

# PAGEL<sup>®</sup> Mortiers et Bétons Spéciaux

## Nouvelle Gamme PAGEL<sup>®</sup> V2 Procédé CARBOREFIT<sup>®</sup>

14 mars 2024

Raoul Six

**PAGEL<sup>®</sup>**  
Spezial-Beton

# PAGEL® V2

## MORTIERS ET BÉTONS

- AUTOPLAÇANTS
- RETRAIT COMPENSÉ
- **PRISE RAPIDE**



# PAGEL® V2: UNE GAMME COMPLÈTE

Mortier **PAGEL V2/20**: granulométrie 0 à 2mm

Microbéton **PAGEL V2/50**: granulométrie 0 à 5mm

Béton **PAGEL V2/160**: granulométrie 0 à 16mm

# PAGEL® V2: OBJECTIF INITIAL

- › Résistance à la compression:
  - > 15MPa à 2h  
même par basse température
  - > 45MPa à 1jour



# PAGEL® V2: RÉSULTAT ATTEINT

Résistance à la compression\*:

> 30MPa à 2h

> 60MPa à 1jour

> 95MPa à 28jours

\* Résultat des contrôles fabrication



# INTÉRÊT

- › Eliminer les temps d'attente avant décoffrage
- › Par temps froid travailler la journée et être hors gel la nuit
- › Réduire le délai avant mise en charge
- › Dans le cas de travail en poste gagner 1 à 2 rotations d'équipes

# PAGEL® V2: AUTRES CARACTÉRISTIQUES

## Fluidité élevée

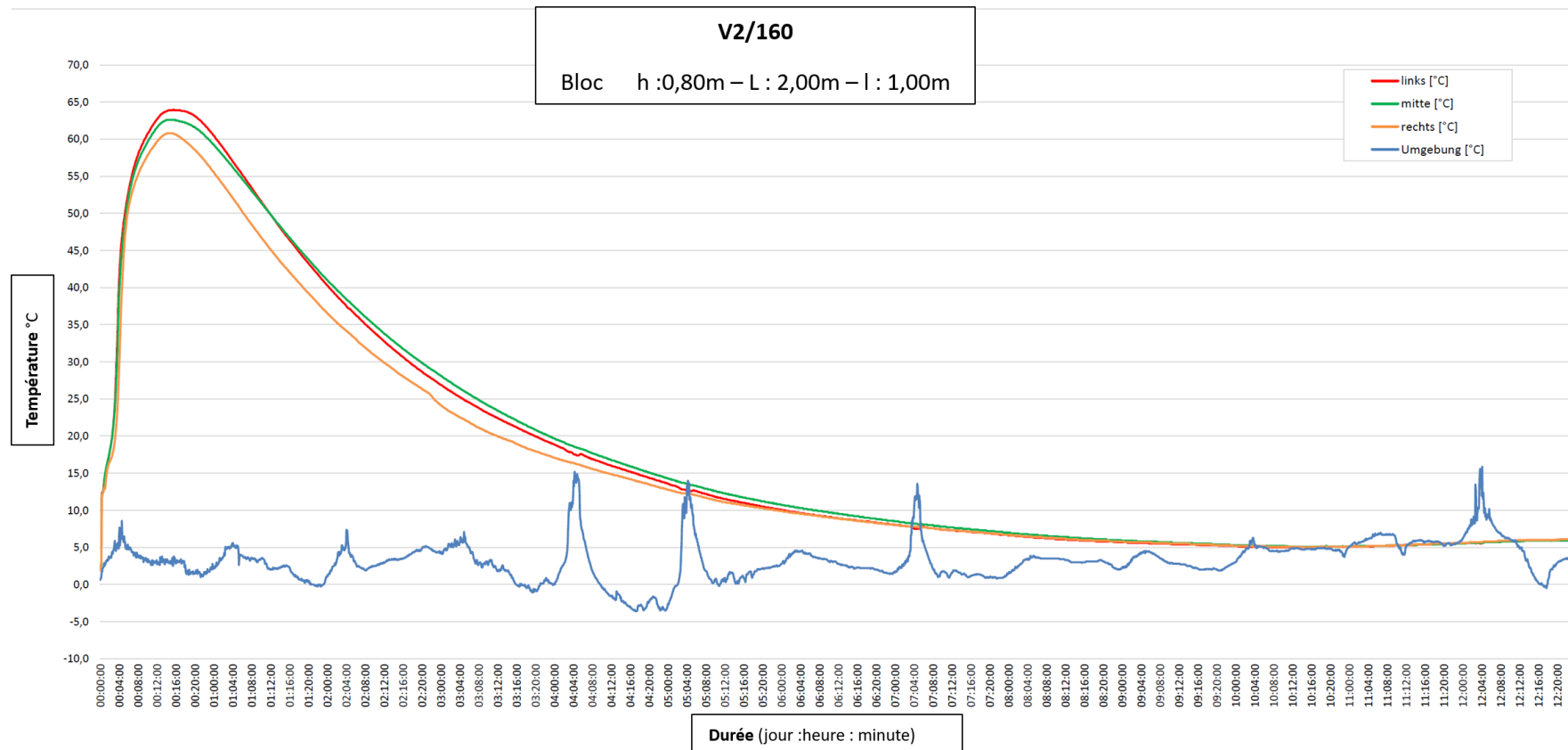
	Essai d'étalement[mm]
V2/20	≥650*
V2/50	≥ 700
V2/160	≥ 700

