



8<sup>E</sup> JOURNÉE TECHNIQUE DU CTMNC

## LA PIERRE ATTACHÉE

**“une technique  
à redécouvrir”**



Terre et Pierre  
Expertise et Innovation

CTMNC

MERCREDI 15 AVRIL 2015

LNE - PARIS 15<sup>E</sup>

8<sup>e</sup> JOURNÉE TECHNIQUE DU CTMNC

## LA PIERRE ATTACHÉE

“une technique  
à redécouvrir”

INSCRIPTION  
À L'AIDE DU BULLETIN JOINT,  
AVANT LE 9 AVRIL 2015



Terre et Pierre  
Expertise et Innovation

CTMNC

MERCREDI 15 AVRIL 2015

LNE  
1, RUE GASTON BOISSIER  
75015 PARIS

# PROGRAMME

Animateur de la journée : **Claude Gargi** - revue Pierre Actual

9h30 Accueil

9h45 **INTRODUCTION**

**Jean-Louis Vaxelaire** -Vice-Président du CTMNC

10h00 **POINT SUR LE MARCHÉ DE LA PIERRE ATTACHÉE**

**Jean-Louis Marpillat** - ROCAMAT

10h30 **NOUVEAUTÉS DU DTU 55.2 DE DÉCEMBRE 2014**

**Généralités** - **Damien Lapeyronnie** - CTMNC

**Dimensionnement au vent** - **Didier Pallix** - CTMNC

11h30 **DISPOSITIONS SISMIQUES POUR LA PIERRE ATTACHÉE**

**Laurent Plagnol** - APAVE

12h30 Déjeuner

14h00 **TÉMOIGNAGE D'UN FABRICANT DE PATTES : NOUVELLES CONTRAINTES**

**Mickaël Moos** - FIXINOX

14h30 **TÉMOIGNAGE D'UNE ENTREPRISE DE POSE : EXPÉRIENCES DE QUELQUES CHANTIERS**

**Anne Sarrabezolles** - LES PIERREUX DE L'ILE-DE-FRANCE (LPIF)

15h00 **TABLE RONDE : QUELS SONT LES AVANTAGES ET L'AVENIR DE CETTE TECHNIQUE ?**

APAVE / FIXINOX / ROCAMAT / LPIF

15h45 **CONCLUSION** 15 min.

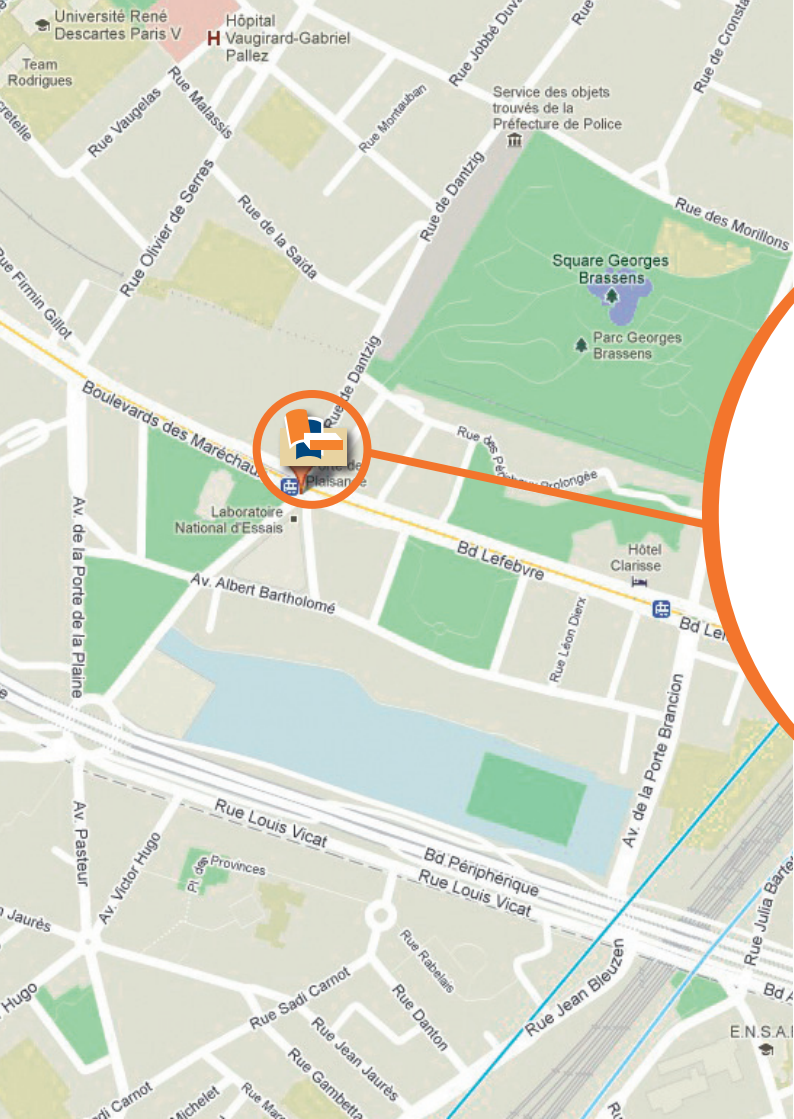
**Jean-Louis Vaxelaire** -Vice-Président du CTMNC

16h00 Fin de la journée

**PARTICIPATION AUX FRAIS : 35,00 € TTC (COMPREND : ACCÈS AUX CONFÉRENCES, REPAS, PAUSE, DOSSIER) DANS LA LIMITE DES PLACES DISPONIBLES (80 MAXI)**

**CONTACT : Nadège Verrier / [ctmnc-roc@ctmnc.fr](mailto:ctmnc-roc@ctmnc.fr) / tél : 01 44 37 50 00**





PIERRE  
NATURELLE

8<sup>e</sup> JOURNÉE TECHNIQUE DU CTMNC

# LA PIERRE ATTACHÉE

## “une technique à redécouvrir”

LNE  
1, RUE GASTON BOISSIER - 75015 PARIS

MÉTRO : M12 (STATION PORTE DE VERSAILLES)  
M13 (STATION PORTE DE VANVES)

