortée par l'implantation d'enclos plantés de vivaces destinées à coloniser le milieu.

### Le thème du loft périurbain

D'une grande mixité, le programme de l'opération se compose de 30 logements sociaux (24 %), 50 logements en location-accession (40 %) et 44 logements en accession libre (36 %). Cette diversité se double d'une multiplicité de typologies (58 T2, 46 T3 et 20 T4), mais aussi d'une très grande variété d'appartements, tous dotés de larges baies vitrées et de loggias d'environ 6 m<sup>2</sup>. Ce ne sont ainsi pas moins de 22 dispositions différentes qui sont proposées à l'achat ou à la location, depuis l'organisation classique (séjour, cuisine fermée, chambres...) au loft totalement ouvert (simplement structuré par les pièces humides) en passant par des configurations intermédiaires (cuisine ouverte sur séjour, coin bureau ou coin repos dans la continuité, chambres...). Divisés par des séparatifs non porteurs de 200 mm, les plans d'étage sont dessinés sur une base carrée de 15,50 m en correspondance avec la trame des parkings. Leur pluralité s'exprime jusqu'en façade grâce à un dispositif qui permet selon les appartements d'inverser les cuisines, les salles de bains et les loggias, afin d'éviter les répétitions d'un étage à l'autre tout en respectant les impératifs d'alignement des gaines techniques et de la structure. En cas de reconversion des bâtiments, de multiples évolutions restent envisageables.

**Maître d'ouvrage** : CIF Coopérative – **Maître d'œuvre** : FRES/Laurent Gravier + Sara Martin Camara, architectes – **BET structure** : Batiserf SARL – **Entreprise gros œuvre** : Léon Grosse – **Paysagistes** : Phytolab – **Surface** : 7 723 m<sup>2</sup> SDP – **Coût** : 10 M€ HT y compris parking et aménagements extérieurs – **Programme** : 124 logements dont 30 logements sociaux, 50 logements en location-accession et 44 logements en accession libre, 124 places de stationnement en sous-sol semi-enterré, 6 600 m<sup>2</sup> d'aménagements extérieurs.



**A** \_\_\_  
 Les 124 logements sont groupés dans deux immeubles en tripodes implantés au-dessus d'un parking semi-enterré.

**B** \_\_\_  
 De grandes terrasses collectives relient et distribuent les plots.

...

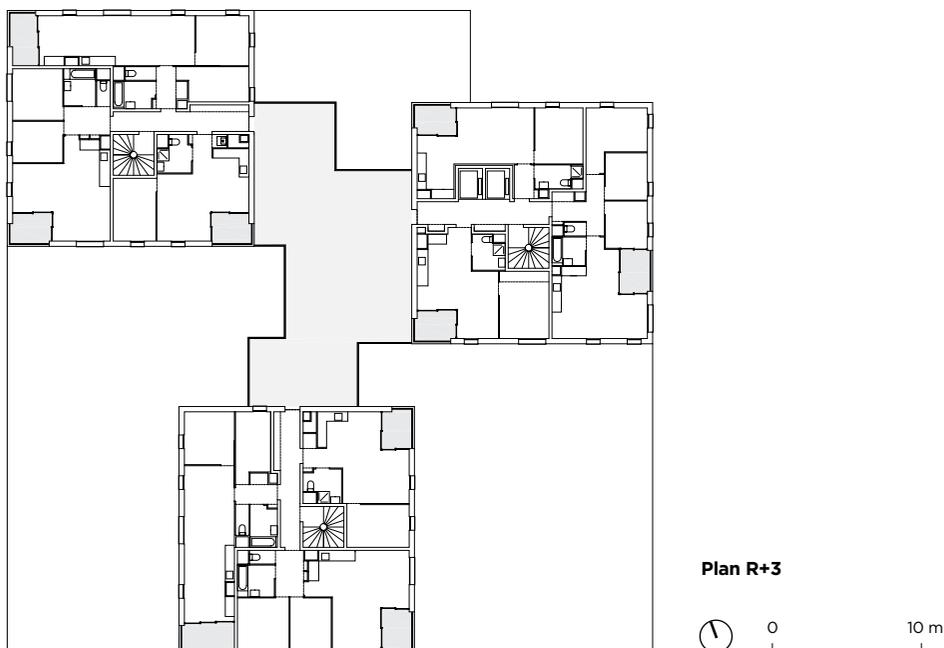
### Un béton brut autoplaçant, pérenne

Le contraste entre l'environnement naturel et la minéralité de l'architecture est affirmé par l'emploi du béton brut en façade. Cette option, qui n'était pas prédéfinie par les architectes, s'est imposée en cours de conception pour des raisons de pérennité et d'expression architecturale. Elle a été affinée lorsque l'entreprise retenue a proposé de livrer un béton blanc autoplaçant. L'aspect monolithique et unitaire des masses est ainsi renforcé par les qualités soyeuses de la matière. Basé sur un module de 90 cm de large et 270 cm de hauteur, le dessin de la façade conforte la rigueur architecturale du projet en combinant trois types de percements : la fenêtre simple sur allège vitrée de 90 cm de large, la baie vitrée double de 180 cm de large et la loggia de 270 cm de large. Afin d'obtenir une parfaite continuité géométrique entre les pleins et les vides de l'opération, une trame stricte de joints creux unifie les façades et les terrasses collectives. Des lignes intermédiaires, au droit desquelles sont dissimulées les reprises de bétonnage horizontales, prolongent ainsi les terrasses dont la hauteur des poutres de rive résulte d'un compromis entre les nécessités structurelles dues à la portée à franchir et la prise en compte du C+D imposé par la réglementation incendie pour les espaces d'habitation.

À l'image des menuiseries extérieures en aluminium anodisé naturel, tous les composants de façade autres que le béton blanc sont de teinte gris clair (garde-corps en acier galvanisé, enduits ITE et peinture des loggias...). Ainsi, comme l'ont voulu les architectes, « *les trois éléments qui composent la plateforme habitée, c'est-à-dire la dalle sur le parking, les bâtiments et les terrasses aériennes, s'expriment comme un ensemble unique* ».

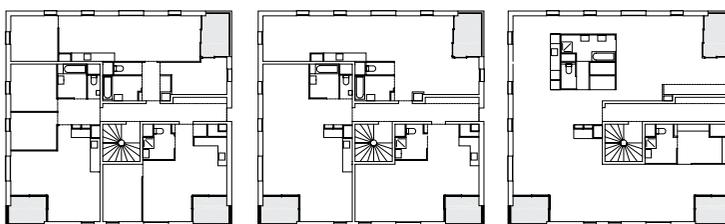
### Rigueur formelle, précision technique et efficacité budgétaire

Pour chaque plot, les planchers et les parties verticales de la structure (voiles, cages d'escalier et d'ascenseur) sont réalisés en béton gris coulé en place et les façades, toutes porteuses, sont en béton blanc. L'ensemble de la structure répond aux exigences de la réglementation parasismique applicables en zone de sismi-



cité 3 (niveau d'aléa modéré). Afin de préserver le béton brut en façade, l'isolation thermique est intérieure. Portés par des poutres à plat noyées de 25 cm, disposées tous les mètres, les planchers sont désolidarisés des élévations par un vide ménagé entre chaque élément porteur. Au total, 75 % de rupture horizontale sont cumulés sur la périphérie du bâtiment afin de répondre à la RT 2012. Un dispositif identique est réalisé au niveau des murs des loggias sur lesquels l'isolation est appliquée par l'extérieur. Élevés en parpaings, ces derniers sont isolés des façades par un vide vertical continu de 5 cm. Réalisée avec une enveloppe budgétaire réduite (1 380 € HT/m<sup>2</sup>), cette opération en béton blanc architectonique n'a été possible que grâce à la combinaison très en amont de choix concernant la rationalisation des formes architecturales. Plusieurs décisions techniques ont toutefois été arrêtées avec l'attributaire du lot gros œuvre sur les bases du travail réalisé avec le bureau d'études. Ce fut le cas pour la mise en œuvre des terrasses extérieures. La grue ne pouvant déplacer les poutres de structure, ces éléments de 10 m de longueur ont

été réalisés en trois parties distinctes : les deux extrémités, préfabriquées sur site, reposent sur des corbeaux intégrés dans les murs de façade sans saillies, tandis que les éléments centraux, coulés en place, assurent la continuité des ouvrages par clavetage. Coulé en place, les dalles ne sont pas étanchées mais dotées de formes de pentes permettant de diriger les eaux pluviales vers des caniveaux périphériques situés le long de chaque bâtiment qui les évacuent par des descentes. En rez-de-chaussée, une étanchéité, protégée par des dalles sur plots, évite toute infiltration dans les parkings. Les murs extérieurs de l'entresol ont eux aussi fait l'objet d'une mise en œuvre particulière puisqu'ils ont été coulés en une seule levée sur toute leur hauteur malgré la présence d'un bandeau horizontal totalement ajouré entre l'allège et l'imposte. Au final, l'ouvrage en béton brut s'élève parmi les boisements de chênes dans une forme puissante et dénudée que devraient progressivement s'approprier les résidents, en apportant mobilier et plantations sur les terrasses collectives pour en faire de véritables lieux d'échange et de lien social. ■



3 logements classiques

3 lofts périurbains

1 grand loft périurbain

Évolutivité  
d'un étage courant



C



D



E



F



G



H

**C** \_\_\_  
 Une trame de joints creux unifie les masses bâties en béton blanc auto plaçant.

**D** \_\_\_  
 Les façades combinent trois types de percements : la fenêtre simple, la double baie vitrée et la loggia en creux.

**E** \_\_\_  
 Les poutres de terrasses reposent sur des corbeaux intégrés dans les façades.

**F, G** \_\_\_  
 Dans les étages, les plateformes extérieures offrent près de 1 700 m<sup>2</sup> d'espaces collectifs à partager.

**H** \_\_\_  
 D'une grande variété typologique, les appartements sont dotés de loggias d'environ 6 m<sup>2</sup>.

## BRÉSIL

# TOURS D'ÉOLIENNES DE GRANDE HAUTEUR

L'entreprise Freyssinet a créé une gamme de tours d'éoliennes de grande hauteur en béton précontraint, constituées d'une superposition d'anneaux préfabriqués.

TEXTE : OLIVIER BAUMANN – REPORTAGE PHOTOS : LAURENT CHARTIER-FREYSSINET

C'est une tendance de fond. Selon les projections 2018 de l'Agence internationale de l'énergie\* (IAE), jusqu'à deux tiers de la production mondiale d'électricité pourrait provenir d'ici 2040 des énergies renouvelables, dont 20 à 25 % de l'énergie éolienne. Cette croissance programmée a déjà démarré. Elle s'accompagne d'une évolution typologique et technologique des éoliennes. Pour capter toujours davantage d'énergie du vent, dont l'intensité augmente avec l'altitude, les éoliennes terrestres gagnent ainsi chaque année en puissance et en hauteur. Les plus imposantes culminent aujourd'hui à près

de 160 m quand les nouveaux modèles de turbines annoncés affichent des puissances unitaires supérieures à 5 MW. Or en gagnant de la hauteur et de la puissance, les industriels repoussent les limites mécaniques des matériaux constitutifs des mâts des éoliennes. Au-delà de 120 m de haut, les tours en acier sont particulièrement sensibles à la fatigue et, n'étant pas fabriquées sur site, demandent des moyens logistiques de transport lourds. Très logiquement, la capacité des grues indispensables à leur montage augmente elle aussi, tout comme leur coût et la taille de l'emprise au sol nécessaire à la circulation des engins

### Chiffres clés

**Béton** : 600 m<sup>3</sup> pour une tour de 130 m de haut

**Armatures** : 110 à 120 kg par m<sup>3</sup> de béton

de chantier et des grues en particulier. Par ailleurs, plus la hauteur de levage est importante, plus les contraintes sécuritaires sont sévères : les opérations de levage à la grue doivent être stoppées dès que les vents dépassent les 10 à 12 m/s, ce qui est fréquemment le cas sur les sites éoliens.