- > contrôle de l'étalement 5 minutes après mélange
- > essai suivant EN 12350-5 avec 3l de béton
  - \* V2/20 suivant EN 1015-3
- > + contrôle de l'absence de ségrégation



# AUTRES CARACTÉRISTIQUES

**Faible exothermie en phase de prise,  
même sur fortes épaisseurs**



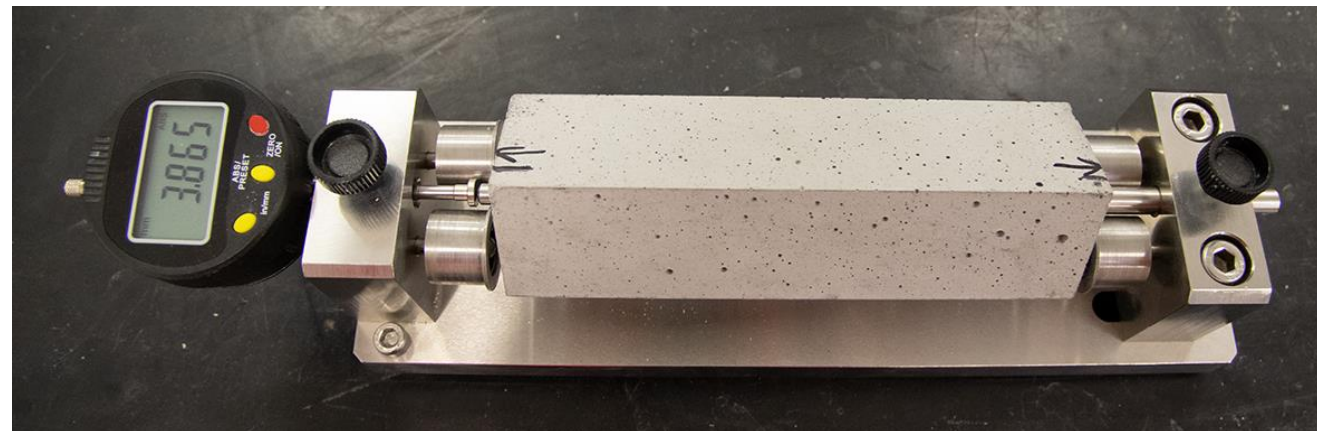


# AUTRES CARACTÉRISTIQUES

## Retrait hydraulique à 91j particulièrement faible

	Retrait à 91j
V2/20	$\leq 0,13 \text{ mm/ml}$
V2/50	$\leq 0,12 \text{ mm/ml}$
V2/160	$\leq 0,13 \text{ mm/ml}$

Béton standard:  
0,8mm/ml à 1mm/ml

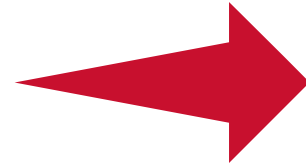


# CARACTÉRISTIQUES

- › Résistances élevées à jeune âge (et à 28j)
  - Humidité résiduelle <4% à 24h
- › Fluidité élevée
  - › Fluidité maintenue pendant 30'
- › Faible exothermie
- › Retrait compensé (→ contraction Le Chatelier)
- › Retrait hydraulique particulièrement faible
- › Très faible porosité
  - Excellente résistance à la pénétration des chlorures
  - Excellente résistance aux cycles gel/dégel et aux sels de déverglaçage
  - Imperméabilité aux huiles et hydrocarbures
- › Pompable, même pour le béton V2/160
- › Tenue au feu A1

# DOMAINES D'UTILISATION

- › Faible exothermie
- › Très faible retrait









Grande plage d'utilisation

	Epaisseurs conseillées
V2/20	6mm à 8cm
V2/50	2cm à 20cm
V2/160	8cm à 64cm

# DOMAINES D'UTILISATION



- › Scellements d'ancrage
- › Calage de machines, calages appareils d'appuis
- › Réparation de structures

	Scellement EN 1504-6	Calage P18 821	Réparation EN 1504-3
V2/20			
V2/50			 Classe R4
V2/160			 Classe R4

# PAGEL® V2/50

- › L'unique microbéton à prise rapide
  - › Certifié NF en calage
  - › Certifié NF en réparation (Classe R4)
  - › **Classe C70/85 -XC4, XD3, XS3, XF4, XA3**