TRAMWAY : T3a (STATION GEORGES BRASSENS)

CONTACT : NADÈGE VERRIER  
ctmnc-roc@ctmnc.fr - tél : 01 44 37 50 00



Terre et Pierre  
Expertise et Innovation

CTMNC

MERCREDI 15 AVRIL 2015  
LNE - PARIS 15<sup>e</sup>



## **Thème de la journée technique**

---



8<sup>e</sup> JOURNÉE TECHNIQUE DU CTMNC

## LA PIERRE ATTACHÉE

“une technique  
à redécouvrir”



Terre et Pierre  
Expertise et Innovation

CTMNC

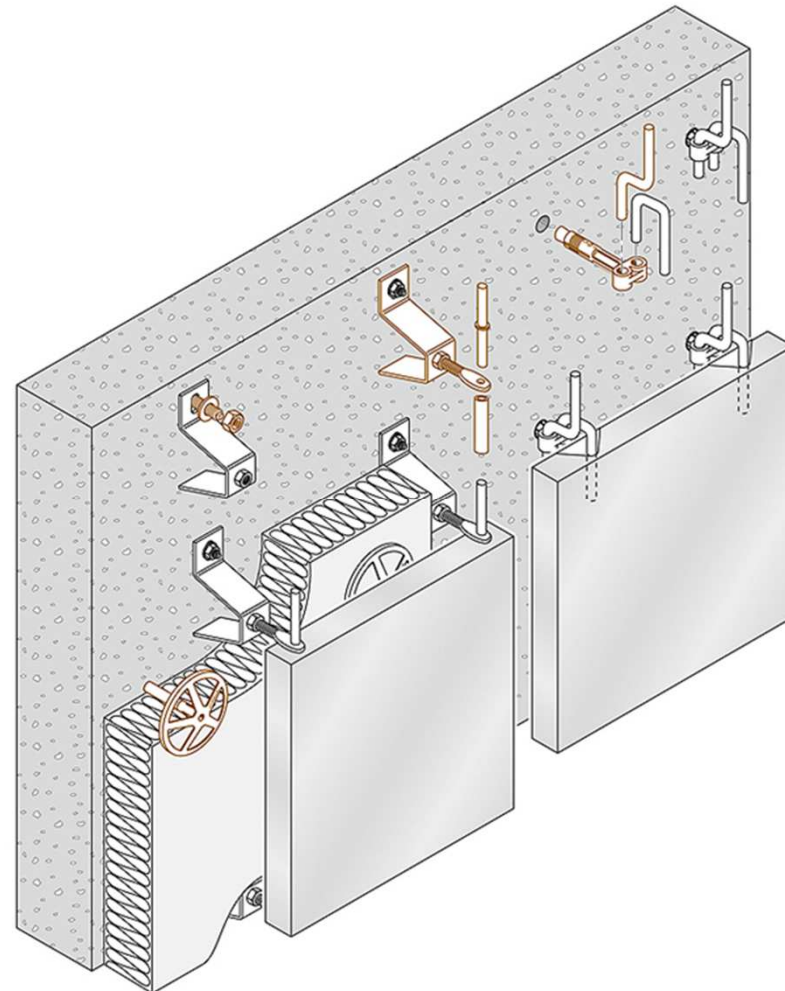
MERCREDI 15 AVRIL 2015

LNE - PARIS 15<sup>e</sup>

# De quoi allons nous parler ? :

De la pierre attachée selon le procédé traditionnel décrit par le **NF DTU 55.2** :

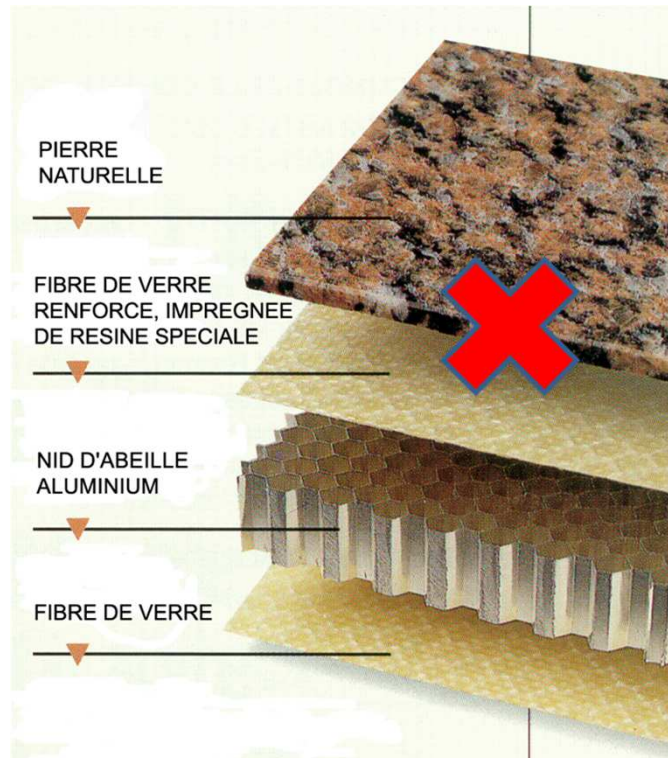
- Revêtements en dalles de **pierre mince** (< 80 mm) le plus souvent en 3 et 4 cm d'épaisseur
- Fixations **ponctuelles** (ergots, agrafes) dans les chants horizontaux ou verticaux
- Supports intérieurs ou extérieurs en béton ou en maçonnerie
- Avec et sans isolation





# De quoi nous ne parlerons pas :

- Des murs doubles (parement maçonné en > 80 mm)
- De la pierre collée
- Des procédés innovants et/ou sous Avis Technique (fixation dans rainures ou avec inserts, bardages, vêtements, pierre mince sur nid d'abeille, préfabrication,...)



