



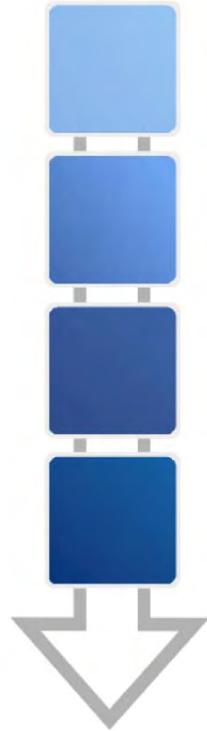
GREYSHIELD® - anciennement : le Béton Intelligent

Jean-Paul CARON-FELLENS - Expert CEM - jean-paul.caron-fellens@orange.fr

Salwa BEN MBAREK – Ingénieure doctorante en CEM – salwa.benmbarek@euomc.fr

Guillaume SOULIAC – Directeur EuroMC – guillaume.souliac@gmail.com

SOMMAIRE



- **Historique**
- **Présentation du projet**
- **Formulation théorique**
- **Résultats expérimentaux**
- **Conclusions et perspectives**

HISTORIQUE DU PROJET

- EuroMC et Spie batignolles s'associent pour proposer une approche innovante pour le blindage électromagnétique
 - **Hautes performances attendues**
 - **Optimisation des coûts**
 - **Simplicité de mise en œuvre**
 - Appel d'offres remporté, le bâtiment est livré en 2014.
 - Les performances dépassent les attentes du client
- **Décision de déposer un brevet et de créer une marque: GreyShield®**
- **déposé en France le 17/2/2016 sous le N°16/51289**
 - **Trophées BatiActu, 2017, 1er Prix de l'innovation en solution technique: matériaux**



PRESENTATION

Dès la construction du bâtiment, la solution GreyShield® répond au double objectif :

- apporter une protection électromagnétique adaptée aux besoins du client.
- assurer la résistance mécanique de l'ouvrage

Une solution innovante et accessible qui permet la :

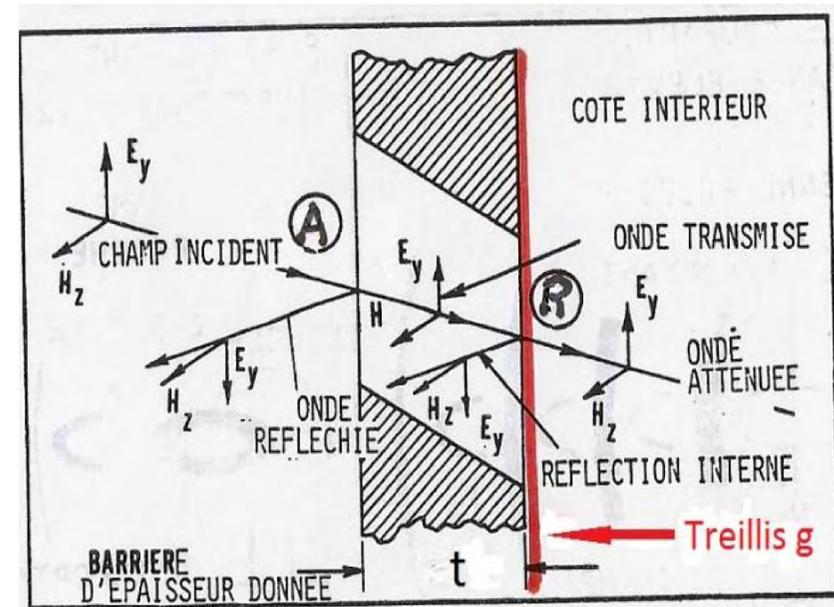
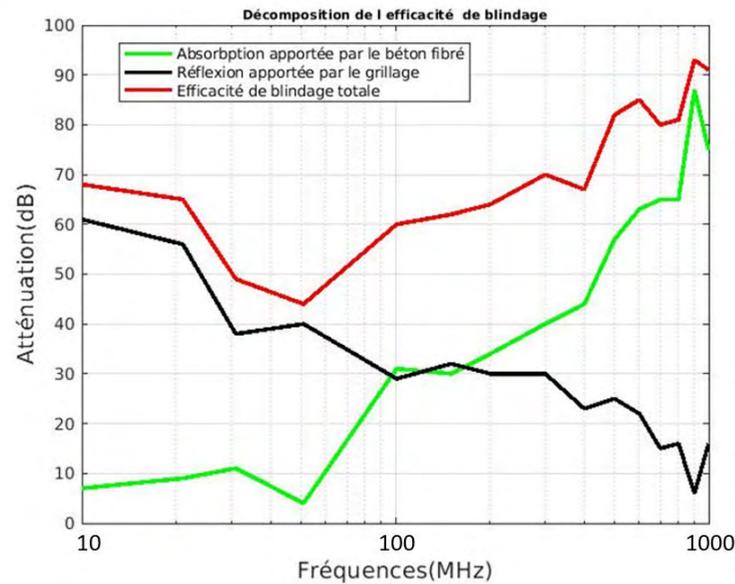
- Combinaison d'un treillis spécial et d'un béton chargé de particules conductrices
- Utilisation uniquement des moyens de mise en œuvre propres à la construction de parois classiques.
- Un procédé paramétrable en fonction de la protection électromagnétique demandée.

