

**CTB**

**LES CAHIERS  
TECHNIQUES  
DU BÂTIMENT**

**DOSSIER**

# L'INNOVATION SELON VOUS

**Paroles d'experts** p.65

**RÉGLEMENTATION**

**La loi Essoc  
en questions** p.12

**GRAND ANGLE**

**La Réunion, territoire  
d'expérimentation** p.22

**ENS SACLAY**

**Un chantier béton  
d'exception** p.52

JEAN-MARC WEILL DIRECTEUR ASSOCIÉ DE C&E INGÉNIERIE



© C & E Ingénierie

**C&E INGENIERIE**

Basé à Paris, ce bureau d'ingénierie structure et enveloppe a deux principaux domaines de recherche : le BFUP (béton fibré à ultra hautes performances) et le renforcement parasismique mené au côté de l'ingénieur Victor Davidovici (Dynamique Concept).

22 collaborateurs pour un chiffre d'affaires annuel d'environ 2 M€.

Propos recueillis par François Ploye

# “ DE L'IMAGINATION POUR SAVOIR S'ÉCARTER DE LA NORME ”

**CTB** Quelles ont été selon vous les innovations techniques récentes les plus marquantes en France ?

Nous assistons à une redistribution des cartes dans la profession, compte tenu de la problématique environnementale qui favorise une hybridation et une mixité des systèmes constructifs et des codes de calcul utilisés pour leur justification. À titre d'exemple, notre bureau d'études a réalisé une mission d'ingénierie pour une structure en bambou en Arles (13) ❶, ainsi qu'une mission d'ingénierie aux côtés de l'architecte Philippe Madec, à Cornebarrieu (31), qui comprenait la réalisation de murs porteurs en terre crue. Il faut aussi citer le développement remarquable ces dernières années de l'ossature bois. À cet égard, notre premier projet fortement innovant a été l'Aqualagon ❷, où le bois de la toiture est soumis à une très forte hygrométrie ambiante, avec des valeurs pouvant s'éloigner des limites données au sein des DTU. Avec l'aide du professeur Wolfgang Winter, ancien directeur du département bois de l'Université de Vienne (Autriche), nous avons évalué les risques de condensation en procédant à une ingénierie physico-réaliste au lieu de prendre la valeur forfaitaire moyenne du DTU. Cette approche a été soutenue par le CSTB ainsi que par le bureau de contrôle Socotec.

**CTB** À l'international, pouvez-vous citer des innovations constituant des

**sources d'inspiration ?**

Pour le bois, j'ai cité l'expertise de Wolfgang Winter avec lequel nous travaillons depuis de nombreuses années. Sinon, le bois est un matériau orthotrope (non isotrope) dont le comportement se révèle, finalement, plus complexe à justifier que l'acier. La recherche sur ces thèmes est plus ancienne dans les pays germaniques qu'en France, mais la filière française s'est très fortement organisée ces dernières années notamment autour d'AdivBois. À l'inverse, le savoir-faire français peut s'exporter. Ainsi aux côtés de Lafarge, nous sommes en train de créer une entité asiatique dédiée à l'ingénierie du béton de fibres en ciblant le marché chinois.

**CTB** Voyez-vous, à l'échelle hexagonale, des freins à l'innovation ?

Il existe des freins légitimes et nécessaires associés au cadre normatif et assurantiel. D'autre part, la pérennité d'une construction est une attente légitime et normale d'un maître d'ouvrage. Ces freins obligent à être inventif, à justifier, à démontrer, en étant capable de remettre en question les approches existantes. Ainsi pour l'usage structurel de la terre crue, nous avons posé une Atex en partenariat avec le CSTB et avec l'appui du bureau de contrôle BTP Consultants. De même, pour le bois de grande hauteur ou le BFUP, de l'imagination est nécessaire et demande parfois de s'écarter, en conscience, de la norme de construction tout en redoublant de précautions. ■

© Conception





**A.** Le chantier a nécessité trois mois de préparation et six semaines de montage à l'entreprise générale GTM Sud pour l'assemblage des 5 000 pièces.

**B.** Assemblages des éléments en bambou avec ceux en acier en deux temps, par écrous et tiges filetées, puis par des câbles tendus entre chaque cerce.

© C & E Ingénierie

## 1 BAMBOU

### Une structure inédite

Dans le cadre des rencontres photographiques d'Arles 2018, un pavillon d'exposition en bambou réalisé par l'architecte colombien Simon Velez a abrité les photos du moine Matthieu Ricard. Le bambou utilisé, du Guadua venu directement de Colombie, est un matériau très maniable, souple et résistant.

«*Tout était nouveau... l'utilisation d'une essence non référencée en Europe comme matériau de structure, le développement de modes d'assemblage*

*qui limitent le nombre de perçage, un mode de production entre la Colombie et la France. La ventilation naturelle, la régulation de la chaleur et de l'humidité sont obtenues grâce à la réalisation d'une couverture en roseaux sur charpente métallique*», détaille Jean-Marc Weill.

« Une étude de faisabilité et d'exécution inédite. »

Jean-Marc Weill

La mise en œuvre repose sur une succession de fermes et demi-fermes en bambou de Ø 120 mm. L'ensemble est maintenu par une série de cerces horizontales en tubes d'acier de Ø 114,3 mm.

«*Au cours des études, nous nous sommes heurtés au fait que le bambou n'est pas un matériau reconnu par la norme française pour ses qualités structurelles. Nous nous sommes documentés sur des exemples et sur les normes colombiennes de calcul afin de déterminer, en concertation avec Bureau Veritas, un cadre de justification qui soit acceptable au sens de la sécurité et de la solidité à garantir*», poursuit l'ingénieur. F.P.

## 2 AQUALAGON

### Une ossature bois sous forte hygrométrie

Réalisée en poteaux-poutres bois, la charpente du dôme de l'Aqualagon, à Bailly-Romainvilliers (77), soutient une couverture vitrée dans ses parties verticales et constituée de panneaux de bois CLT dans ses parties horizontales. D'une surface de plus de 6 000 m<sup>2</sup>, ces panneaux en CLT sont recouverts d'une étanchéité et d'un platelage bois. Ils forment un cheminement paysager permettant de se rendre jusqu'au sommet. La charpente ainsi que ces panneaux CLT en sous-face de la couverture sont soumis à une très forte hygrométrie du milieu intérieur qui s'éloigne fortement de la valeur moyenne considérée dans le DTU. Une Atex a été demandée par l'étancheur Étandex pour le complexe de toiture, et une étude hygrométrique a



© Lucie Bougry

« Nous avons pu déroger au DTU grâce aux calculs physico-réalistes. » Jean-Marc Weill

été menée par le bureau d'études C & E Ingénierie. L'enjeu était d'évaluer les risques de condensation et de développement fongique dans les panneaux en CLT. «*Sur les conseils de Wolfgang Winter et avec l'appui du CSTB, nous avons pu déroger au DTU en faisant des calculs physico-réalistes, dits "WUFI", de transferts couplés chaleur-humidité dans le complexe d'isolation de l'étanchéité de la toiture. Ces calculs ont montré que la toiture en CLT était protégée*», précise Jean-Marc Weill.

En outre, le comportement de l'ossature bois a dû être étudié en milieu humide pour s'assurer que les déformations de la couverture demeuraient compatibles avec les jeux de mise en œuvre des panneaux vitrés. F.P.