## LE MARCHÉ DE LA PIERRE ATTACHÉE

---

---

Jean-Louis Marpillat ROCAMAT

Journée Technique CTMNC du 15 avril 2015

- **ROCAMAT Producteur de revêtements en pierre**
- **Le marché de la pierre attachée**
- **Les tendances en façade et les réponses en pierre attachée**
- **Les atouts de la pierre attachée**
- **Perspectives & Conclusion**



- **Le groupe ROCAMAT, fondé en 1853, est spécialisé dans l'extraction et la transformation des matériaux naturels.**
  
- **ROCAMAT PIERRE NATURELLE**
  - ✓ **30 carrières de calcaire en France**
  - ✓ **5 usines de transformation**
  - ✓ **350 personnes**
  - ✓ **31 M€ de chiffre d'affaires en 2014**

Deux usines pour la pierre attachée 50 000 m<sup>2</sup> en 2014



Site industriel de Ravières (89)



Site industriel de Vilhonneur (16)

## ■ Ravières (Yonne)

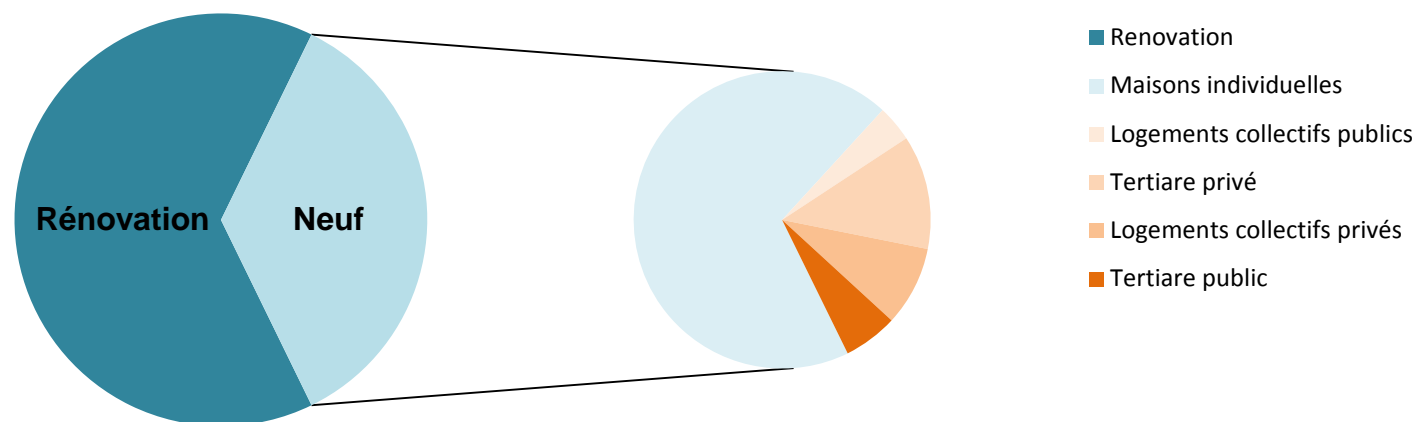
- Revêtements de sols et de façades
- Marbrerie
- 65 employés
- Capacité de sciage 1000 m<sup>3</sup>/mois
- Revêtements minces 500 m<sup>2</sup>/jour

## ■ Vilhonneur (Charente)

- Sciage et débit de pierre de construction
- 12 employés
- Éléments sciés 3500 m<sup>3</sup>/ an
- Revêtements minces 150 m<sup>2</sup>/jour

# La marché de la pierre attachée

En 2010 marché façades 123 Mm<sup>2</sup>



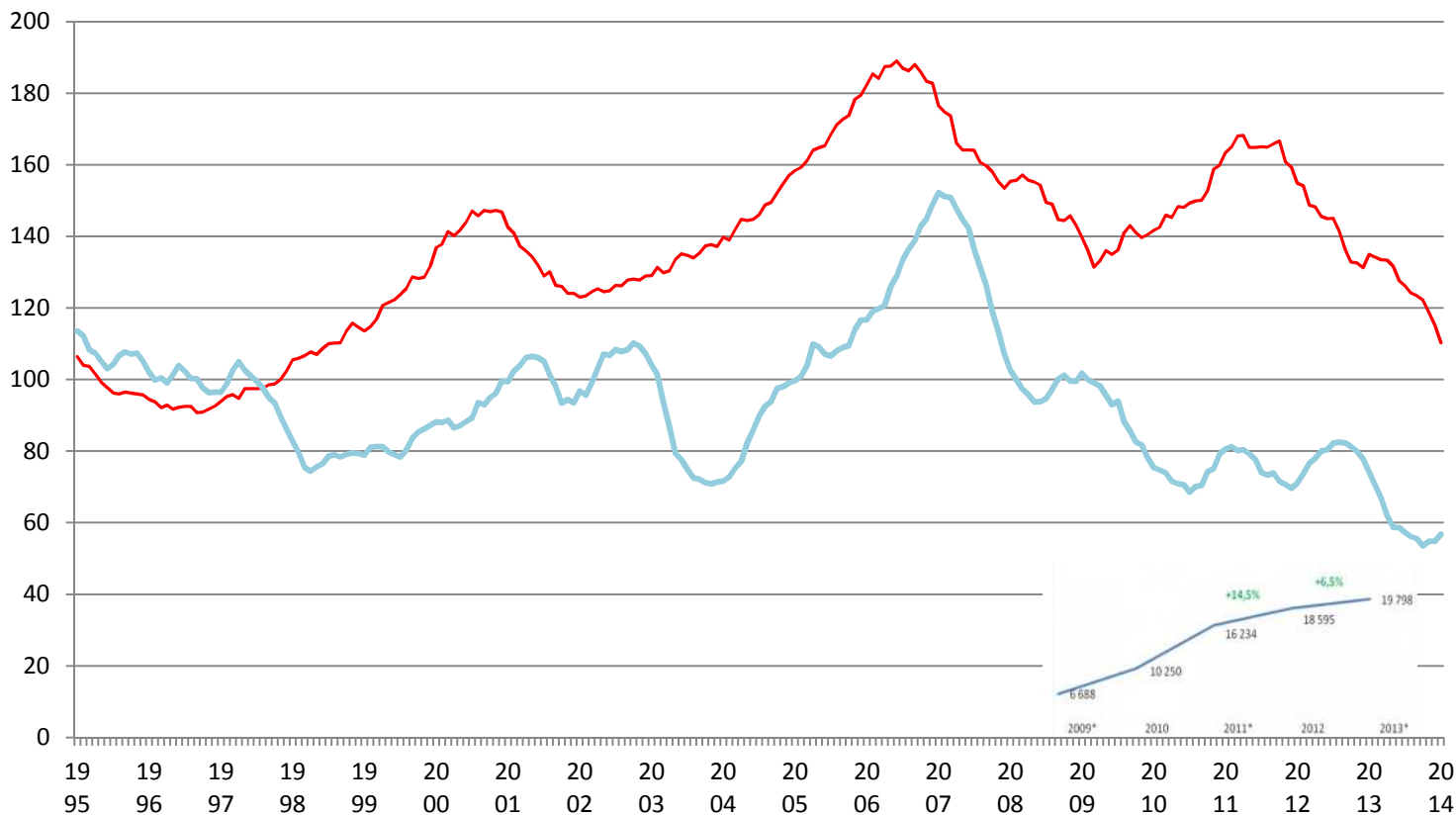
La cible classique de la pierre attachée: logements collectifs , tertiaire public, tertiaire privé représente environ 10% du marché de la façade.