# 4 Exemples

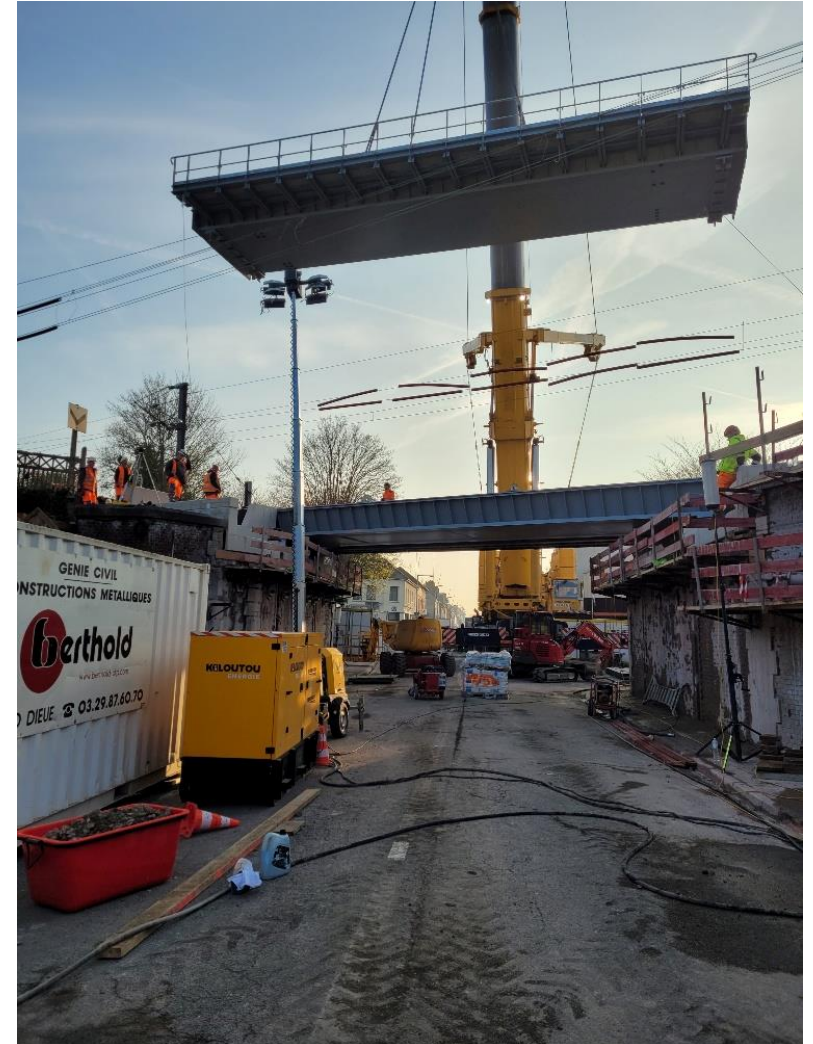
# Calage lors d'une Opération Coup-de-Point

Remplacement de pont-rail à Tergnier (02)

- OCP de 72h
- Calage des appuis sur le chemin critique



Mortier de calage à prise rapide



# Calage lors d'une OCP

Remplacement de pont-rail à Tergnier

➤ Espace disponible réduit



PAGEL V2/50  
Mise en place par pompage





# Calage ouvrage métallique

PRA AVESNELLES  
(59)

- Ouvrage métallique
- Portée: 85m
- 4 bossages d'appuis
- Pose en août



Risque de dilatation  
thermique de l'acier



# Calage ouvrage métallique

PRA AVESNELLES

Le + grand bossage:  
 $1,80\text{m} \times 1,80\text{m} \times 0,20\text{m} = 700\text{litres}$