## Une conception et un béton formulé pour éviter l'entrée en résonance de l'éolienne

Le béton des anneaux des tours est produit dans une usine de préfabrication foraine située au cœur de la ferme éolienne. Il est de classe de résistance C 60/75 et est armé avec une densité d'armatures comprise entre 110 à 120 kg/m<sup>3</sup>. Afin d'éviter des phénomènes de vibration, une fois la géométrie de la tour définie, le critère de dimensionnement du béton le plus important est son module d'élasticité.

« Nous devons absolument maintenir la fréquence propre de la tour en dehors des zones interdites définies par le fournisseur de turbines, pour ne pas entraîner une mise en résonance potentiellement très dommageable », justifie Jean-Daniel Lebon. Pour garantir un module d'élasticité constant, les exigences de qualité, tant sur le processus de sélection des composants du béton (granulats, ciment...) que sur la chaîne de production, sont très élevées.

Pour le projet de Trairi, le mode de production des anneaux incluait une phase de vibration du béton, « mais nous utiliserons du béton autoplaçant (BAP) pour nos prochains projets », confie Jean-Daniel Lebon.

### S'affranchir des contraintes de grande hauteur

C'est dans ce contexte, et dans l'objectif de faciliter la réalisation des éoliennes de grande hauteur, que l'entreprise Freyssinet (filiale de Vinci Construction) a développé une gamme de fûts d'éoliennes de grande hauteur en béton précontraint – commercialisée sous la marque Freyssiwind – dont le montage fait appel à un procédé compact – utilisant un outil nommé Eolift.

« Ces deux innovations complémentaires font d'un côté appel à la préfabrication sur site d'éléments en béton formulés à partir de matériaux locaux, et de l'autre à un mode constructif permettant de travailler au

\* <https://www.iea.org/weo/>

•••



•••

niveau du sol », synthétise Jean-Daniel Lebon, directeur Énergies renouvelables du groupe Freyssinet. « Nous pouvons ainsi nous affranchir des contraintes logistiques et des conditions de vent liées à l'utilisation d'une grue, le procédé restant opérationnel et sécurisé jusqu'à une vitesse maximale de vent de 20 m/s, soit 95 % des vitesses de vent généralement observées. Il ne connaît par ailleurs potentiellement aucune limite de poids ni de hauteur. »

### 36 éoliennes pour un projet géant au Brésil

Ces éoliennes d'un nouveau genre ont pu bénéficier en 2016 d'un premier chantier d'envergure au nord-est du Brésil. 36 tours (119 m de hauteur pour une puissance unitaire de 2,7 MW) ont ainsi été installées avec le procédé Eolift pour le projet de ferme pilote de Trairi, dans l'État du Ceara.

Chaque tour était constituée de la superposition de 32 segments d'anneaux en béton armé, préfabriqués dans un atelier forain situé au sein de la ferme d'éoliennes.

« Le principal enjeu de la préfabrication était de maintenir une qualité des anneaux constante », commente Jean-Daniel Lebon (voir encadré p. 14).

Une fois fabriqués selon la technique de la conjugaison, comme pour les voussoirs préfabriqués de ponts, les anneaux, d'un diamètre compris entre 4,5 m et 7,2 m (pour 3,9 m de hauteur et 25 à 40 cm d'épaisseur), étaient ensuite assemblés les uns aux autres par trois pour former des tronçons de 11,7 m de hauteur. Chaque tronçon était alors ripé sous l'outil Eolift, grâce auquel il était assemblé au tronçon supérieur initialement maintenu en position surélevée au centre de l'Eolift. « Sur le projet brésilien, nous avons utilisé une grue mobile notamment pour décharger les voussoirs du camion et pour monter la turbine sur les 25 premiers mètres de la tour. Grâce aux retours d'expériences que nous avons accumulés sur ce projet, nous avons depuis modifié le procédé et le phasage pour que nous puissions totalement nous passer de grue lors de cette étape »,

## Une tour d'éolienne construite... de la tête aux pieds !

Le montage depuis le sol de la tour d'éolienne s'effectue de manière non intuitive, la tête étant hissée avant les pieds ! Tout commence en effet par la pose de la turbine de l'éolienne sur la fondation en béton armé préalablement construite. ①

L'outil de levage Eolift, constitué d'un châssis de hissage solidement ancré à la fondation de l'éolienne, est alors installé autour de celle-ci et vient la soulever à l'aide d'un système de levage hydraulique. ②

Il va alors monter les sections de la tour en ordre inversé par rapport au montage à la grue : les éléments inférieurs, préassemblés par segments de trois anneaux de part et d'autre de l'outil, sont glissés sous les éléments supérieurs déjà assemblés et levés, puis l'ensemble est hissé. L'opération est répétée jusqu'à la hauteur finale. ③

L'outil Eolift est alors démonté de manière quasi automatique. ④

Les organes de connexion, les structures et les façades de l'Eolift sont repliés automatiquement avant que l'ensemble de l'outil soit transféré jusqu'à l'emplacement de montage suivant. Reste ensuite à installer les pales de l'éolienne.

commente Jean-Daniel Lebon. Désormais, seul le déchargement de la turbine sur la fondation nécessite une grue de faible capacité (voir encadré sur le phasage de montage, ci-dessus).

C'est l'outil Eolift qui se substitue à la grue. Pour cela, une petite potence pivotante a été intégrée à chaque demi-côté de l'Eolift. Elle permet notamment de décharger directement les voussoirs en béton des camions.

### Une structure renforcée par des câbles de précontrainte

Pendant les phases d'élévation de la tour, sa résistance provisoire est assurée par la connexion des éléments les uns aux autres par boulonnage au droit des joints. Mais une fois l'éolienne en service, « la structure est comme une grande quille soumise à des efforts importants, liés notamment au vent soufflant dans les pales. Le béton, même fortement armé, ne pourrait pas résister seul sur le long terme ». C'est pourquoi la structure de la tour est renforcée par des câbles de précontrainte, installés une fois la tour entièrement assemblée et connectée à la fondation.

Il s'agit d'une précontrainte extérieure verticale constituée d'un ensemble de câbles de

même longueur ancrés en pied dans la fondation de l'éolienne et en tête dans l'anneau supérieur, spécialement épaissi pour recevoir les ancrages.

Une fois tous les torons ancrés en partie haute, la mise en tension est réalisée toron par toron en partie basse, dans la fondation, à l'aide d'un vérin monotoron.

« Sur le projet brésilien, nous disposions de 16 câbles 13T15 par éolienne, mais nous avons depuis fait évoluer le design pour minimiser le nombre de câbles. » Les futurs projets comprendront ainsi 12 câbles 19T15 par éolienne.

### Et l'innovation continue pour Freyssinet

Suite à la construction des 36 éoliennes de la ferme pilote de Trairi, achevée début 2017, de nombreux projets sont à l'étude partout dans le monde, « mais uniquement sur des parcs de grande ampleur, affichant de 100 à 300 MW de puissance cumulée minimum », précise Jean-Daniel Lebon.

En attendant, l'entreprise Freyssinet bouillonne toujours de nouvelles idées. Après la tour construite sans grue, elle vient de déposer un nouveau brevet pour une méthodologie de pose de pales sans grue. ■

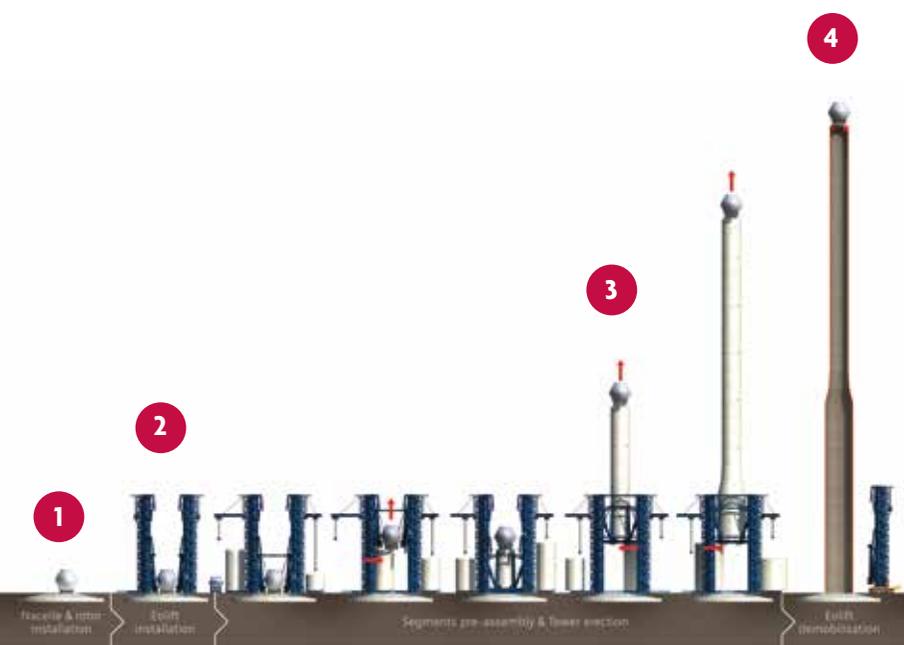


Schéma d'assemblage d'une éolienne

**Voir la description dans l'encadré.**

© Freyssinet



A \_\_\_\_

**La totalité des anneaux des éoliennes est préfabriquée au sein d'un atelier forain sur site.**

B \_\_\_\_

**Vue générale de la ferme pilote de Trairi, au nord-est du Brésil. Les 36 éoliennes, dont les tours culminent à 119 m, développent une puissance unitaire de 2,7 MW.**

## MARSEILLE

# TOUR « LA MARSEILLAISE »

Singulière par la grille en béton de sa façade, la tour la Marseillaise conçue par les Ateliers Jean Nouvel s'élance simplement pour rejoindre le ciel.

TEXTE : ÈVE JOUANNAIS – REPORTAGE PHOTOS : MICHÈLE CLAVEL ; WE ARE CONTENTS

Elle porte bien son nom avec ses nuances de bleu, blanc, rouge qui discrètement l'habillent sur toute sa hauteur, la Marseillaise. Sa silhouette s'élance à côté de sa grande sœur la tour CMA CGM qui la dépasse à peine, conçue par l'architecte Zaha Hadid. Elle fait partie d'un projet d'ensemble de quatre immeubles : le Balthazar, la Porte bleue, la tour la Marseillaise et H99, ces deux derniers étant des IGH (Immeuble de grande hauteur). Cette opération, associant des bureaux et du logement de standing ainsi que des services et des commerces, est portée par le promoteur Constructa qui en a confié le plan d'ensemble à l'architecte Yves Lion. Ce projet des quais d'Arenc s'inscrit dans le vaste programme d'aménagement urbain Euroméditerranée initié en 1995 par le maire de l'époque, Robert Vigouroux. Il occupe une

ancienne zone industrielle, un site compris entre deux bretelles d'autoroute en viaduc et le terminal portuaire des ferries qui assurent des liaisons à travers la Méditerranée. À proximité du parc habité d'Arenc, le quartier d'affaires prolonge la Joliette, les Docks, Euromed Center, le Silo et, un peu plus loin, rejoint l'ancienne jetée n° 4 où se trouve le musée des Civilisations de l'Europe et de la Méditerranée (Mucem).