Notre estimation du marché français de la façade pierre 500 000 m<sup>2</sup> par an

(1) source Développement Construction 2010  
(2) Analyses Rocamat sur 30 applicateurs



## Profiter du développement de l'ITE



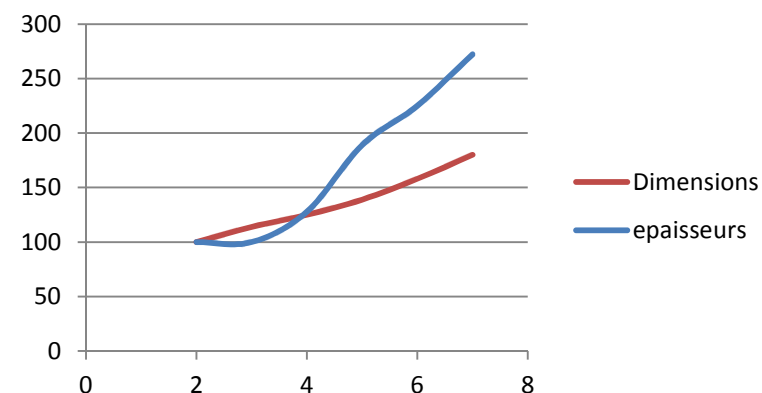
Surface posée d'ITE  
en France  
en milliers m<sup>2</sup>  
source TBC

— Indice permis de construire (bâtiments cibles pierre attachée) base INSEE Sitadel

— Indice cumulé 12 mois glissant perception Rocamat du marché de la pierre attachée indice 100 janvier 2010

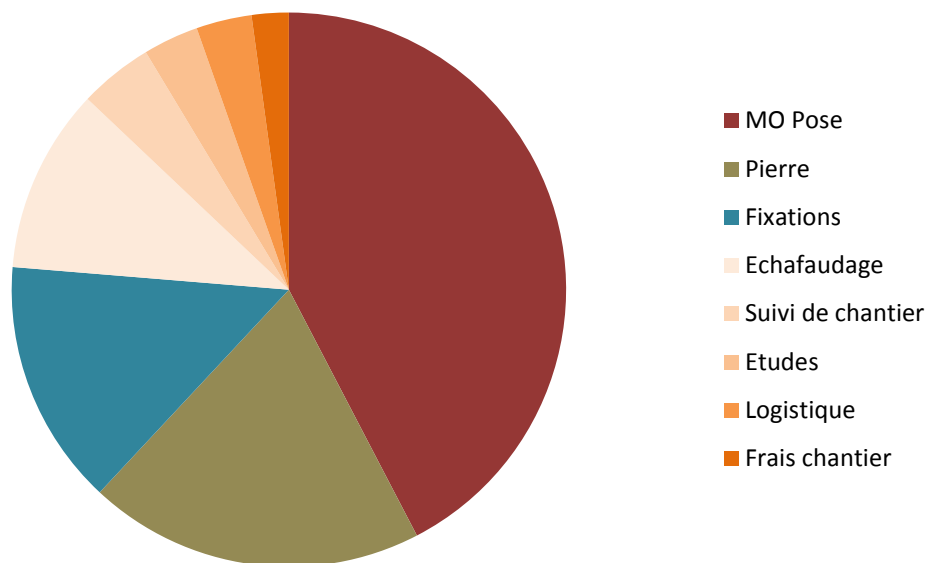
## Un prix contenu

- Le m<sup>2</sup> de pierre à poser de 30 à 150 €/m<sup>2</sup>
- Ce qui influence le prix
  - La matière
  - L'épaisseur
  - L'état de surface
  - Les dimensions des plaques
  - Les options et le traitement des points singuliers