Choix du  
PAGEL® V2/50



# Calage ouvrage métallique

PRA AVESNELLES

700 litres coulés en <30' → 2 pompes + 4 malaxeurs



# Clavage entre ancien et nouveau tablier

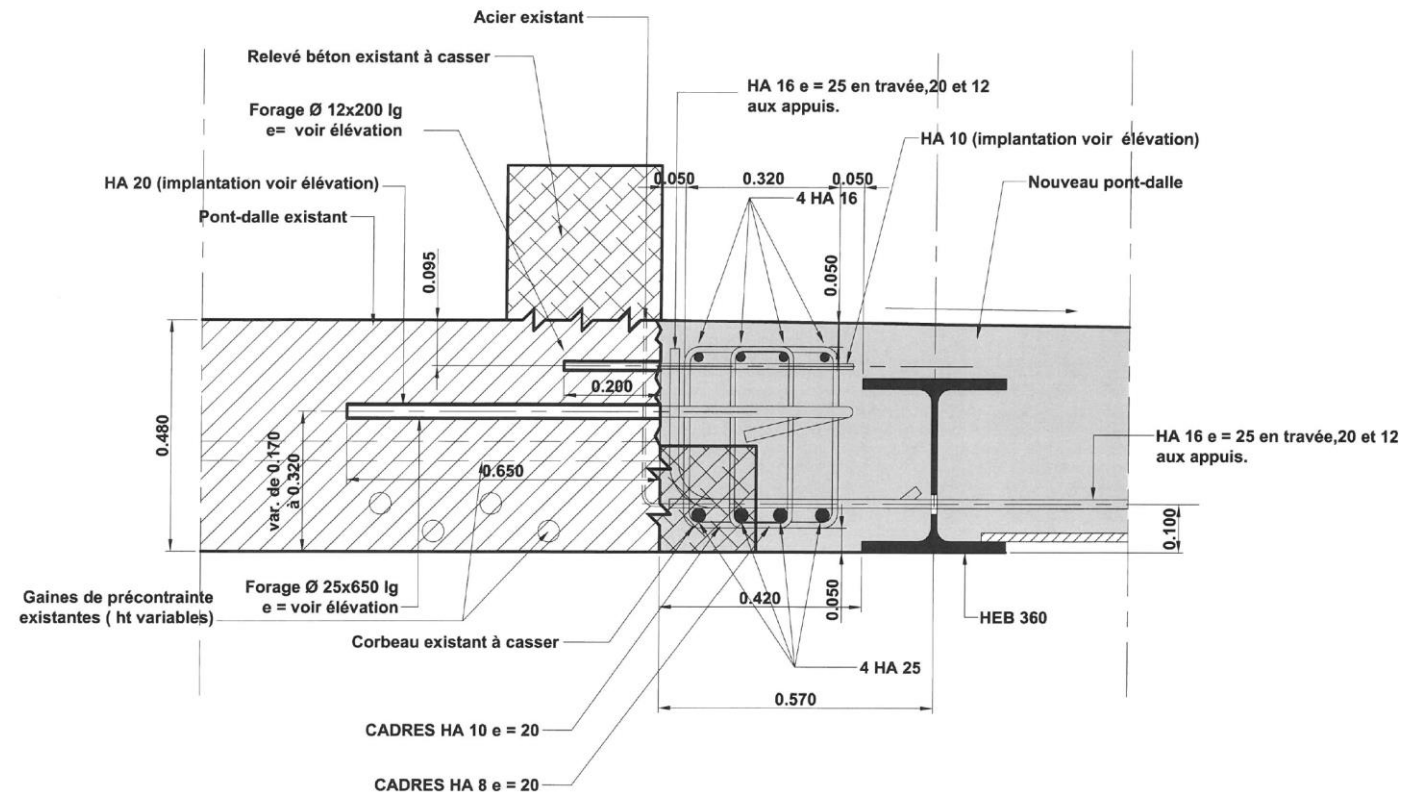
Carrefour  
Pompadour  
Créteil

- Clavage section 0,48mx0,57mx16m
- Travaux de nuit – circulation neutralisée



Choix du béton  
PAGEL® V2/160

COUPE TYPE SUR REPRISE DE  
BETONNAGE DU PONT-DALLE  
EXISTANT ET FUTUR COTE SUD



# Clavage entre ancien et nouveau tablier

Carrefour  
Pompadour  
Créteil

➤ Vérification de  
l'exothermie



Essai au Cerema du  
Bourget



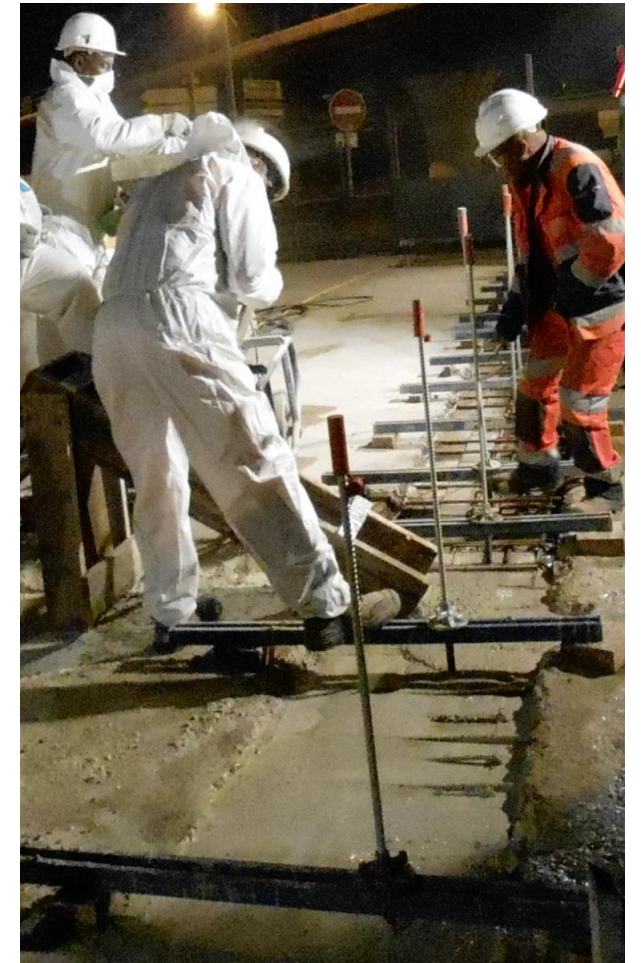
# Clavetage entre ancien et nouveau tablier