### « Légère comme un dessin d'architecture inachevé »

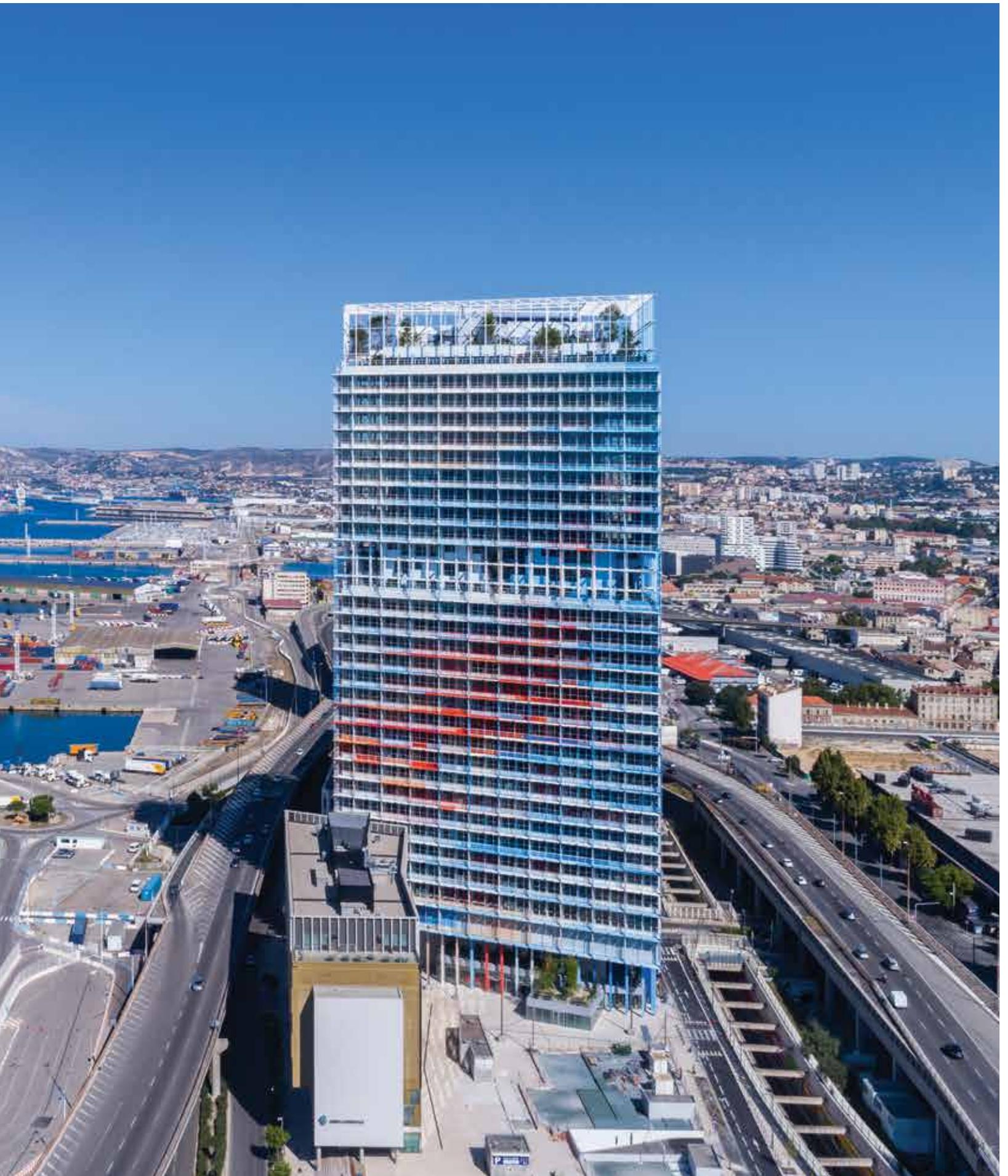
La Marseillaise marque le deuxième acte de ce projet de conversion des quais d'Arenc et est l'un des projets phares d'Euroméditerranée au sens propre, en tant que nouveau repère urbain, comme figuré, l'un des symboles du renouveau de la cité phocéenne.

La plus haute des trois IGH des Quais-d'Arenc, la Marseillaise, avec ses 31 niveaux sur une emprise en trapèze de 70 m de longueur, frappe par sa finesse et la manière dont elle rejoint le ciel : la trame de la façade se prolonge au-dessus du dernier niveau dans une version simplifiée qui encage, l'air de rien, la toiture plantée d'arbres dûment arrimés. À l'autre extrémité, son socle de 12 m de hauteur dégagés par les éléments verticaux de la structure périphérique renforce cette apparente légèreté. Se glissent en rez-de-chaussée et de plain-pied 5 boîtes réservées à des activités commerciales dont les toitures sont autant de terrasses végétalisées abritées.

« Les terrasses plantées que l'on retrouve à différents niveaux de la tour évoquent le paysage des calanques et de Marseille avec au sommet les pins accrochés sur la colline », raconte l'architecte Nathalie Sasso, l'une des chefs de projet. Ouvert, côté sud, sur un vaste parvis aménagé dans la continuité des espaces extérieurs, le hall d'accueil surbaissé contraste avec la grande hauteur préservée autour du noyau de circulations verticales et sanitaires créant une aspiration verticale impressionnante. L'importance et la qualité des pans de béton haute résistance du noyau rendent cet espace attractif. Le noyau a été coulé en place à l'aide d'un coffrage autogrimpant, qui a permis de réaliser un étage courant en 6 jours. Des locaux techniques et la cuisine du restaurant interentreprises (RIE) occupent le

---

**Maître d'ouvrage :** Constructa Urban system – **Mandataire du groupement de conception-réalisation :** Travaux du Midi Provence (Vinci Construction France) – **Maître d'œuvre :** Jean Nouvel – Ateliers Jean Nouvel ; Équipe architecturale : Didier Brault, directeur de studio ; Alain Gvozdenovic, Vincent Delfaud et Nathalie Sasso, chefs de projet ; Tangram Architectes, architectes d'exécution (lots architecturaux et paysage) – **BET structure :** AEDIS et SIDF – **BET façades :** Arcora – **BET fluides et QEB :** ALTO Ingénierie – **BET acoustique :** AVEL – **Ingénieurs Paysage :** Ingénieurs et paysages – **Entreprises générales :** Groupement Dumez Méditerranée (mandataire) ; GTM Sud ; Travaux du Midi ; Crudeli ; SNEF ; Kone – **Préfabricant des éléments de façades :** Méditerranée préfabrication – **Surfaces :** 37 574 m<sup>2</sup> SUBL, 46 767 m<sup>2</sup> SHOB – **Coût :** 113 M€ HT – **Programme :** tour de 135 m de hauteur sur 31 niveaux abritant un programme mixte composé de 35 000 m<sup>2</sup> de bureaux répartis sur 27 niveaux, un restaurant interentreprises, une crèche de 26 berceaux et 5 commerces situés en pied d'immeuble.



...

premier étage. Sur les deux suivants se déploie le RIE à déjà plus de 20 m au-dessus du sol et tourné vers la mer à l'ouest. Un escalier intérieur relie les deux niveaux, le niveau haut donnant en balcon sur le niveau inférieur. En partie en double hauteur, donc, cet espace baigné de lumière naturelle bénéficie d'une vue large et lointaine grâce aux vitrages clairs toute hauteur, accentuant encore l'effet de projection dans le paysage. Les brise-soleil en béton ajourés de la façade laissent ainsi filer le regard tout en créant une épaisseur atténuant la sensation éventuelle de vertige que donne à certains une grande transparence.

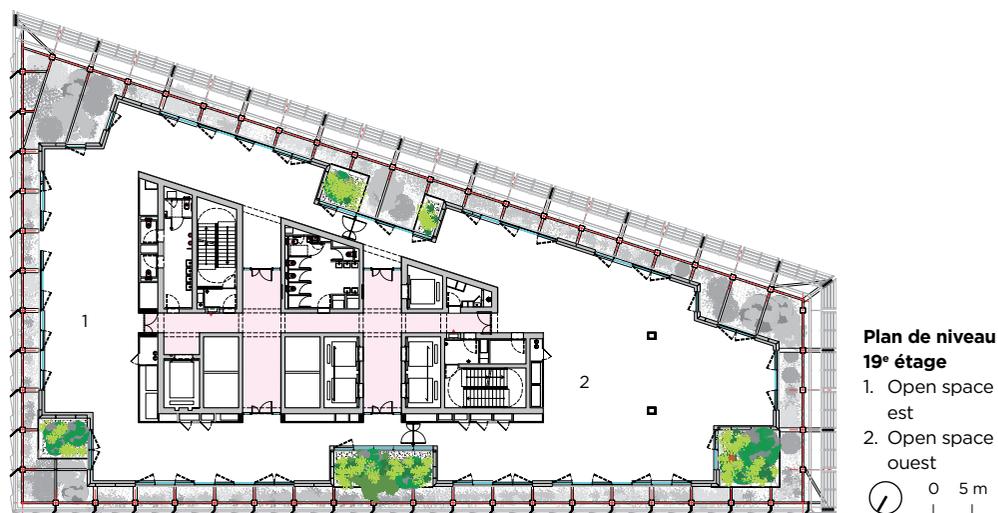
Le RIE partage le troisième étage avec la crèche qui profite de l'une des toitures-terrasses abritées. Au-dessus, les étages de bureaux, d'une superficie moyenne de 1 200 m<sup>2</sup> répartis autour du noyau central de circulation, sont occupés par différentes sociétés dont la métropole qui y a rassemblé ses différents services sur 12 étages. Une circulation centrale distribue chaque niveau.

### Une palette de textures

Dans toutes les parties communes et à tous les niveaux, le béton brut est laissé apparent. Les aspérités qui par endroits affleurent révèlent de la composition de la matière. Elles sont valorisées par un bouchardage, qui donne un rythme graphique. Des cabochons en verre sont insérés dans les trous laissés par les écarteurs de banche qui témoignent du processus de fabrication de la matière.



Détails des modules de façade nord et est (à gauche), sud et ouest (à droite).



Plan de niveau 19<sup>e</sup> étage

- 1. Open space est
- 2. Open space ouest



La minéralité de la ville et des paysages environnants se retrouve dans le traitement de la façade dont la perception varie en fonction de la distance et de la lumière. La grille qui enserre la tour et la singularise répond à une géométrie complexe et rigoureuse jouant avec une trentaine de teintes inspirées de celles caractéristiques de Marseille : les bleus de la mer et du ciel, les rouges des toitures de la ville, les blancs des nuages et des ciels de traine. Cette grille en béton fibré à ultra hautes performances (BFUP), composée de 3 818 éléments verticaux et horizontaux plus ou moins en saillie, assure l'étanchéité à l'air et à l'eau comme le C+D entre niveaux conformément à la réglementation incendie.