Le m<sup>2</sup> mis en œuvre de 150 à 300 €/m<sup>2</sup>

Prix du m<sup>2</sup> mis en oeuvre



## Des grands formats



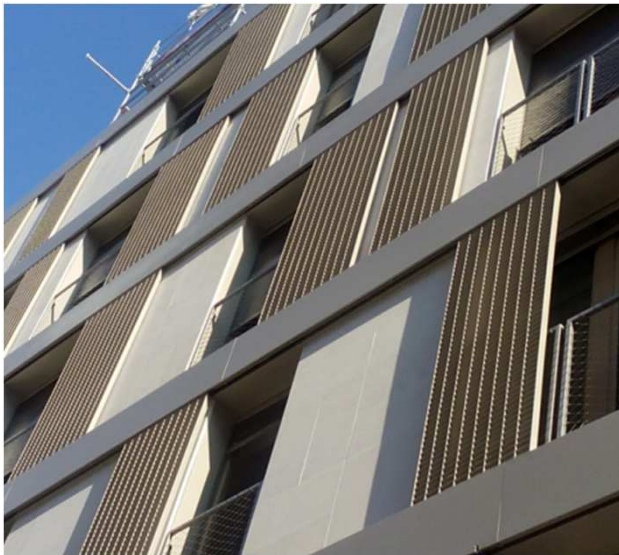
Immeuble Boulogne D.Perrault Arch. 201





# Les tendances générales

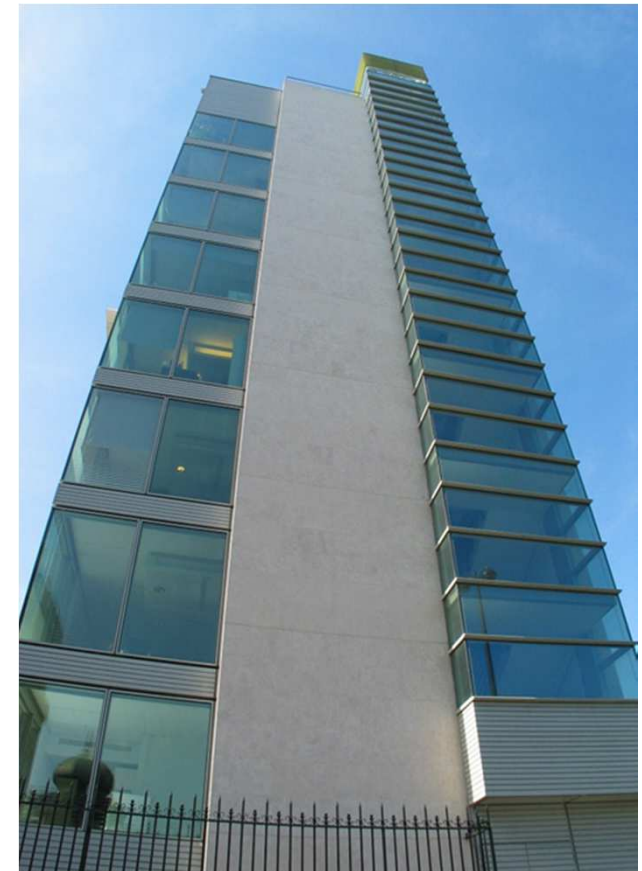
## Formats : Les réponses en pierres attachées



Architecte Hardel Lebihan



Architecte Botti Rubin

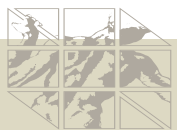


Architecte Valode & Pistre

- **Nos contraintes**
  - Surface  $< 1 \text{ m}^2$
  - Plus grandes dimensions  $< 1.4 \text{ m}$
  - Le rapport longueur/largeur  $< 3$
- **Le joint fermé une réponse esthétique**







ROCAMAT  
Pierre Naturelle

# Les tendances générales

Des couleurs marquées : Blanc, Anthracite, ou des couleurs vives



Architecte SHI



Architecte DGLa



# Les tendances générales

## Couleurs : les réponses en pierres attachées



Architecte Leibar et Seigneurin



Architecte Luc Arsene-Henry / Michel PetuaudLetang





## Des effets de volume, de texture et de matière



Architecte Rudy Ricciotti



Architecte Jean Nouvel

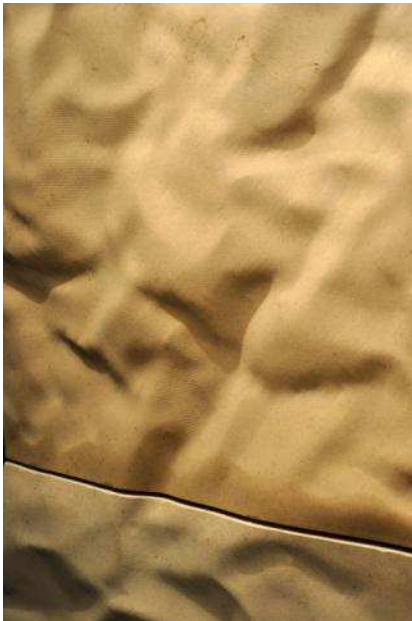


Architecte lipa et serge Goldstein



# Les tendances générales

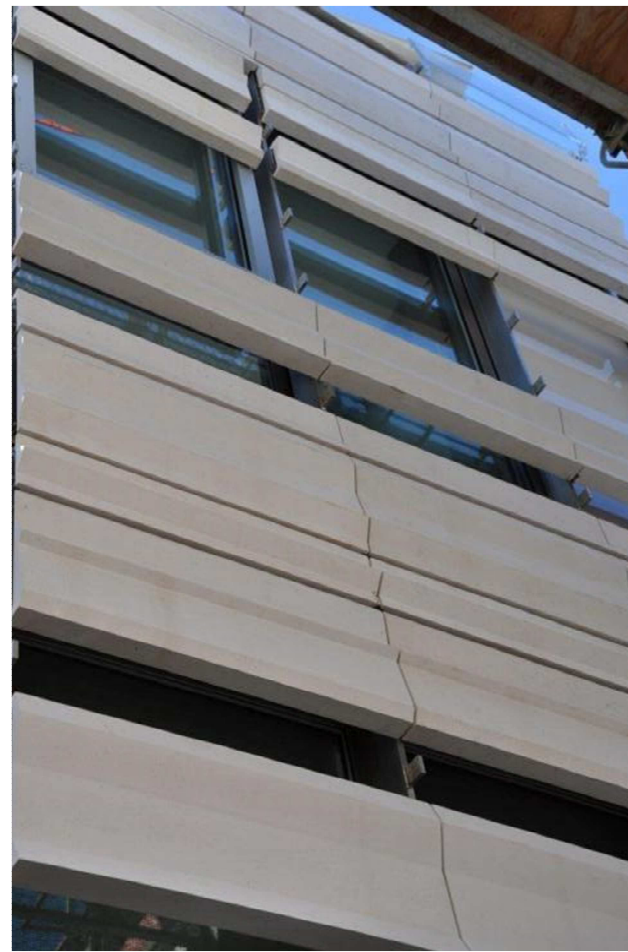
## Volume & texture : les réponses en pierre attachée