Carrefour  
Pompadour  
Créteil

➤ Validation du  
PAGEL® V2/160



2 Coulages de  
11 tonnes par nuit



# Obturation de trémie et by-pass

**STEP BONNEUIL-  
EN-FRANCE**

- Obturation de trémie et by-pass (3m x3m) avec remise en service en fin de nuit



**Choix du béton  
PAGEL® V2/160**



# Obturation de trémie et by-pass

STEP BONNEUIL-  
EN-FRANCE

➤ Accès difficile au milieu  
du site



Mise en place par  
pompage

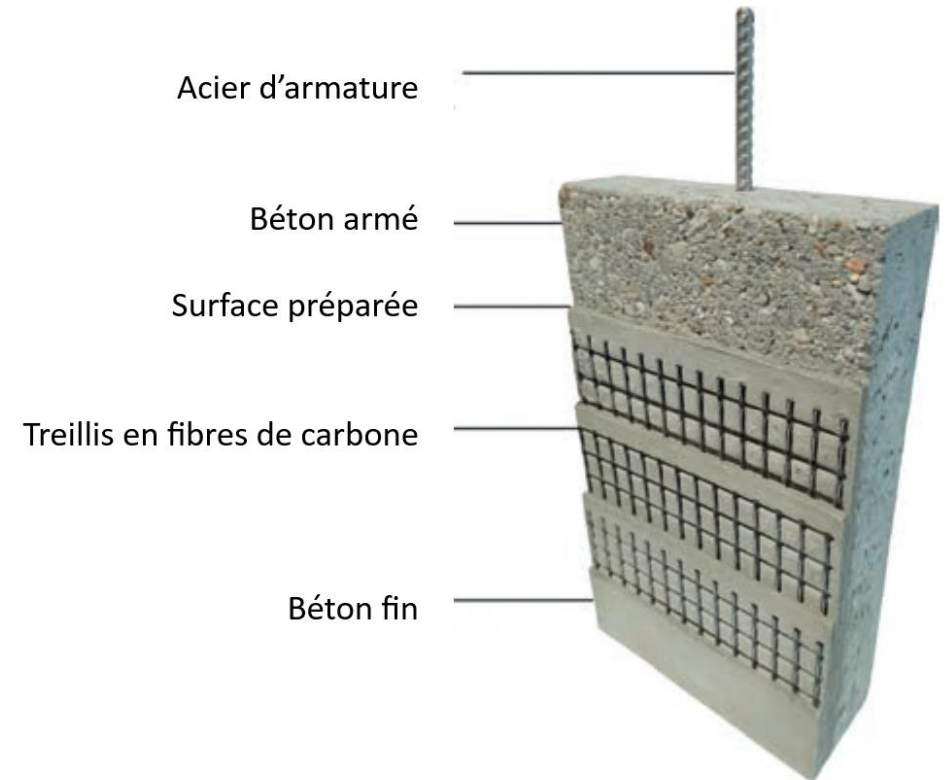




# Procédé

**CARBOrefit**<sup>®</sup>

Renforcement d'éléments de structure au moyen d'une **ou plusieurs grilles** bidirectionnelles noyées dans une matrice cimentaire



Principe de renforcement par béton carbone – Procédé Carborefit<sup>®</sup>

Procédé

CARBOrefit®

## Mise en oeuvre



Projection par voie humide + Marouflage

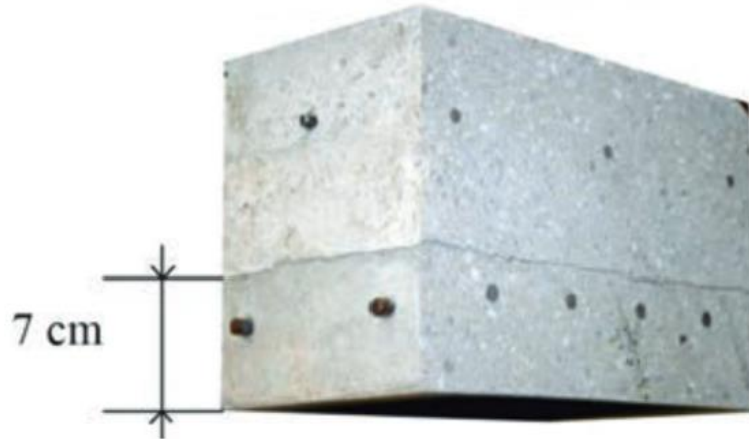


Laminage

Foto: CARBOCON GMBH

# Procédé

**CARBOrefit**<sup>®</sup>



**Figure 1a**      **Renforcement par béton projeté**



**Renforcement par béton carbone**

# Procédé

CARBOrefit®



- Reprise surfacique
- Tenue aux UV
- Tenue à la température (A1)
- Uniformité d'aspect ( mortier)
- Compatible eau potable
- Support humide