Pour :

- Couvrir une bande de fréquences de [10kHz- 18GHz] et plus
- Atteindre des atténuations pour assurer tous types de protections (susceptibilité et émissions compromettantes).

PRINCIPE

- Absorption A par l'épaisseur t du béton chargé en hautes fréquences
- Réflexion R par le treillis g en basses fréquences



ATTENUATION PAR ABSORPTION

$$A_{dB} = 8,7 \times t / \delta$$

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\sigma \pi F \mu}}$$

$$A_{dB} = 17,4 \times t \sqrt{\frac{F \times \mu_r}{\rho}} \quad (\text{avec } F \text{ en MHz et } t \text{ en mètres})$$

- t épaisseur du béton chargé en m
- δ épaisseur de peau en m
- μ perméabilité du métal en H/m
- ρ résistivité du métal en ohm.m
- μ_r perméabilité relative par rapport au cuivre
- σ conductivité électrique du métal en S/m

ATTENUATION GLOBALE

- L'atténuation globale est :

$$SE = R_{dB} + A_{dB}$$

$$SE(dB) = 20 \times \log_{10}(150/g \times F) + 17.4 \times t \sqrt{F \times \mu_r / \rho}$$

- **g** : dimension de la maille en m
- **F** : fréquence en MHz
- **t** : épaisseur du béton chargé en m
- **μ_r** : perméabilité magnétique relative équivalente du béton
- **ρ** : résistivité du béton en ohm.m

COMPOSITION – Paramètres importants

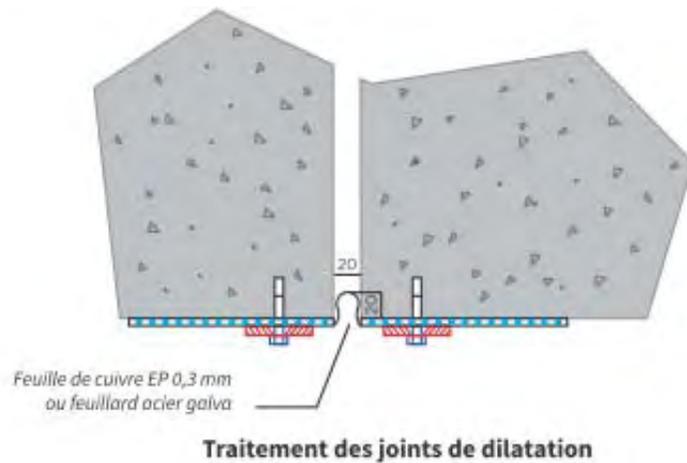
- **Éléments affectants l'atténuation globale:**

- Épaisseur du Béton Chargé ($A \downarrow dB$ directement proportionnel en Hautes Fréquences)
- Taille des mailles du Treillis ($A \downarrow dB$ directement proportionnel en Basses Fréquences)
- Dosage des particules conductrices en Kg/m^3
- Nature des particules conductrices
- Étirement des fibres $Et=l/d$ avec l et d respectivement la longueur et le diamètre en mm.