### « Une trame mathématique ponctuée de tirets d'ombres et de lumières »

La trame et les couleurs diffèrent suivant l'orientation de la façade qu'elles habillent. En façades sud et ouest, les allèges en forme d'équerre ou de « L » se prolongent en saillie

de 2 m de profondeur pour intégrer une coursive permettant d'assurer l'entretien. Des ailettes en BFUP assemblées à claire-voie étendent la coursive afin de parfaire sa fonction de brise-soleil. Des éléments verticaux ajourés, de 3,7 m de hauteur, complètent le dispositif au rythme d'un tous les 6 m. En façades est et nord, 40 cm d'épaisseur suffisent pour la partie horizontale. Les éléments verticaux pleins de ces façades s'accordent sur un pas resserré de 1,50 m.

Réalisés dans une usine à Marignane, tous les éléments en BFUP ont été peints de couleurs différentes en surface et sous-face dans un atelier installé dans le quartier voisin des Crottes avant d'être livrés sur le chantier au fil de son avancée, évitant le stockage sur place.

Fixé sur la structure primaire en acier du bâtiment par suspentes et vis decompression, l'ensemble du système a nécessité une appréciation technique d'expérimentation (Atex). Il contribue à la régulation thermique et lumineuse de la tour qui répond aux standards environnementaux les plus exigeants.

Très bien isolé, le bâtiment a recours à un système de climatisation innovant raccordé à une boucle d'eau de mer qui capte l'eau froide directement de la Méditerranée réduisant ainsi la consommation d'électricité nécessaire au rafraîchissement de la tour. Le choix de matériaux réutilisables et durables, de peintures pérennes, le renforcement de l'acoustique, un système de récupération de l'énergie, des panneaux solaires pour alimenter notamment le RIE participent de l'éco-conception de cette tour haute en couleur. ■



A



B

A \_\_  
Depuis la mer, la façade nord rougeoyante de la Marseillaise émerge à côté de la tour CMA CGM : symboles d'un renouveau économique annoncé.

B \_\_  
Façade est dont les nuances de bleu relie la terre, la mer et le ciel.

C \_\_  
Façade sud. Par leur prolongement sur les faux plafonds, les couleurs des brise-soleil estompent la limite entre intérieur et extérieur.

D \_\_  
Façade nord. Les menuiseries en aluminium qui encadrent le vitrage disparaissent dans l'allège en BFUP, accentuant l'effet de transparence.

E \_\_  
Tout en dentelle et couleurs, la grille en BFUP des façades sud et ouest semble particulièrement légère.



C



D



E

## VITRY-SUR-SEINE

# RECONSTRUCTION DE L'ÉCOLE MATERNELLE ÉVA SALMON

La nouvelle école Éva Salmon présente sur rue des façades habillées par une résille protectrice en béton blanc fibré à ultra hautes performances à la thématique végétale.

REPORTAGE PHOTOS : HERVÉ ABBADIE

La reconstruction de l'école maternelle Éva Salmon s'inscrit dans le renouvellement urbain du quartier du Port à l'Anglais engagé par la ville de Vitry-sur-Seine. Le chantier du nouvel édifice scolaire s'est effectué en site occupé. Implantée à l'angle des rues Charles Fourier et Pasteur, face à la halle Dumeste, un ancien bâtiment industriel remarquable, l'école bénéficie d'une situation stratégique dans ce quartier qui connaît un fort développement immobilier avec les projets de la Zac du Port à l'Anglais, du « Fulton dock » du port et de la Zac de Seine Gare Vitry.

### Un bâtiment protecteur et ludique

« Pour nous, l'enjeu majeur était ici de réussir l'intégration architecturale et paysagère de l'école dans ce quartier en pleine rénovation et d'affirmer de façon emblématique sa vocation d'équipement public dédié à la petite enfance », précisent les architectes. « À l'école maternelle, les enfants apprennent



par le jeu à s'exprimer et découvrent que l'apprentissage est dorénavant un horizon naturel de leur vie. Le projet architectural que nous avons imaginé intègre cette dimension pédagogique particulière en proposant un cadre à la fois ludique, convivial et protecteur. La géométrie des façades, comme celle des espaces intérieurs, fait la part belle aux courbes, composant un univers doux à l'échelle de l'enfant. Une résille à la thématique végétale, composée d'éléments préfabriqués en béton blanc fibré à ultra hautes

performances (BFUP), habille et protège les façades donnant sur l'espace public. Elle joue également le rôle de brise-soleil pour la façade de la rue Charles Fourier orientée au sud. Cette résille est percée de baies vitrées teintées, qui font référence à l'imaginaire ludique des cabanes dans les bois. Ces ouvertures offrent des cadrages singuliers sur l'environnement qui positionnent l'enfant en observateur privilégié de la ville. »

### À l'alignement sur les rues

L'école regroupe 14 classes maternelles divisées en deux unités pédagogiques de 7 classes et un centre de loisirs autonome. Le plan de l'édifice forme une équerre dont le grand côté à R+1 vient à l'alignement sur la rue Charles Fourier, tandis que son petit côté se retourne sur la rue Pasteur et se termine à R+2. À l'est du site, l'école s'ouvre sur le futur mail. L'aménagement paysagé des cours de récréation prolonge l'animation végétale de celui-ci tout en protégeant l'espace de jeu des enfants. La résille se soulève au rez-de-chaussée pour inviter à pénétrer dans l'école ou pour accompagner le retournement sur le futur mail piéton. Le parvis d'accès s'organise sous l'encorbellement du 1<sup>er</sup> étage. Il conduit en douceur aux deux halls d'entrée, séparés par la loge du gardien, qui mettent en scène des transparences vers les espaces remarquables de l'école maternelle et ses cours de récréation. ■

**Maître d'ouvrage** : ville de Vitry-sur-Seine – **Maître d'œuvre** : Daquin Ferrière & Associés, architecte – **BET TCE** : EPDC – **BET HQE** : IETI – **Entreprise générale** : Urbaine de Travaux – **Préfabricant résille BFUP** : Via-Pontis – **Surface** : 4 300 m<sup>2</sup> SDP – **Coût** : 12,2 M€ HT – **Programme** : école maternelle : 14 salles d'activités, 4 salles de repos, 1 salle de motricité, 1 salle polyvalente, salles d'arts plastiques et de musique, bibliothèque ; centre de loisirs : 6 salles d'activités ; restauration : 2 salles au total 390 m<sup>2</sup>, 1 office de réchauffage pour 320 rationnaires ; cour, 2 000 m<sup>2</sup> ; 1 logement de gardien : 4 pièces.



A



B



C



D



E

A \_\_\_\_  
La résille blanche est percée de baies vitrées teintées, qui font référence à l'imaginaire ludique des cabanes dans les bois.

B \_\_\_\_  
Une résille à la thématique végétale, composée d'éléments préfabriqués en béton blanc fibré à ultra hautes performances (BFUP), habille et protège les façades sur rue.

C \_\_\_\_  
L'entrée de l'école s'organise sous l'encorbellement du 1<sup>er</sup> étage rue Charles Fourier.

D \_\_\_\_  
Vue de la salle de restauration.

E \_\_\_\_  
Les baies vitrées teintées offrent des cadrages singuliers sur l'environnement qui positionnent l'enfant en observateur privilégié de la ville.

## GIENS

# MAISON FAMILIALE DE VACANCES

Construite sur un site privilégié, cette maison de famille, à la fois rustique et sophistiquée, regarde vers la mer. Ses parements de béton brut l'intègrent harmonieusement au paysage.

TEXTE : SOLVEIG ORTH – REPORTAGE PHOTOS : STÉPHANE CHALMEAU

Tout d'abord, on voit la mer que l'on traverse, accompagné par la haie d'honneur multicolore des kitesurfers. Ensuite, il y a à nouveau la côte, trait vert foncé qui dissimule des criques sablonneuses au creux des rochers. Et puis, on découvre cette pente de - 20 % présentant 12 m de dénivelé scindés en 4 restanques de schiste qui découpent horizontalement un site escarpé qu'un passé horticole a généreusement paré de pins et de chênes verts. Nous sommes à l'extrémité de la fameuse plage de l'Almanarre sur la presqu'île de Giens. La situation est unique car c'est l'un des rares lieux où la vue sur la mer s'oriente au nord, vers la côte française, sans être sur une île. La situation admirable et étrange à la fois !

### Une maison de famille

La commande est simple, aussi simple que le site est merveilleux : construire une maison de famille, ouverte à la vue et à la nature pour « se fabriquer des souvenirs à l'eau de mer », comme le dit le commanditaire. L'histoire de la maison est d'abord celle de cet homme né dans le sud de la France et vivant à Paris.

Sportif et bon vivant, il ambitionne pour ses vieux jours une maison remplie du son de ses proches et de bonnes odeurs de cuisine. Un lieu d'héritage où s'entassent les petits trésors de chacun.

Cinq chambres sont envisagées pour accueillir cette grande famille. Deux d'entre elles constitueront un pavillon indépendant pour les amis. Enfin, de généreuses pièces de vie viendront fédérer l'ensemble en profitant de vues d'exception.

Comment répondre à ses souhaits ? Difficile gageure pour les architectes Stanislas Zakarian et Olivier Navelet de concilier une commande intime et une construction collective compte tenu des autorisations administratives drastiques régissant les constructions dans ce paysage protégé et bientôt Natura 2000 de la presqu'île de Giens.

Pour ce faire, il a été nécessaire de « convoquer l'essentiel », pour reprendre les termes des architectes, « éviter toute posture, rester simple et généreux et surtout placer les préoccupations du commanditaire au centre du projet. Nous avons cherché à associer ses aspirations aux espaces de vie méditerranéens, oscillant entre le dehors et le dedans

et gommant la limite au maximum ; convoquer la beauté brute de Sifnos (Cartier Bresson 1961) et l'effacement du domaine du Gaou Bénat (conçu par les architectes André Lefèvre et Jean Aubert). Il a fallu trouver le meilleur endroit où poser la maison sur le sol, la connecter aux éléments naturels. Nous avons recherché le frais dans ce site arboré et venté, en créant des espaces ombragés, protégés du vent, ouverts à la vue, mais aussi au soleil. »

### Habiter la place

Les architectes ont ainsi en premier lieu déterminé le cœur de la maison. Il est ici extérieur, compte tenu des conditions météorologiques favorables. C'est une place comme dans un village. Elle s'implante sur la plus haute des restanques pour dominer le site, articuler les espaces et provoquer les rencontres. Des pavés en calcaire au sol symbolisent la place de village méditerranéenne. Un large banc en béton et un olivier viennent l'agrémenter.

Autour de cette place, des volumes bas en béton s'étirent pour recréer des plateformes dans la pente. Le pavillon indépendant se matérialise en un cube implanté à l'ouest de la place, alors que la maison, à proprement parler, prend place de l'autre côté dans deux volumes rectangulaires. En continuité de la place s'organisent la cuisine et sa salle à manger, comme un niveau de référence. Jeux de pente, ces

**Maître d'ouvrage :** privé – **Maître d'œuvre :** Zakarian-Navelet architectes urbanistes – **Entreprise gros œuvre :** PiersoBat – **Surface :** 230 m<sup>2</sup> SDP – **Coût :** non communiqué – **Programme :** cuisine et salle à manger, salle de séjour, 3 chambres, 2 salles de bains, 1 pavillon d'amis, 1 bassin de nage, 1 terrain de boules.