# Les tendances générales

## Volume & texture: les réponses en pierre attachée



Architecte Jean-Michel Wilmotte





# Les plus d'une façade en pierre attachée

Des joints fermés pour retrouver l'aspect pierre de taille



Architecte Vincent Eschalièr



Architecte Pascal Delrue



# Les plus d'une façade en pierre attachée

## Des hauteurs d'assises variables



Architecte Leibar et Seigneurin



Architecte Atelier Arche

- **La pierre, une industrie de découpe**



# Les plus d'une façade en pierre attachée

Jouer sur les couleurs, les textures et les formes



Architecte Deshoulières-Janneau



Architecte Bruno Croizet

- Le procédé s'adapte aux formes complexes
- Des états de surface texturés
- Mixer les techniques en restant avec le matériau pierre







# Les atouts de la pierre attachée

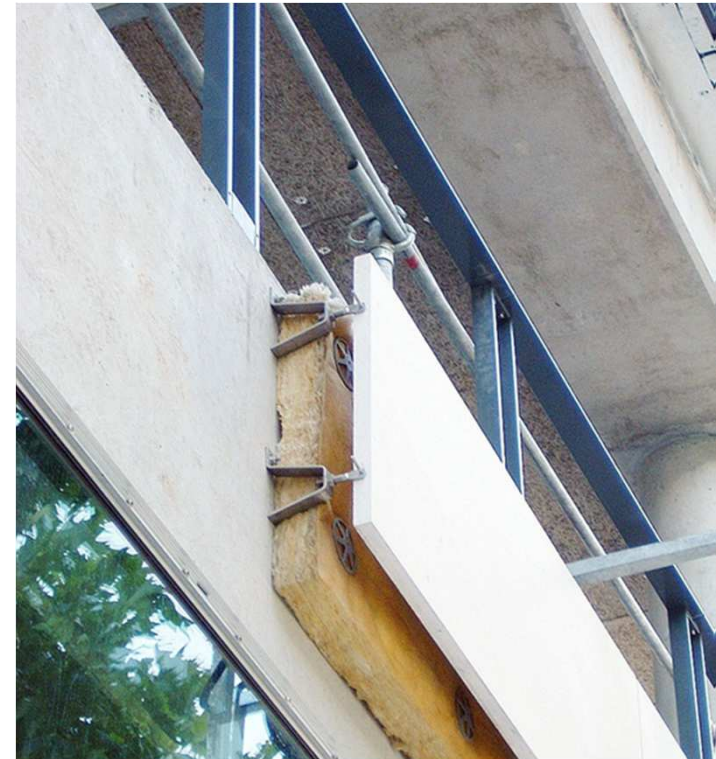
## Son adaptation à l'isolation par l'extérieur



**Lycée Julie-Victoire Daubié LYON**

Architecte Didier Dalmas

- Bâtiment à énergie positive
- 280 mm d'isolant derrière la façade en pierre d'Anstrude





# Les atouts de la pierre attachée

Ça fonctionne aussi en intérieur



Sols et murs coordonnés



Architecte KPF

ROCAMAT







# Les atouts de la pierre attachée

## Un matériau traditionnel, une technique moderne



Architecte Franck Gehry

- Un matériau 100% naturel
- Une réponse en pierre locale
- Une esthétique adaptée à nos villes
- Le procédé conserve la noblesse du matériau



- **Innover sur le matériau pour développer la pierre attachée**
  - Panneaux acoustiques
  - Pierre texturée
  - Pierre colorée
- **Un procédé compatible avec la RT 2012 et les bâtiments à haute performance**
  - Profiter du développement de l'ITE
- **Un procédé compatible avec une démarche de développement durable**
  - Matériaux naturels produits en France
  - Des FDES disponibles
- **Un procédé encadré et sécurisé par un nouveau DTU**

**ROCAMAT**  
Pierre Naturelle

Paris 1853

## Le NF DTU 55.2 de décembre 2014

---

**Damien Lapeyronnie – Ingénieur CTMNC**

# LE NF DTU 55.2 DE DÉCEMBRE 2014

## Sommaire :

- Le domaine d'application
- Les principales dispositions
- Les différentes techniques
- Le changement de plaque



# LE DOMAINE D'APPLICATION

Le **NF DTU 55.2** est composé de 3 cahiers:

- Clauses Types de spécifications de mise en œuvre
- Critères Généraux de choix des Matériaux
- Clauses administratives Spéciales types

Il vise les revêtements muraux en **plaques de pierre mince**, fixés par **des attaches** à un **support en maçonnerie ou en béton**, destinés à constituer la face vue de **parois verticales** de bâtiments.