# Procédé

**CARBOrefit**<sup>®</sup>

## Historique

- › 1994: premières études
- › 2007: Premier projet réalisé
- › 2014: Premier Avis Technique (allemand)– Calculs suivant Eurocodes 2
- › 2022: Nouvel Avis Technique étendu (allemand)

**Allgemeine  
bauaufsichtliche  
Zulassung/  
Allgemeine  
Bauartgenehmigung**

**Nummer:**  
Z-31.10-182

**Antragsteller:**  
CARBOCON GMBH  
Mohorner Straße 13  
01159 Dresden

**Gegenstand dieses Bescheides:**  
CARBOrefit<sup>®</sup> - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Deutsches  
Institut  
für  
Bautechnik

**DIBt**

Eine vom Bund und den Ländern gemeinsam  
getragene Anstalt des öffentlichen Rechts

**Zulassungs- und Genehmigungsstelle  
für Bauprodukte und Bauarten**

Datum: 31.08.2023      Geschäftszeichen:  
I 16-1.31.10-5/22

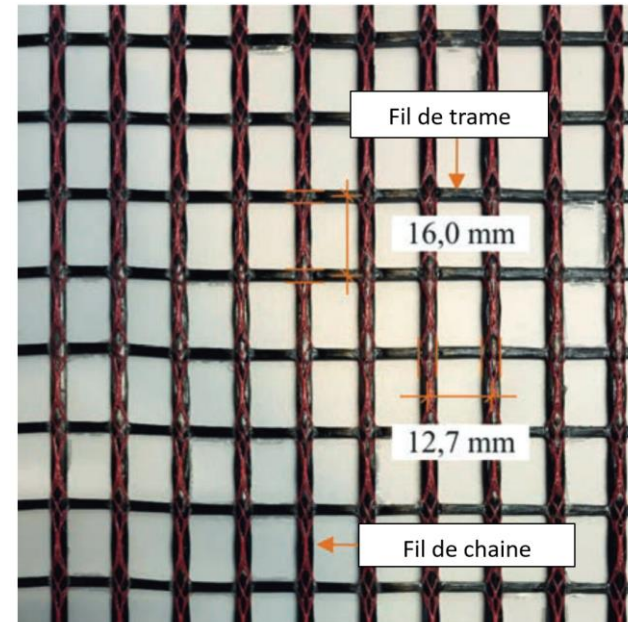
**Geltungsdauer**  
vom: 31. August 2023  
bis: 31. August 2028

# Procédé

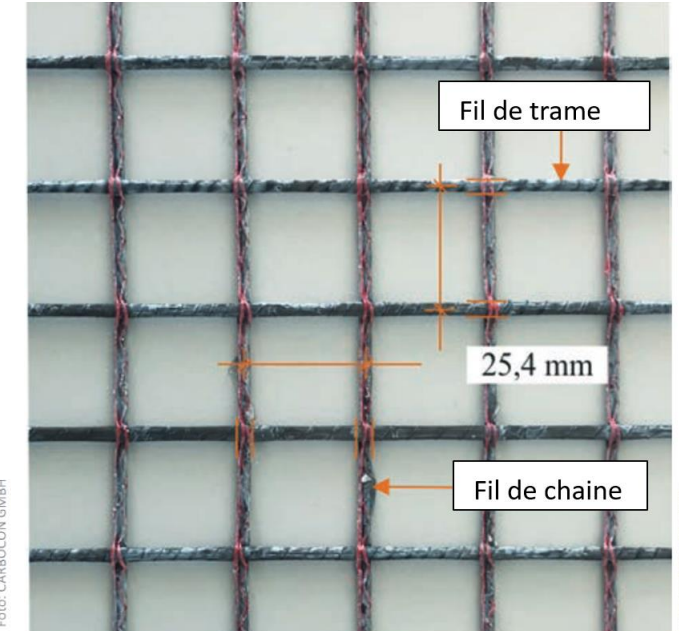


## Innovations dans l'AT

- Plusieurs types de treillis autorisés
- Possibilité de superposer jusqu'à 4 couches de grilles



Treillis de carbone type 1



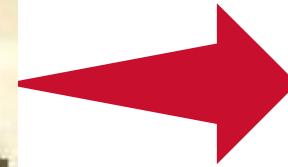
Treillis de carbone type 3

### Propriétés mécaniques des différents treillis CARBOrefit

Caractéristiques	Unité	Type 1	Type 3
Résistance à la traction caractéristique	MPa	1550	2250
Résistance à la traction de calcul	MPa	768	1300
Module d'élasticité	Mpa	206 667	206 667
force de renforcement max.	kN/m	430	430
Force d'adhérence nominale de l'assemblage treillis carbone/mortier TF10	N/mm	0,564	4,7
Longueur d'ancrage de sécurité	mm	2450	500
Flexibilité		Très flexible	Peu flexible