- **Autres éléments importants**

- Continuité électrique entre les bandes de grillage (angles et joints de dilatation)
- Raccordement des éléments radioélectriques rapportés
 - Portes RF, nids d'abeille, plaques de traversée, filtres RF, ..

TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS(1)



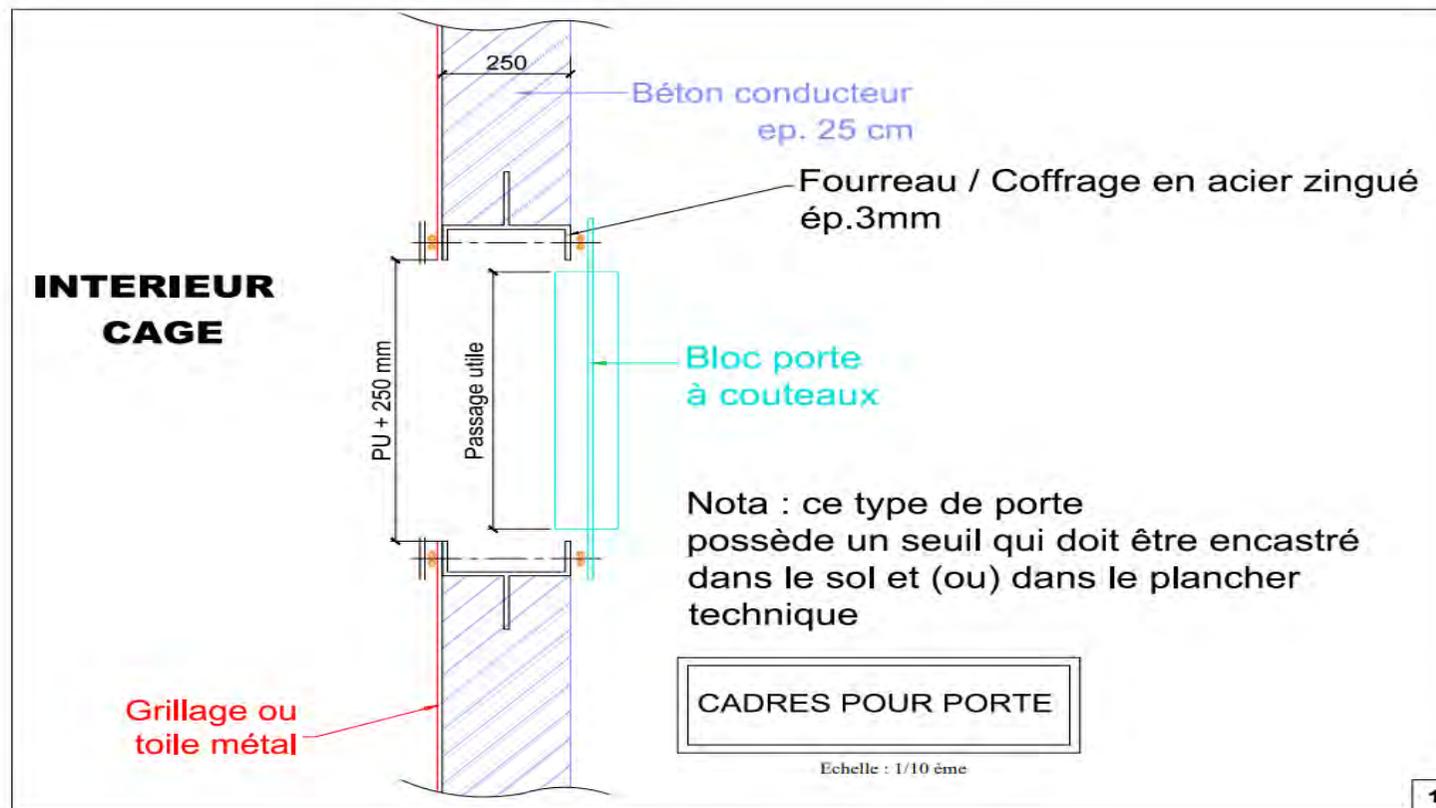
9

- Valable également pour les jonctions d'angle

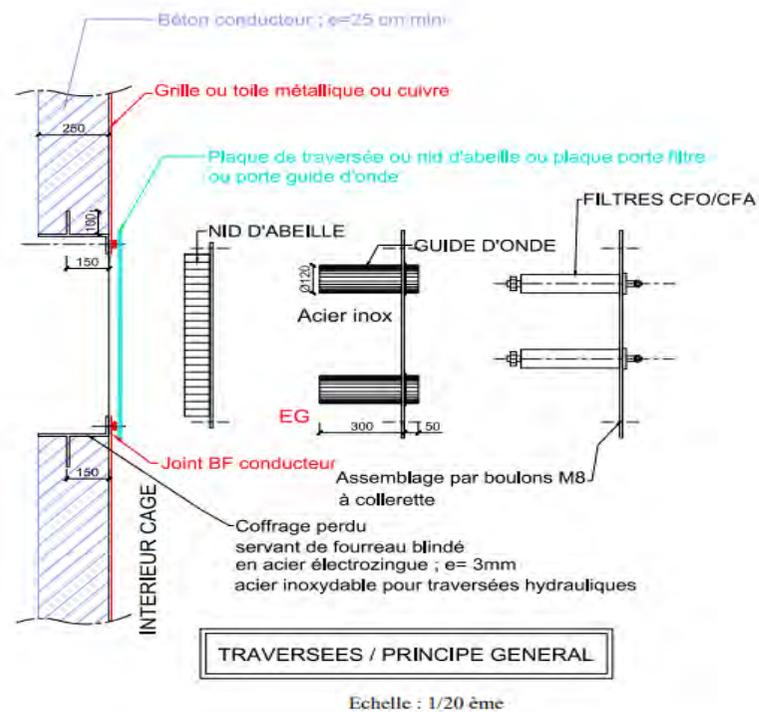
Valable pour:

- Portes
- Nids d'abeille
- Filtres
- Plaques collectrices

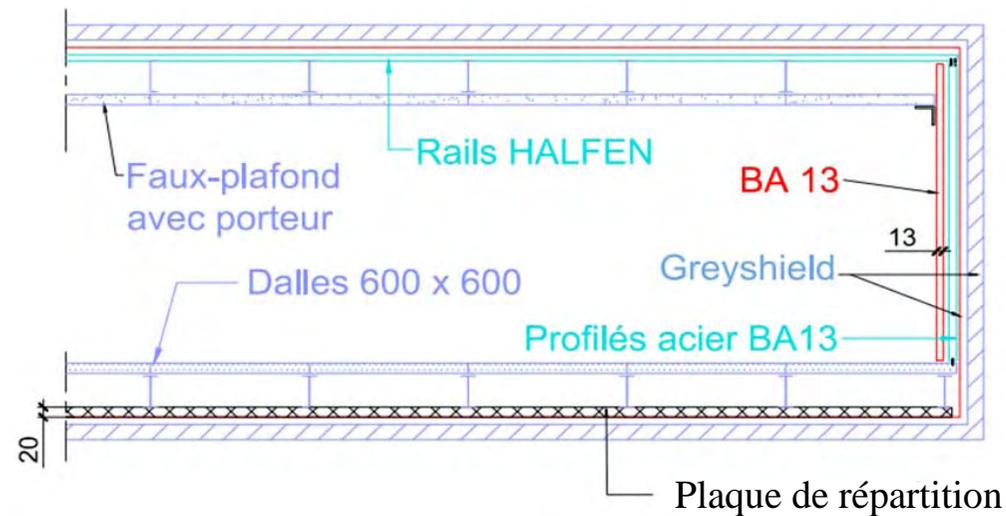
TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS(2)



TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS(3)



TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS(4)



AMENAGEMENT INTERIEUR

Echelle : 1/10 ème

MISE EN OEUVRE

- La mise en œuvre est classique
- Faite par des compagnons du bâtiment
- Dès la construction du bâtiment
- Sur les visuels:
 - Fixation du grillage en peau
 - Revêtement de dalle plafond
 - Traitement des jointures
 - Aspect extérieur



Installation de tests et R&D

EuroMC et Spie Batignolles se sont dotées d'une installation de R&D Appliquée.

- **Chambre anéchoïque spéciale**
- **modèle CHC (Compact Hybrid Chamber)**
- **dimensions : 7,35x3,75x3,3 m (LxWxH).**
- **Tests sur bloc de 1,20 m x 1,20 m**

Mesure faite selon les norms GAMT20, IEEE 299 et EN 50147-1.