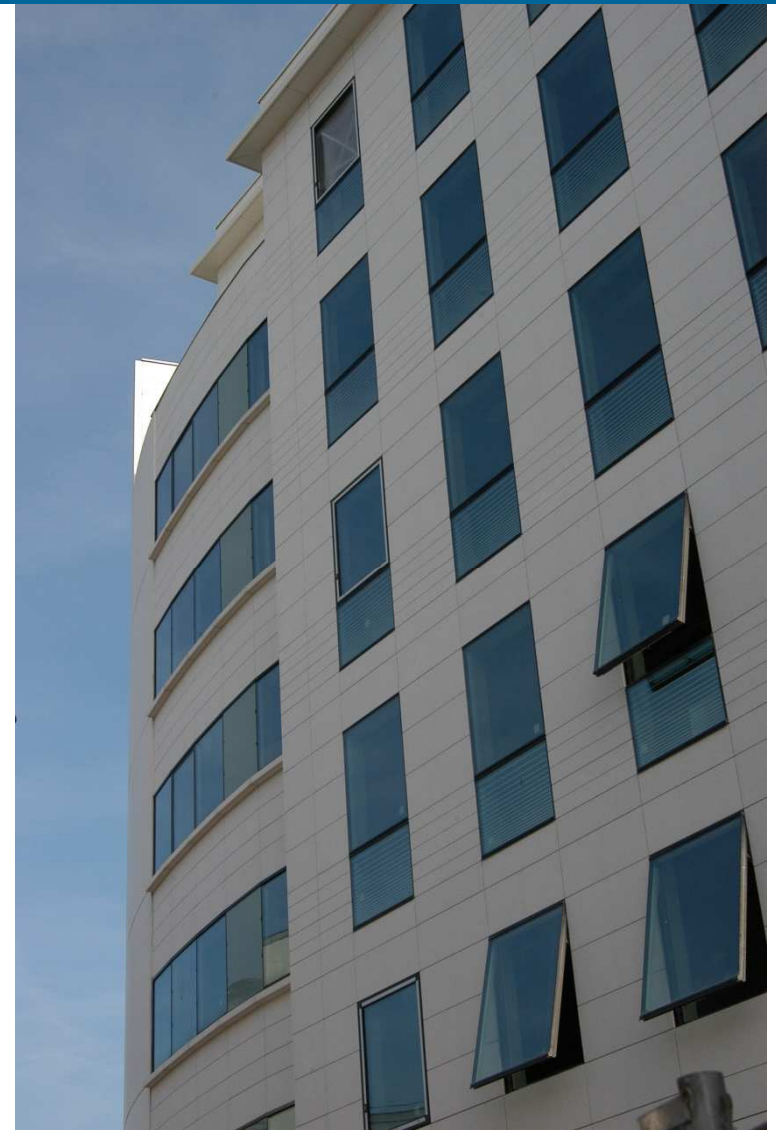
Il **ne traite pas** des bâtiments en **zone sismique**



# LE DOMAINE D'APPLICATION

Le NF DTU 55.2 s'applique :

- sur tout le territoire français (DOM-TOM compris)
- aux bâtiments neufs ou en réhabilitation (maisons individuelles, ERP)



# LE DOMAINE D'APPLICATION

Le NF DTU 55.2 **ne vise pas** :

- les ouvrages de génie civil (ponts, murs de soutènement, etc.)
- les revêtements scellés en plein
- les revêtements coffrants in situ ou utilisés en fond de moule de panneaux préfabriqués
- les façades inclinées
- les façades courbes

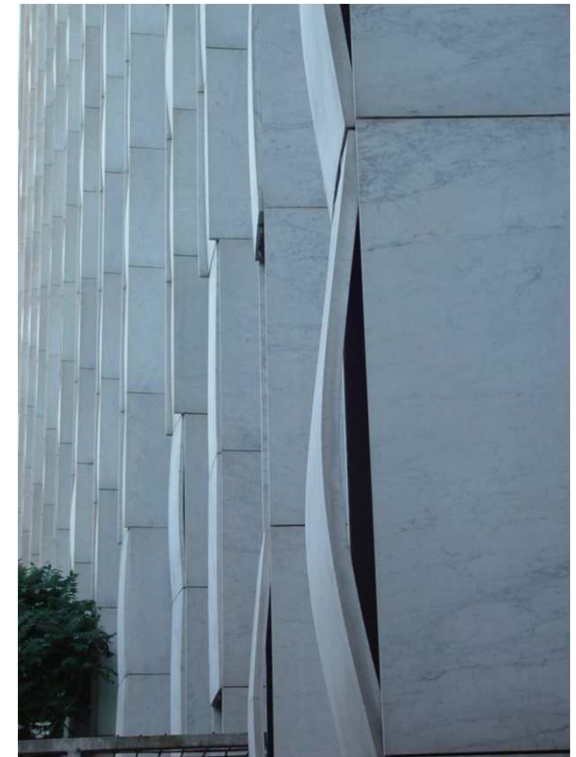


# LE DOMAINE D'APPLICATION

Les pierres naturelles utilisables en revêtements attachés doivent répondre aux spécifications de la **NF B 10-601** et **NF EN 1469**

Les **marbres métamorphiques** utilisés en extérieur doivent justifier de leur tenue à la **décohésion granulaire** (NF EN 16306 « *Méthodes d'essai pour pierres naturelles - Détermination de la résistance du marbre aux cycles thermiques et d'humidité* »)

Les **schistes** qui se débitent en feuillets selon les plans de clivage **ne sont pas visés** par ce DTU.