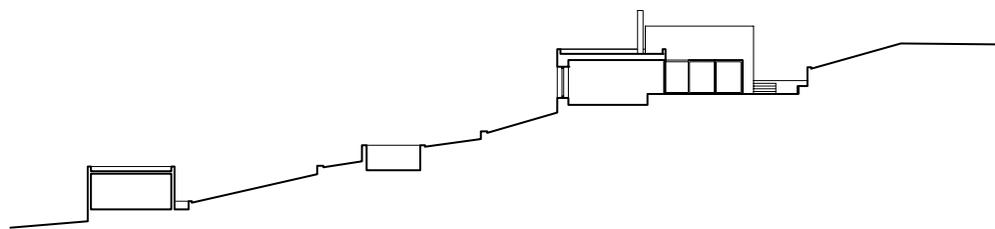
**A** \_\_\_  
 Située sur la plus haute des restanques, la maison s'organise autour d'une « place », un espace extérieur fédérateur, à l'ombre d'un olivier avec vue sur la mer.

**B** \_\_\_  
 Les différents volumes en béton à la planche composant la maison s'intègrent harmonieusement dans le grand paysage.

...

volumétries élémentaires se complexifient en introduisant trois demi-niveaux décalés de 80 cm. Ceux-ci s'étirent systématiquement de plain-pied vers l'extérieur, créant une grande variété de points de vue, conférant ainsi à chaque espace son caractère particulier. Chaque lieu s'oriente vers un point cardinal et un morceau de paysage, mer, pinède ou place, inventant sa propre relation au paysage, multipliant les situations et les « surfaces d'échanges » avec l'extérieur. Multiple et généreuse, la maison profite ainsi de tout ce que le site avait à offrir. Renforçant le lien entre l'intérieur et l'extérieur, chaque pièce de la maison ne peut s'envisager qu'avec son prolongement extérieur, comme si au-delà de l'architecture la maison devenait « aménagement paysager ». Héritage des architectes sans doute, car ils ont travaillé en Espagne, à Barcelone pour Stanislas Zakarian et à Séville pour Olivier Navelet, sur des problématiques d'aménagement urbain et paysager.

Les parois extérieures de la maison, tout comme les plafonds et les refends intérieurs, présentent des parements en béton brut de



Déclivité du terrain

décoffrage. Stanislas Zakarian considère le béton comme notre ressource territoriale et sociale, « il révèle la beauté propre du dessin naturel des matières premières. Dans ce projet, sa plasticité nous permet de décliner son emploi dans les trois dimensions. Il est à la fois mur, toiture, sol extérieur, banc et escalier. Nous avons joué avec ses différents aspects de surface : lisse, il est chaleureux et se transforme en assise. Balayé, il délimite les espaces extérieurs. Texturé, son toucher est rugueux et crée des aspérités. Son coffrage en planches horizontales de bois de 8 cm de largeur provient de la lecture horizontale du site ». L'entreprise de gros œuvre a construit ses coffrages en pin, à l'ancienne. Les planches présentent un profil identique de 8 cm de hauteur. Un soin particulier a été porté au calepinage de manière à agencer les bois selon une apparence aléatoire tout en assurant la présence d'une planche entière pour l'arase supérieure des volumes.

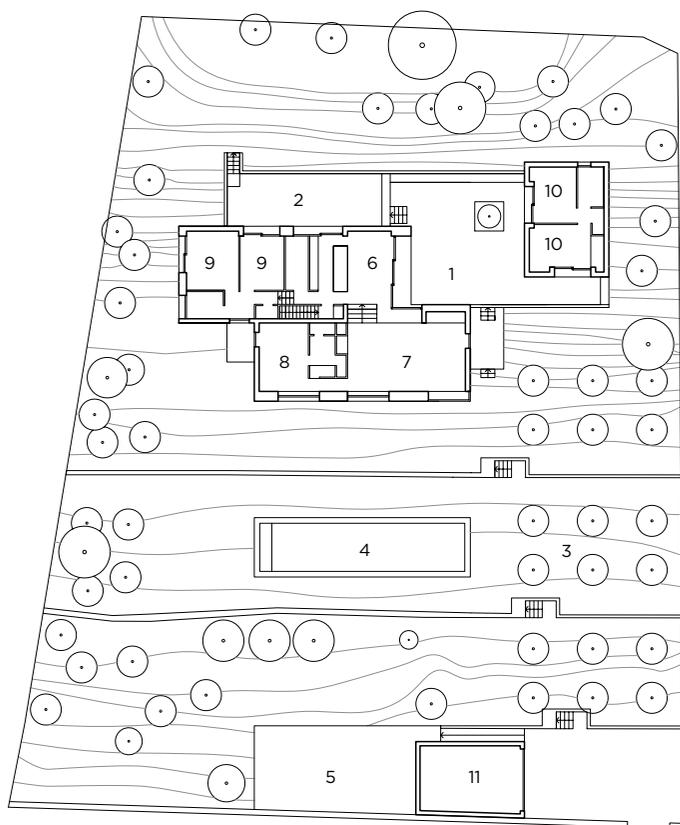
La prouesse de mise en œuvre réside dans la qualité d'exécution qui se retrouve tant sur les surfaces courantes que dans le traitement des détails. Plusieurs teintes de béton ont été testées auprès de la centrale afin de déterminer celle qui se marierait le mieux avec le paysage environnant, la plus claire a été finalement choisie. La maison est réalisée en béton autoplaçant, adapté au coffrage bois. Il est recouvert d'un hydrofuge qui le protège de l'agressivité des embruns. Au final, le béton n'a rien de froid, le dessin des planchettes crée une surface vibrante sous le soleil à laquelle le bois des baies apporte de la chaleur.

### Béton et confort d'été

Afin de renforcer la massivité, l'épaisseur du matériau est mobilisée. Elle se traduit à travers la profondeur des percements. Les parois vitrées se placent en retrait de 60 cm. Seule dérogation à cette règle, la baie fixe de l'angle nord, qui elle est posée au nu extérieur. Dérogation pour mieux faire comprendre le retrait des autres baies, l'épaisseur de la matière, l'ombre et la lumière.

Cette épaisseur garantit également un bon confort d'été, en s'associant à une orientation nord-sud et à une ventilation traversante. Il fait frais, l'été, comme dans les mas provençaux. La maison profite d'un plancher chauffant/rafraîchissant alimenté par une pompe à chaleur. Grâce à la bonne inertie du béton et à une conception bioclimatique en parfaite concordance avec le site, elle n'est que rarement allumée l'hiver et ne trouve aucune utilisation pour le confort d'été. Celui-ci étant simplement assuré par les bises judicieusement captées par l'ouverture des baies persiennées.

Une réalisation d'exception que vous pouvez également retrouver dans le livre *The Lying Forest* publié aux éditions Sometimes, qui évoque la sensibilité, la permanence et les aspérités du béton *via* les regards du photographe Stephen Dock et de l'écrivain Arnaud Maisetti. ■



Plan de rez-de-chaussée

1. Place
2. Terrain de pétanque
3. Champ d'oliviers
4. Bassin de nage
5. Potager
6. Cuisine, salle à manger
7. Séjour
8. Chambre parents
9. Chambres
10. Chambres d'amis
11. Pavillon d'entrée, garage





C



D



E



F



G

C \_\_\_\_  
 Les percements se placent en retrait du mur pour mettre en scène l'épaisseur du matériau et créer des jeux d'ombre et de lumière. Seule exception à la règle, la fenêtre d'angle implantée au nu extérieur pour créer une assise dans le salon.

D, E \_\_\_\_  
 L'écriture architecturale est sobre, du béton et du bois. Le dessin des planchettes crée une surface vibrante sous le soleil.

F \_\_\_\_  
 À l'intérieur, l'espace de vie est vaste et bénéficie d'un jeu de hauteur entre la salle à manger et le salon. Le béton est présent en sous-face de dalle pour créer un lien visuel entre l'intérieur et l'extérieur.

G \_\_\_\_  
 Le salon bénéficie d'une vue mer au nord pour profiter de ce panorama d'exception.

## VITRY-SUR-SEINE

# 262 LOGEMENTS POUR JEUNES ACTIFS ET ÉTUDIANTS

Les trois immeubles conçus par l'atelier Bethgnies-Leclair et l'agence Fourier-Tirard, construits sur un terrain très atypique, composent une amorce de front urbain.

TEXTE : NORBERT LAURENT – REPORTAGE PHOTOS : FLORENT MICHEL AGENCE TIH45 ; HERVÉ ABBADIE

L'ensemble de logements pour étudiants et jeunes actifs construit le long du site de maintenance et de remisage (SMR) de la ligne de tramway numéro 7 sur la rue des Pépinières à Vitry-sur-Seine annonce le développement urbain futur de ce quartier. Ainsi, à l'horizon de la rentrée 2021, l'écocampus du bâtiment sera réalisé en face de cette opération de logements, dans le cadre de la Zac qui se développe au sud du domaine Chérioux. Ce dernier, qui accueillait dans les années 1930 un orphelinat départemental au cœur d'un vaste parc, abrite aujourd'hui le collège et le lycée polyvalent Adolphe Chérioux, ainsi que deux départements de l'IUT de Créteil-Vitry. Avec la création de l'écocampus, la formation des jeunes et l'activité économique seront les caractéristiques principales du quartier à venir.

Lors de la création du site de maintenance et de remisage, la RATP a conservé une réserve foncière le long de son enceinte nord. Sur 500 m de long, cette dernière se présentait,



### Plan masse

- 1 - Résidence pour étudiants, Dominique Tirard architecte
- 2 - Résidence pour étudiants, Jean-Bernard Bethgnies architecte
- 3 - Résidence pour jeunes actifs, Stéphanie Leclair architecte

côté ville, sous la forme de cinq hauts murs de béton reliés entre eux par des parois vitrées. Chaque mur se retourne horizontalement, sur environ 5 m, vers le site de maintenance, constituant ainsi une équerre de béton destinée à porter partiellement une construction future. La bande de terrain naturel libre devant l'enceinte présente, quant à elle, une largeur de 6,5 m. C'est donc sur une partie

de ce terrain très atypique que RATP Habitat a lancé un concours d'architecture pour réaliser 262 logements destinés à des étudiants et des jeunes actifs.