## Innovations

- > Plusieurs types de treillis autorisés
- +
- Jusqu'à 4 nappes autorisées
- +
- > Mortier spécifique **PAGEL® TF10**
  - > R4
  - > Rc 28jours >80MPa
  - > Module >25GPa
  - > Lance MAWO spécifique pour projection



- > Risque délaminage réduit
- > Valeurs de calcul beaucoup plus favorables

# Procédé

**CARBOrefit**<sup>®</sup>

## Fabricants de treillis carbone

**CARBOCON**

Ansprechpartner:  
Maximilian May  
Ammonstraße 72  
01067 Dresden  
Tel.: +49 (0) 351 482 055 19  
E-Mail: m.may@carbocon-gmbh.de



TUDATEX

## Fabricant du béton fin





# Procédé

CARBOrefit®

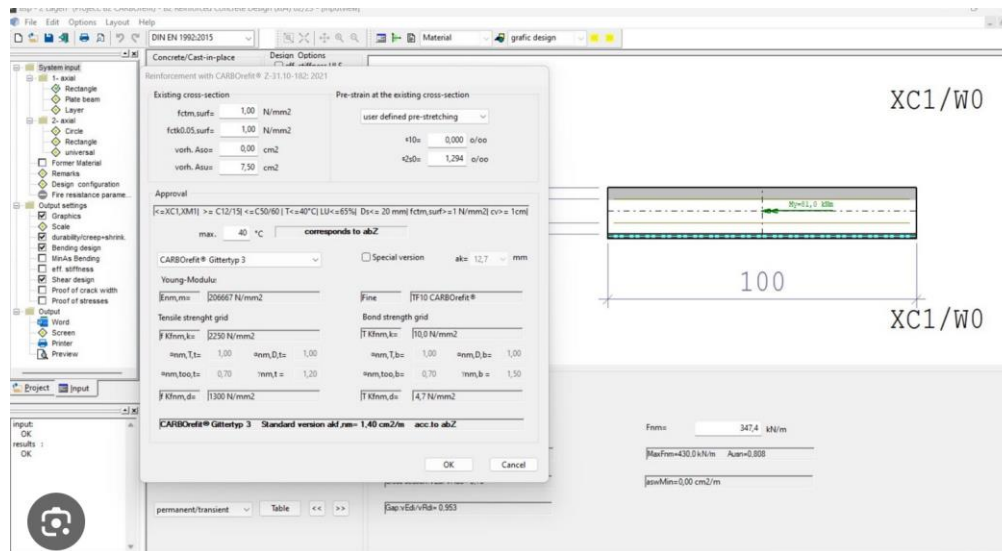
CARBOCON

Ansprechpartner:  
Maximilian May  
Ammonstraße 72  
01067 Dresden  
Tel.: +49 (0) 351 482 055 19  
E-Mail: m.may@carbocon-gmbh.de



# Prestations possibles

- Logiciel de calcul
- Etude de faisabilité
- Calcul
- Développement et suivi d'essais spécifiques ou complémentaires
- Approbation du projet
- Suivi de la mise en oeuvre