Installation de tests basée à Conflans Sainte Honorine.

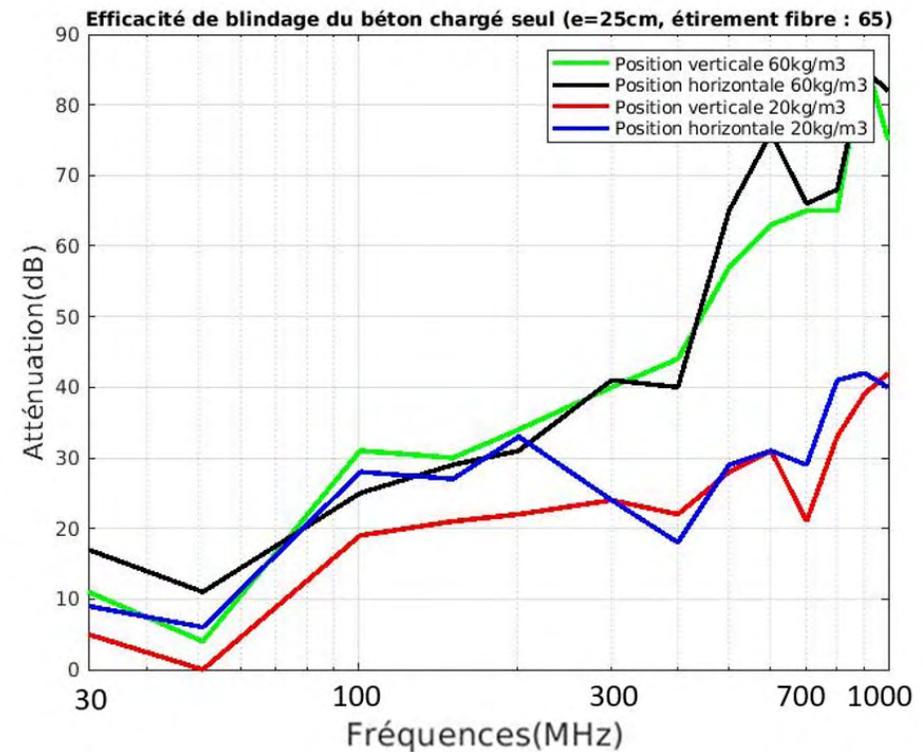
Berceau porteur guidé sur rails pour emboîtement précis de l'éprouvette (0,5 à >1tonne) en traversée de cage.