### Variations sur un même thème

Lauréats de la consultation, l'atelier Bethgnies-Leclair (architectes mandataires) et l'agence Fourier-Tirard (architectes associés) proposent trois immeubles bâtis chacun sur une des équerres en béton et la bande de terrain en pleine terre de 6,5 m. Des petits jardins sont aménagés au niveau des parois vitrées, offrant des vues sur le site de maintenance. Ils créent un lien entre les corps de bâtiment et une respiration dans l'alignement des volumes sur la rue. Pour éviter de faire trois immeubles identiques, les architectes se répartissent les bâtiments pour développer un travail de variations dans un même cadre. Ils définissent en commun un gabarit urbain et quelques règles de composition. Ainsi, le rapport au sol de chaque édifice est traité sur deux niveaux (rez-de-chaussée, R+1) et en attique les lignes hautes des édifices respectent le même alignement. À cela s'ajoute le choix de deux matériaux principaux pour les façades sur l'ensemble de l'opération, afin de leur conserver une cohérence et une unité d'ensemble. Il s'agit du béton et de la brique dont la présence sur rue était souhaitée par la commune. Stéphanie Leclair prend en charge la conception de l'immeuble situé

**Maître d'ouvrage** : RATP Habitat – **Maître d'œuvre** : Atelier Bethgnies-Leclair, architectes mandataires ; Agence Fourier-Tirard, architectes associés – **BET TCE** : LGX Ingénierie – **BET acoustique** : Lasa – **Entreprise générale** : Eiffage Construction – **Préfabricant** : Eiffage Construction Côte d'Opale – **Surface** : 8 175 m<sup>2</sup> SDP – **Coût** : 13,8 M€ TTC – **Programme** : réalisation de 262 logements pour étudiants et jeunes actifs ; résidence pour étudiants (bâtiment 1) : 98 logements ; résidence pour étudiants (bâtiment 2) : 108 logements ; résidence pour jeunes actifs (bâtiment 3) : 52 logements.



A



B

A \_\_  
**Des panneaux en béton matricé façonnent le volume sud de la résidence pour étudiants conçue par Jean-Bernard Bethgnies.**

B \_\_  
**Vue sur la façade sud de la résidence pour jeunes actifs de l'architecte Stéphanie Leclair.**

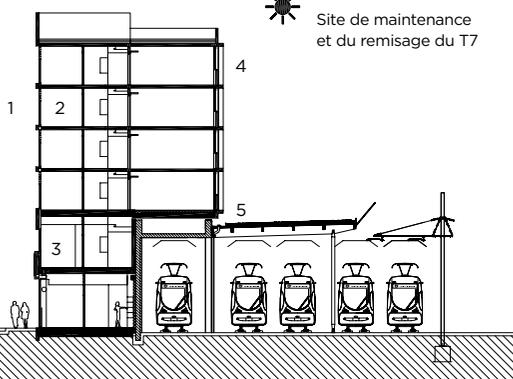
...

le plus à l'est, destiné aux jeunes actifs, tandis que Dominique Tirard et Jean-Bernard Bethgnies conçoivent chacun un des deux bâtiments de logements étudiants. « *Cela nous a permis de créer une écriture architecturale propre à chaque entité qui présente des façades particulières, des variations dans les rapports entre les pleins et les vides, ainsi que dans les tonalités claires ou sombres, pour moduler les effets de masse et de densité. Dans ce type de programme qui est assez répétitif, nous avons également développé différentes typologies de logements* », précisent les architectes.

### Habiter côté soleil ou côté parc

Les parties communes (garage à vélos, salle collective, laverie, bureaux de l'organisme gestionnaire, locaux techniques, etc.) sont répartis au rez-de-chaussée des 3 immeubles. En relation avec le hall d'entrée de chaque résidence, une circulation verticale d'usage (ascenseur et escalier) dessert aux étages un couloir central qui distribue de part et d'autre les logements. Ceux situés côté rue sont orientés au nord et bénéficient d'une très belle vue sur le parc Chérioux, tandis que les autres profitent d'un ensoleillement généreux et de la lumière du sud. Au premier étage des deux résidences étudiants, on ne trouve que des studios donnant sur la rue, du fait de la présence du mur de l'équerre en béton. Cette situation se reproduit aux R+1 et R+2, dans l'immeuble pour les jeunes actifs. Les studettes pour les étudiants ont toutes une superficie de 18 m<sup>2</sup>, tandis que pour les jeunes actifs trois surfaces sont proposées : 18 m<sup>2</sup>, 22 m<sup>2</sup> et 30 m<sup>2</sup>. « *Côté sud, les cellules d'habitation sont étroites et profondes, car elles bénéficient de beaucoup de lumière. Celles donnant sur le parc Chérioux sont plus larges et moins profondes car elles ne bénéficient pas du soleil et ont moins de lumière naturelle, par contre elles sont travaillées pour s'ouvrir sur le paysage* », commentent Stéphanie Leclair et Jean-Bernard Bethgnies. À partir de ce principe, chaque architecte conçoit ses logements. Il en résulte pour chaque type de cellules des variations sur les

Rue des Pépinières  
(côté parc Chérioux)



Site de maintenance  
et du remisage du T7

### Coupe de principe

1. Façade brique et béton matricé
2. Plancher béton
3. Complexe de désolidarisation de bâtiment par rapport à l'auvent
4. Façade béton préfabriqué et matricé
5. Plots en caoutchouc pour joint antivibratile

profondeurs, les largeurs, les agencements, l'espace habité, la géométrie et le dimensionnement des fenêtres... Dans les deux résidences pour les étudiants, des salles d'études sont aménagées à chaque étage.

### Partiellement posés sur une équerre en béton

La structure des bâtiments de type voiles/planchers est en béton armé coulé en place. Une partie de chacun est posée sur l'équerre en béton préexistante au moyen de plots en caoutchouc de 9 cm d'épaisseur. L'équerre est ainsi totalement désolidarisée du reste de la construction, ce qui permet de protéger totalement les logements des vibrations liées au déplacement des tramways ou à l'activité du site de maintenance et de remisage. Du fait de la configuration particulière du terrain, pour bâtir les façades sud, il était impossible d'avoir une installation de chantier et des échafaudages donnant sur l'emprise de la RATP. Les architectes ont fait le choix de mettre en œuvre des panneaux en béton préfabriqués. Deux grues installées entre les bâtiments, au niveau des futurs jardins, ont permis de porter chaque panneau à son emplacement définitif, où il est claveté à la structure. Les immeubles sont isolés par l'intérieur et des rupteurs de ponts thermiques sont mis en œuvre. Le plancher situé au-dessus de l'équerre est coulé en place. Un isolant thermique est placé entre la surface de la dalle et la chape rapportée. L'ensemble du programme est conforme à la RT 2012 et a obtenu la certification Habitat & Environnement. Le volume de la résidence pour jeunes actifs projetée par Stéphanie Leclair est ciselé par le dessin de lignes et de plans, noir, gris foncé ou blanc, réglés dans une géométrie orthogonale. Le plan noir en briquettes de la façade sur rue est ponctué par les fenêtres verticales.

Côté sud, le calepinage des panneaux en béton préfabriqué, à la texture bosselée recouverte d'une lasure gris foncé et scariée par les ouvertures verticales, rythme la façade. Sur le pignon ouest, l'équerre blanche en béton qui enveloppe l'escalier se cale sur la ligne supérieure du bâtiment voisin et fait ainsi le lien avec lui.

Ce deuxième immeuble abritant des logements pour étudiants est conçu par Jean-Bernard Bethgnies. Ses deux façades principales se caractérisent par la présence d'une grille en béton peinte en blanc. Chaque case de la grille correspond à un logement. Ici, des panneaux en béton matricé, dont la texture recouverte d'une lasure brune dessine le veinage de planches de bois assemblées, sont mis en œuvre pour l'enveloppe de l'édifice. Ils façonnent le volume au sud et, associés au parement en brique blanche vernissée, soulignent la présence de chaque logement sur rue. Le troisième immeuble est signé par Dominique Tirard. « *Nous avons travaillé le bâtiment comme un monolithe* », explique l'architecte. « *Nous avons mis l'accent sur les percements et les fenêtres qui sont soulignées par un encadrement métallique saillant. Sur rue, le volume habillé de briques brunes est creusé par une série de loggias alternées avec les salles communes. En ce qui concerne la façade sud, pour les panneaux en béton, nous avons retenu une texture peu marquée recouverte d'une lasure blanche. Cela met en valeur la géométrie des panneaux et des ouvertures dans la composition de cette façade.* »

Dans l'attente du développement urbain futur, ces trois immeubles composent une amorce de front urbain cohérent, où chacun joue de sa différence dans une partition commune. ■



C



D



E



F



G



H

C \_\_\_\_  
 La texture peu marquée recouverte d'une lasure blanche met en valeur la géométrie des panneaux et des ouvertures dans la composition de la façade sud de la résidence pour étudiants dessinée par Dominique Tirard.

D \_\_\_\_  
 Sur la rue de la Pépinière, les trois immeubles composent une amorce de front urbain. Au premier plan à droite, vue d'une équerre en béton sur laquelle sera partiellement construit un futur bâtiment.

E, F, G \_\_\_\_  
 Chaque bâtiment joue de sa différence dans une partition commune.

H \_\_\_\_  
 Vue depuis un jardin sur le pignon ouest de la résidence pour jeunes actifs.

## GUYANE

# LE NOUVEAU MASSIF DE LANCEMENT D'ARIANE 6

À Kourou, le chantier géant de Génie Civil du pas de tir du futur lanceur spatial européen touche à sa fin. Un ouvrage hors norme en béton armé qui doit supporter des sollicitations extrêmes.

TEXTE : OLIVIER BAUMANN – REPORTAGE PHOTOS : EIFFAGE ; EIFFAGE/SENTINEL ; © CNES/ESA/SENTINEL, 2018 ET 2019

Un peu plus de cinquante ans après son premier décollage à Kourou, la fusée Ariane va bientôt entamer sa sixième vie. Courant 2020, la version 6 du lanceur spatial, successeur d'Ariane 5, devrait en effet prendre son envol depuis le Centre spatial guyanais. Pour l'Agence spatiale européenne (ESA), qui veut se maintenir dans une compétition devenue mondiale avec l'arrivée de nouveaux concurrents, l'objectif est de diviser par deux les coûts de lancement.

### Un écrin géant en béton

À nouvelle fusée, nouvelle base de lancement. Baptisé ELA 4 (ensemble de lancement Ariane n° 4), ce complexe géant qui s'étend sur une surface de 170 ha, équivalente à celle de 240 terrains de football, comporte un ensemble de vingt ouvrages techniques, dont le bâtiment d'assemblage du lanceur et un portique mobile de 90 m de haut. Mais le cœur battant de la base est le massif de lancement. Cet écrin géant semi-enterré en béton armé (95 m de long et 60 m de large), sur lequel s'appuie la fusée pour décoller, est posé à 30 m

de profondeur dans une fosse creusée dans la roche granitique. Il dispose de deux carreaux : des tunnels inclinés de grandes dimensions (170 m de long au total pour 20 m de haut et 20 m de large) destinés à évacuer les gaz de propulsion brûlants émis par la fusée au moment du décollage. La conception et la réalisation de ces deux ouvrages, positionnés symétriquement de part et d'autre du pas de tir, ont été des étapes ardues pour le CNES, contractant principal du projet, ainsi que pour le groupement d'entreprises ECLAIR6 piloté par Eiffage Génie Civil, en charge de la construction de l'ensemble des infrastructures d'ELA 4.

Ces deux organes clés sont en effet soumis à des conditions extrêmes. Thermiques d'abord. À la sortie du lanceur, la température atteint 3 000 °C. Pour ne pas détériorer la structure, un « déluge d'eau » de 800 m<sup>3</sup> est libéré en quelques secondes par un château d'eau de 90 m de haut construit à proximité, ce qui permet d'abaisser la température rapidement. « Au final, le parement de béton n'est en réalité soumis "qu'à" une température de 1 000 °C

### Chiffres clés

**Volume béton** : 60 000 m<sup>3</sup>

**Quantité d'armatures** : 7 000 t

pendant deux secondes », décrit Frédéric Cuffel, directeur du projet ECLAIR6.