## Procédé

### Exemples d'application: Hyperschale de Magdebourg



Foto: CARBOCON GMBH

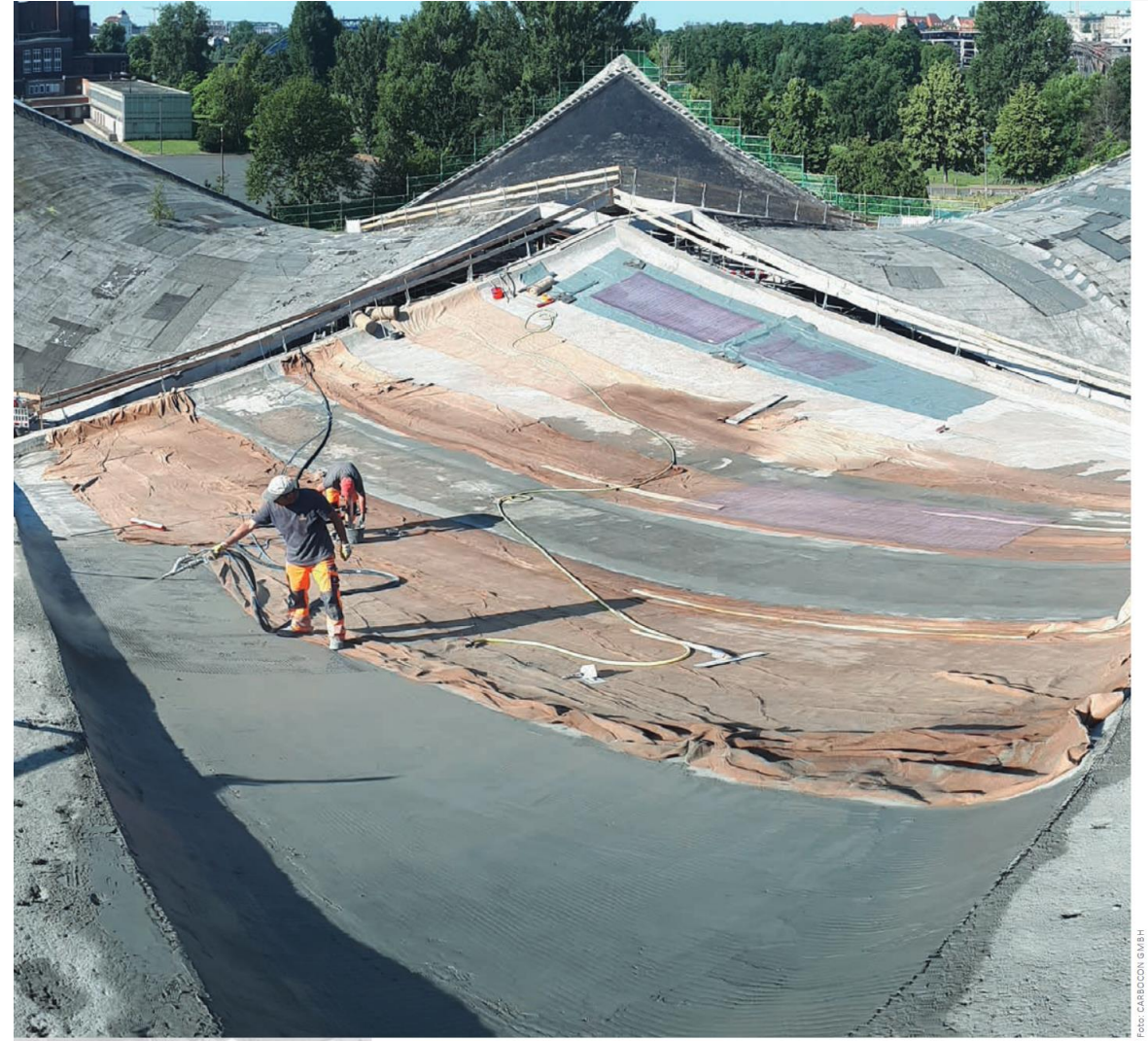


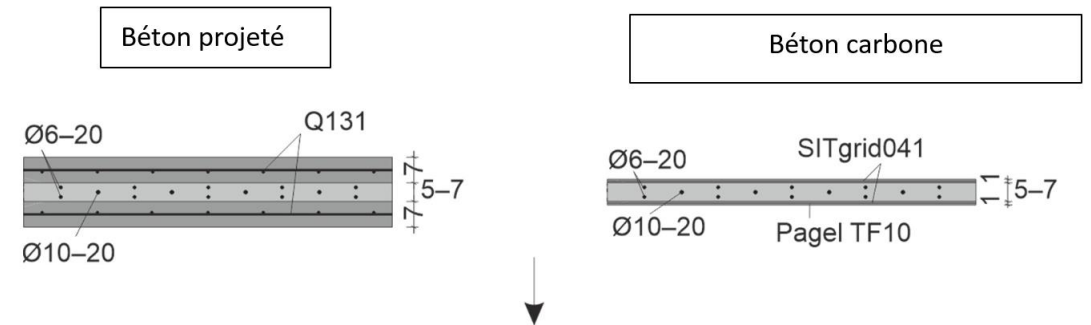
Foto: CARBOCON GMBH

# Procédé

CARBOnefit®

Exemples d'application:

Hyperschale de Magdebourg (2020-2021)



Env. 85% de matière en moins

Env. 52% de CO<sub>2</sub> en moins

# Procédé

CARBOrefit®

## Exemples d'application: Silo Südzucker à Uelzen (2016)



- › Hauteur: 33m -Ø30m
- › 3100m<sup>2</sup> renforcés
- › Epaisseur du renforcement: 2cm
- › 14000m<sup>2</sup> de treillis (4nappes)
- › 150 tonnes de PAGEL®TF10



# Procédé

CARBOrefit®

Exemples d'application:

Ouvrage autoroutier précontraint à Francfort  
(2020)



- Renforcement couche de roulement sur 2cm  
Renforcement en zone tendue sur 3cm



# Procédé



Exemples d'application:

Pont Thainburg à Naumburg (2021)



**Merci pour votre attention**

**PAGEL SAS**

**22 rue Gustave Eiffel**

**78300 Poissy**

**Tel: 01 39 22 39 00**

**[info@pagel.fr](mailto:info@pagel.fr)**

**[www.pagel.fr](http://www.pagel.fr)**



**PAGEL<sup>®</sup>**  
Spezial-Beton