RESULTATS EXPERIMENTAUX

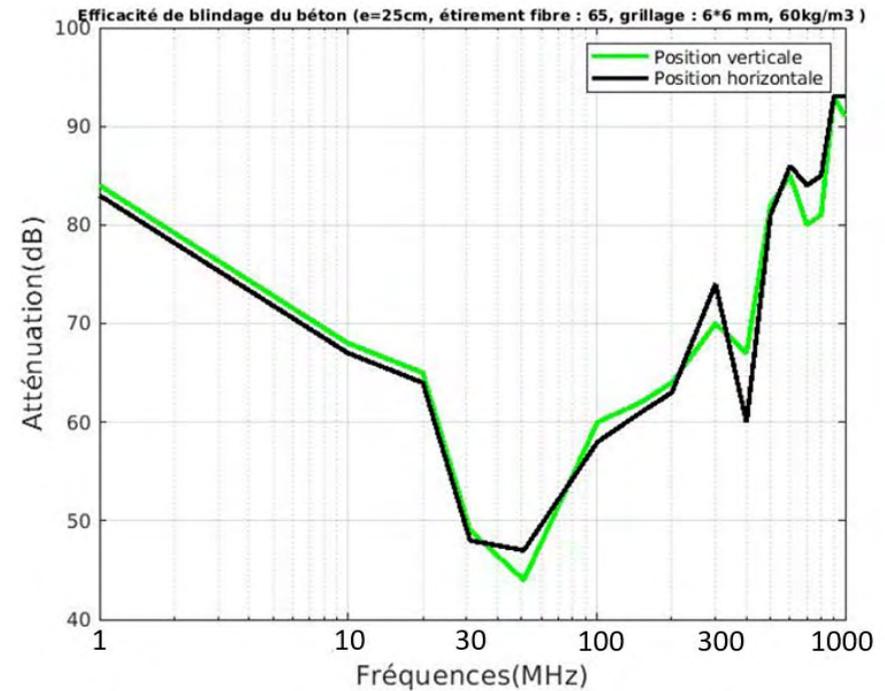
EFFICACITE DE BLINDAGE ELECTRIQUE DU BETON CHARGE SEUL

- Epaisseur du béton $e=25\text{cm}$
 - Etirement des fibres : 65
 - Concentration des fibres : 60kg/m^3 et 20kg/m^3
- L'atténuation apportée par le béton fibré croit avec la fréquence
- Plus la concentration des fibres est importante, meilleure est l'efficacité de blindage.



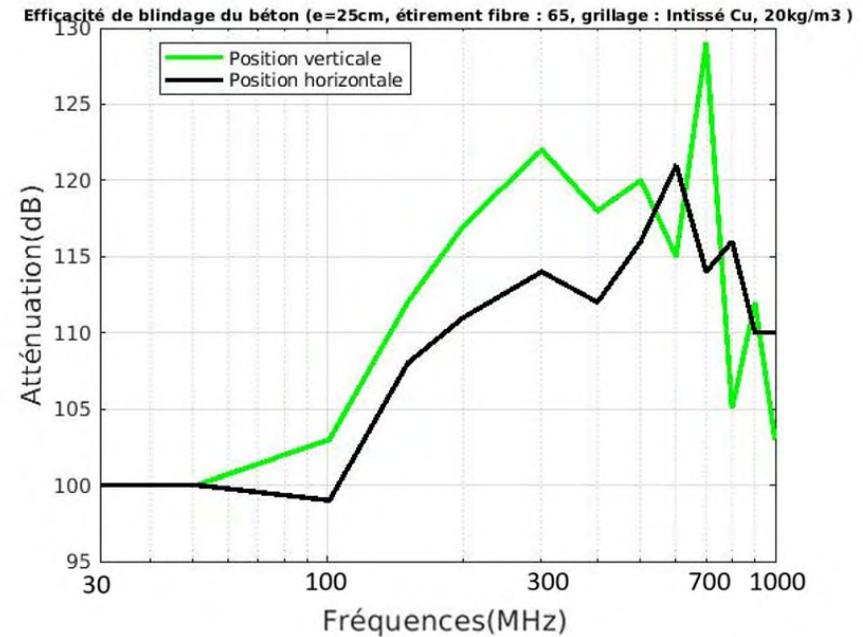
EFFICACITE DE BLINDAGE ELECTRIQUE – AJOUT DU GRILLAGE

- **Epaisseur du béton $e=25\text{cm}$**
- **Etirement des fibres : 65**
- **Grillage galva de maille $6*6\text{mm}$**
- **Concentration des fibres : $60\text{kg}/\text{m}^3$**
- **L'ajout du grillage améliore significativement l'atténuation apportée par le blindage surtout en basses fréquences.**
- **Ajout du grillage double ou même triple l'efficacité de blindage en BF !**
- **L'atténuation de blindage avec ce grillage varie de 48 dB à 31 MHz jusqu'à 93 dB à 900MHz!**



EFFICACITE DE BLINDAGE ELECTRIQUE – AJOUT DU GRILLAGE

- **Epaisseur du béton $e=25\text{cm}$**
 - **Etirement des fibres : 65**
 - **Grillage : Intissé Cuivre**
 - **Concentration des fibres : $20\text{kg}/\text{m}^3$**
- **L'utilisation d'un grillage très bon conducteur donne une atténuation qui dépasse les 100 dB sur toute la bande de fréquences !**



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Le Greyshield® permet une optimization de coût de Faradisation de bâtiments de 50%
- Le Greyshield permet le positionnement d'EuroMC sur le marché Français en protégeant les personnes sensibles aux ondes EM, les centres de calcul, les laboratoires de recherche ainsi que les bâtiments confidentiels.
- Renforcement du marché Mondial avec la solution innovante Greyshield®
- Le Greyshield® fait l'objet de recherches et de développements continus pour qu'il garde toujours son aspect innovent .