Outre cette onde de chaleur, les voiles des carreaux subissent également des sollicitations dynamiques importantes générées par l'onde acoustique. « Le lanceur au moment du décollage provoque une surpression acoustique qui, bien qu'également atténuée par le déluge d'eau, se propage dans la structure et la déforme en provoquant un phénomène de battements », précise Frédéric Cuffel. Le dimensionnement des voiles a ainsi dû être réalisé à partir d'un calcul dynamique spécifique, validé par deux contre-calculs.

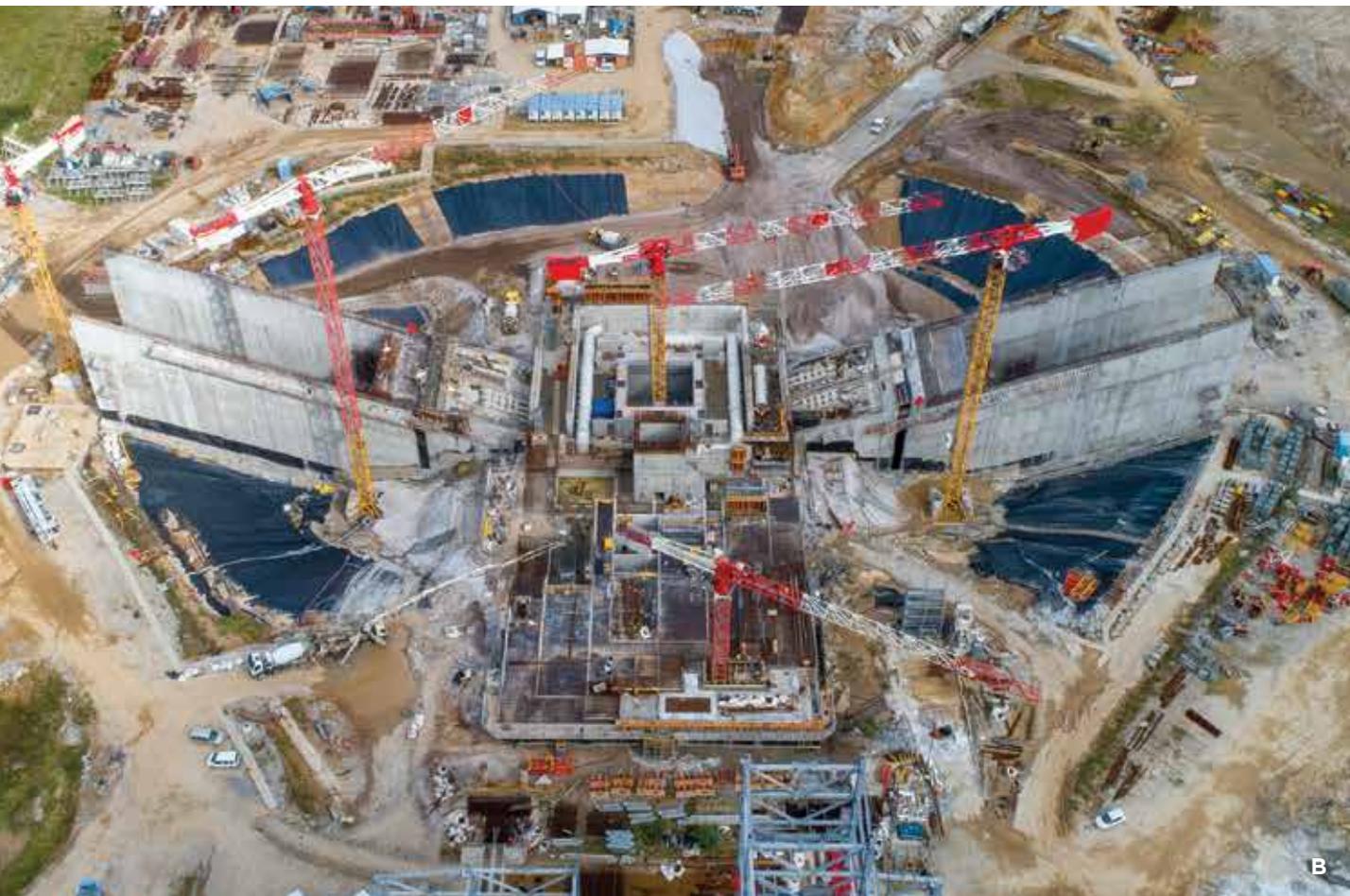
Pour ajouter encore aux contraintes, les voiles sont soumis à chaque décollage à l'abrasion des gaz d'échappement de la fusée chargés en particules d'alumine. Éjectés à 1 000 m/s des réacteurs, ils viennent désagréger le parement. « Sous l'effet de ces projections, le parement de béton s'érode de 5 mm à chaque tir », décrit Frédéric Cuffel. Une surépaisseur sacrificielle de 15 cm de béton légèrement armé est ainsi prévue sur les parties d'ouvrage exposées à ce « sablage » intensif. De quoi résister à trente tirs de fusée.

« Au-delà, il faut "recharger" le parement. »

**Maître d'ouvrage** : Agence spatiale européenne (ESA) – **Contractant principal** : Centre national d'études spatiales (CNES) – **Entreprises infrastructures** : groupement ECLAIR6, piloté par Eiffage Génie Civil (mandataire) et comprenant Eiffage Route, Clemessy (Eiffage Énergie Systèmes), SEH Engineering (Eiffage Métal), Eiffage Métal, Axima Belgique (Engie) et Icop – **Montant du contrat infrastructures** : 200 M€ sur 600 M€.



A



B

A —  
L'ensemble de lancement s'étend sur une surface de 170 ha et comprend vingt ouvrages techniques.

B —  
Le massif de lancement est le cœur battant d'ELA 4. C'est sur cet ouvrage semi-enterré en béton armé que s'appuiera le lanceur pour décoller.

## Un béton sous haute agression chimique et thermique !

Soumis pendant une courte durée à une température de 1 000 °C, sollicités dynamiquement, érodés par des particules d'alumine éjectées à haute vitesse par le lanceur et exposés à des eaux très acides (l'eau du déluge est récupérée à pH 1 dans les carnaux), les 30 000 m<sup>3</sup> (sur 60 000 m<sup>3</sup> au total) de béton des carnaux et du massif de lancement doivent résister à des conditions extrêmes. C'est pourquoi les quatre formulations structurales différentes ont pour base commune une bonne fermeture (faible porosité) et une bonne résistance. Approvisionnés depuis l'usine du cimentier ARGOS de Cayenne, les bétons possèdent une classe de résistance C40/50 et une classe d'exposition XA3, intégrant un ciment CEM I 42,5 N SR3 PM. Ils contiennent des fibres polypropylènes qui, en fondant sous l'effet de la chaleur des tirs, créent un réseau de microcavités dans le matériau, permettant à l'eau de s'évaporer sans y créer de fissuration. Vu les volumes et les cadences importants de production, les bétons ont été produits directement sur site dans une centrale *ad hoc*, puis convoyés par des camions malaxeurs (deux à demeure, et deux en appoint) sur le lieu de coulage avant d'être mis en œuvre à la benne ou à la pompe.

Le climat tropical de la Guyane a quant à lui nécessité des précautions particulières, non pas tant vis-à-vis de la chaleur que de l'humidité : « *Nous veillions à ce que le dosage en eau lors de la fabrication du béton ne soit pas impacté par les très fortes intempéries en saison des pluies, et nous couvrons les granulats pour en limiter les variations d'hygrométrie* », précise Frédéric Cuffel.

## Du BIM de haut niveau

Pour ce projet de très grande ampleur, le CNES, contractant principal, a souhaité mettre en place une méthodologie de synthèse dans l'espace basée sur le BIM. Dès la signature du contrat, en juillet 2016, le groupement d'entreprises ECLAIR6 a procédé au développement de l'ensemble des maquettes et sous-maquettes numériques (80 au total) par ouvrage et métier. « *Nous avons mis en place un système de double plateforme collaborative en utilisant la technologie SVN* », précise Frédéric Cuffel. « *La première était dédiée aux membres de notre groupement pour la mise au point des systèmes et sous-systèmes de notre contrat, la seconde nous liait au CNES qui, de son côté, pilotait la synthèse avec les maquettes des autres contrats du segment sol.* » Pour permettre ce fonctionnement, une charte et une convention BIM ont été mises en place, le CNES ayant exigé que les seuls formats d'échange autorisés soient les RVT (*Autodesk Revit*) et IFC (format libre). L'hébergement des maquettes et de leur historique a été réalisé sur *data center* de chaque côté. Les premiers plans d'exécution ont pu être livrés fin 2016, quelques mois après la signature du contrat. La 4D a également été utilisée pour prendre en compte la planification précise du chantier. « *Grâce à cette démarche BIM, nous avons dû nous poser les bonnes questions très en amont, ce qui, vu la complexité du projet, nous a probablement permis d'éviter de nombreuses corrections à apporter sur chantier* », conclut Frédéric Cuffel.

À noter que le projet a été finaliste des BIM d'or en 2018.

•••

Pour supporter de telles conditions, les carnaux disposent d'une résistance à toute épreuve : à leur forte épaisseur (jusqu'à 1,20 m) s'ajoutent une formulation de béton « adaptée » (*voir encadré*) et de fortes concentrations d'armatures (jusqu'à 400 kg d'acier par m<sup>3</sup> de béton), semblable à ce que l'on rencontre dans le domaine du nucléaire. « *Les contraintes dynamiques subies par la structure conjuguées à la géométrie de cette dernière conduisent à une répartition complexe du ferrailage* », précise Frédéric Cuffel. « *Leur agencement a dû en conséquence être modélisé et étudié en 3D.* » Côté chantier, la construction du massif de lancement, qui a mobilisé jusqu'à 450 collaborateurs au pic d'activité (dont 80 encadrants), figurait sur le chemin critique du projet. « *Nous disposions de 18 mois pour réaliser l'ensemble du Génie Civil* », expose Frédéric Cuffel. Un délai très serré, comprenant un phasage complexe que l'utilisation du BIM, intégré très tôt dans l'histoire du projet, a pu permettre de tenir, notamment grâce à l'utilisation de la « dimension temporelle » (phasage 4D) dans la maquette numérique (*voir encadré*). À l'instar de leur conception, la construction de chacune des quatre faces des carnaux a fait appel à des méthodologies spécifiques, adaptées à leur très forte pente (38 % par rapport à l'horizontal). Les radiers inclinés ont ainsi été coulés par l'intermédiaire d'un outil de coffrage sur mesure. D'une masse totale de 46 t, ce plateau coffrant couvrait une surface de 200 m<sup>2</sup>. « *Chaque radier était bétonné en dix phases de 7,7 m de longueur* », précise Frédéric Cuffel. Les voiles ont quant à eux été coulés via deux coffrages grimpants d'une masse unitaire de 25 t, permettant de réaliser des portions de voile de 5,8 m de hauteur et 12 m de longueur d'une seule traite. Enfin, les dalles supérieures des carnaux ont été réalisées grâce à deux tables coffrantes de 120 t à peau métallique, montées sur une structure tubulaire ripée sur rails.

Après avoir mis à disposition du maître d'ouvrage le massif de lancement en 2018, la totalité des infrastructures devrait être livrée à l'été 2019. Le premier tir d'Ariane 6 est quant à lui toujours prévu au cours de l'année 2020. ■



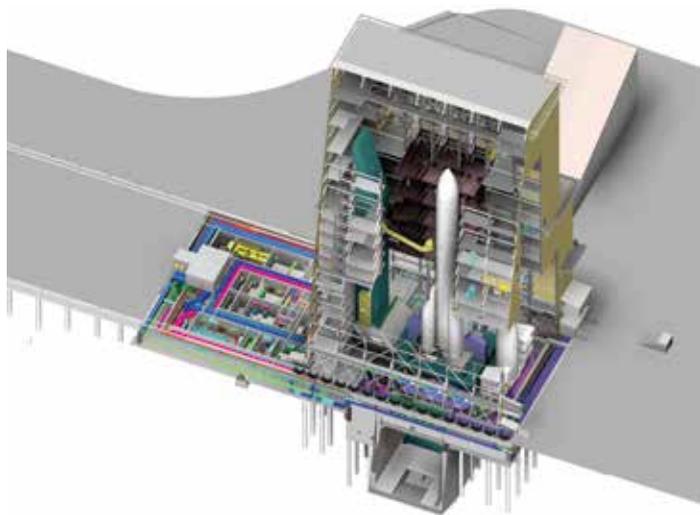
C



D



E



**C** — Les deux carnaux évacuent les gaz de propulsion émis lors du décollage.

**D** — Le coulage des quatre faces des carnaux a fait appel à des méthodes de coffrage spécifiques.

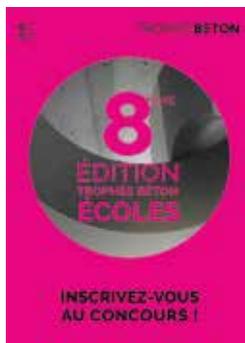
**E** — Le béton des carnaux est formulé pour pouvoir résister à des conditions extrêmes.

Maquette BIM de compilation

**Voir la description dans l'encadré sur le BIM.**

© CNES/Eiffage

## 8<sup>e</sup> édition Trophée béton **Écoles** inscription jusqu'au **30 septembre 2019**



### Concours ouvert à toutes les années d'études !

Trophée béton Écoles est doté de 4 prix :

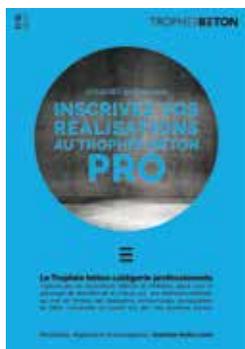
**3 prix pour le Trophée béton PFE :** les futurs architectes peuvent présenter leur projet de fin d'études utilisant le béton de façon judicieuse. Pourront s'y inscrire les étudiants ayant présenté leur PFE aux sessions de 2018 et 2019, dans toutes les écoles d'architecture en France.

**1 prix spécial Trophée béton Studio :** tous les étudiants en architecture en cours de cursus (licence 1, 2, 3 et master 1) durant l'année scolaire 2018-2019 peuvent participer en réinterprétant librement une œuvre emblématique de l'architecture en béton construite dans le monde au XX<sup>e</sup> ou au XXI<sup>e</sup> siècle. **La remise des prix aura lieu le 9 janvier 2020.**

Inscription, informations, règlement : [www.trophee-beton.com](http://www.trophee-beton.com) – Retrouvez Trophée béton sur



## Trophée béton **Pro**, remise des prix le **17 octobre 2019**



**Le Trophée béton catégorie Professionnels**, organisé par les associations Bétocib et CIMbéton, placé sous le patronage du ministère de la Culture, est une distinction biennale, qui met en lumière des réalisations architecturales remarquables en béton, construites en France lors des cinq dernières années.

Un jury de personnalités se réunira le **17 octobre 2019** pour une sélection incontestable. Les résultats seront valorisés par des parutions dans *Le Moniteur* distribué lors du Salon des maires, le hors-série annuel de la revue *AMC, Construction Moderne* de décembre, une mise en ligne sur la *Galerie d'architecture Web Trophée béton*, un relais sur tous les réseaux sociaux, un vote du Prix du Public sur

*Facebook*, une exposition à la Maison de l'architecture en Île-de-France.



## Les conférences béton de la Fondation **EFB**

La Fondation École française du béton (EFB) s'associe à des experts de la construction, comme par exemple des architectes ou des ingénieurs, afin de proposer aux étudiants et à leurs enseignants des conférences gratuites, en français, mais aussi en anglais, sur les grands enjeux d'aujourd'hui et de demain dans le monde de la construction et du béton.

Commandes sur : [www.efbeton.com](http://www.efbeton.com) ou à [conference@efbeton.com](mailto:conference@efbeton.com)

Catalogue sur : <https://www.efbeton.com/accueil/centre-ressources/demande-conference/>



## Construction Moderne : plus de services sur **infociments.fr**

La plateforme [infociments.fr](http://infociments.fr) met à disposition des lecteurs de *Construction Moderne* un ensemble de services. Tous les articles de

la revue sont désormais consultables directement sur le site, facilement accessibles grâce au moteur de recherche, susceptibles d'être partagés et stockés par les internautes. Pour profiter pleinement de ces services ou recevoir *Construction Moderne*, en version papier ou au format numérique, créez librement votre compte personnel sur [infociments.fr](http://infociments.fr).



**DU 4 AU 8 NOVEMBRE 2019**

**Parc des expositions Paris Nord Villepinte**

Batimat, le salon professionnel de la construction, est le lieu pour découvrir les innovations. Décideurs et professionnels s'y rencontrent pour choisir les solutions qui construisent les bâtiments d'aujourd'hui et de demain.

Pour cette édition, ByBÉTON propose un cycle de conférences autour des enjeux de la construction du futur.

Retours d'expériences et réponses aux questions environnementales seront apportés par les acteurs de la chaîne de valeur de la construction béton présents : architectes, ingénieurs, start-up, institutionnels, corps enseignant et entreprises.

Retrouvez ByBÉTON sur le hall 6, stand G108

Programme de conférences sur : [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr) ou [www.bybeton.fr](http://www.bybeton.fr), personnalisez votre programme.

Demandez votre badge sur : [www.batimat.com](http://www.batimat.com), avec le **code invitation BEX27016**.

## PUBLICATION CIMBÉTON



### LA PROTECTION DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL EN BÉTON PAR PEINTURE

Malgré ses performances intrinsèques, le béton demeure sensible aux agents

extérieurs. Une protection de sa surface par une peinture adéquate permet plus particulièrement de limiter les principaux risques que sont la carbonatation et la pénétration des chlorures, tout en apportant l'esthétisme de la couleur. Une maîtrise du choix du système de peinture et de son application est requise pour atteindre pleinement ces objectifs de performance.

Le *Fascicule 65*, relatif aux ouvrages de Génie Civil en béton dans les marchés publics, a intégré dans sa version de 2018 un chapitre dédié à la protection par peinture des bétons sur la base d'une approche performantielle. *Réf. SB 2019-1*



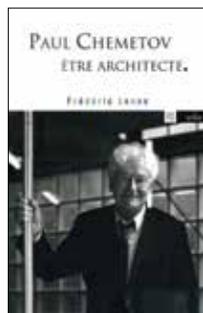
## VILLES ET ARCHITECTURES EN DÉBAT European

SOUS LA DIRECTION DE :

**CHRIS YOUNÈS ET ALAIN MAUGARD**

À l'occasion des trente ans d'European, le lecteur est convié, dans cet ouvrage, à un parcours à la fois rétrospectif et prospectif. Les 14 sessions présentées expriment les transformations significatives du champ architectural élargi aux dimensions urbaines, territoriales, paysagères et environnementales. Il s'agit d'explicitier en quoi et comment sont capturés les mouvements de fond qui traversent les sociétés, faisant d'European un laboratoire d'expérimentations partagées, qui tracent et anticipent les métamorphoses des villes européennes.

Collection Architectures  
Éditions Parenthèses



## PAUL CHEMETOV, ÊTRE ARCHITECTE Sept conversations FRÉDÉRIC LENNE

Être architecte, c'est avoir le souci de construire et de transmettre. Au travers de ces conversations avec Frédéric Lenne, Paul Chemetov aborde son rapport au temps et à la postérité ; ses engagements ; sa vision de l'évolution de la commande en architecture ; son intérêt pour la technique, le détournement et le réemploi des matériaux, comme des bâtiments. Frédéric Lenne dessine l'itinéraire non seulement professionnel, mais aussi intellectuel et moral d'un grand architecte, célèbre à la fois par sa production féconde et par ses prises de positions vigoureuses dans le débat public.

Collection Arléa-Poche  
Éditions Arléa



## CRÉER, C'EST SE SOUVENIR BERNARD PARIS

« *Créer, c'est se souvenir* », Bernard Paris a fait sienne cette phrase de Victor Hugo. Il fut en effet un pionnier de la reconstruction de la ville sur elle-même. Il a œuvré dans sa ville de Vienne à la reconversion de bâtiments anciens, ordinaires ou remarquables, au nom de leurs qualités constructives et comme mémoire de la ville. Il s'est également engagé pour la régénération des grands ensembles et est intervenu en tant qu'urbaniste dans des quartiers d'habitat social comme la Duchère, à Lyon, et en tant qu'architecte conseil de l'État dans le département du Nord.

*Les productions du Effa*



## DOMINIQUE COULON & ASSOCIÉS Architecture 1996-2019

Ce livre résume les principales réalisations de l'architecte Dominique Coulon depuis 1996, date à laquelle il s'est fait connaître avec le collègue Louis Pasteur à Strasbourg, avant de poursuivre avec des projets régulièrement remarquables et salués par la critique française et internationale. Les projets présentés dans cette publication révèlent différents programmes du domaine public. Des plans et des axonométries donnent les clés de ces bâtiments.

*TC Cuadernos n° 140*

## HOMMAGE



### Clothilde Laute Coutenceau

La rédaction de *Construction Moderne* est attristée par le décès de Clothilde Laute Coutenceau survenu le 9 avril 2019.

Titulaire d'une maîtrise de lettres modernes et d'un doctorat ès lettres de l'université de Paris IV – Sorbonne obtenu avec la mention Très bien, elle a exercé chez CIMbéton les fonctions de secrétaire de rédaction à partir de 2008 puis, dès 2010, de rédacteur en chef adjoint de la revue

*Construction Moderne*. Au cours de ces années, elle a apporté toute son expertise, son savoir-faire et son enthousiasme à la rédaction de la revue. Tous ceux qui l'ont connue gardent d'elle le souvenir d'une personne chaleureuse, de conviction, de contact, passionnée par l'écriture, la littérature et le monde de l'édition. CIMbéton et la rédaction de *Construction Moderne* s'associent au souvenir de Clothilde Laute Coutenceau et expriment toute leur sympathie à ses proches.



Maison individuelle à Giens  
Architecte : Zakarian-Navelet architectes urbanistes  
Photographe : Stéphane Chalmeau