# LES PRINCIPALES DISPOSITIONS

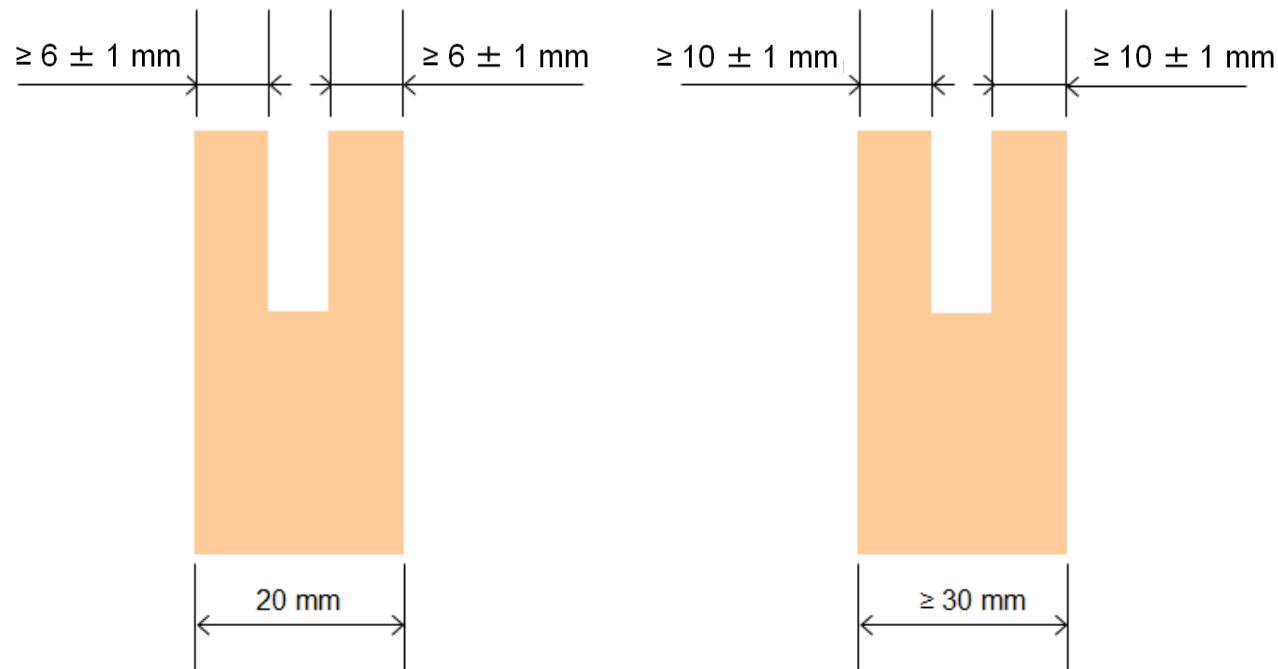
## Dimensions des plaques de pierre :

- Plus grande dimension : 1,40 m
- Surface maximale : 1 m<sup>2</sup>
- Elancement maximal (L/l) : 3
- Epaisseur minimale (en partie courante et hors exigences sur les chocs) :
  - 20 mm pour une hauteur de façade maximale de 6 m
  - 27 mm pour les autres cas

# LES PRINCIPALES DISPOSITIONS

## Prescriptions liées aux attaches :

- Nombre d'attaches par plaque : **4** (dans les chants horizontaux ou verticaux)
- Epaisseur restante de pierre minimale :

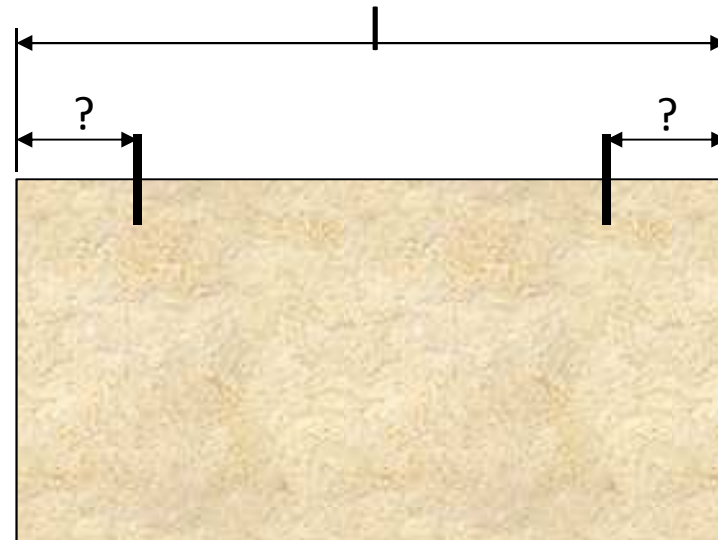


# LES PRINCIPALES DISPOSITIONS

## Prescriptions liées aux attaches :

Positionnement des trous de fixation :

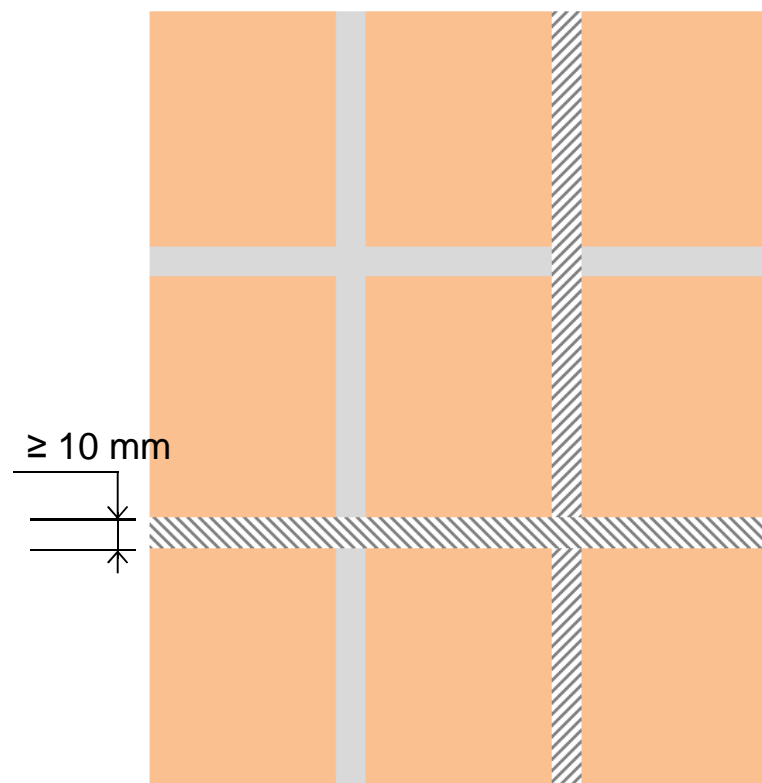
- $l/4 (\pm 2\text{cm})$  si  $l \leq 60 \text{ cm}$
- $l/5 (\pm 2\text{cm})$  si  $60 \text{ cm} < l \leq 100 \text{ cm}$
- $l/6 (\pm 2\text{cm})$  si  $l > 100 \text{ cm}$



# LES PRINCIPALES DISPOSITIONS

## Prescriptions liées aux joints :

$5 \text{ mm} \leq e \leq 10 \text{ mm}$   $\geq 8 \text{ mm}$



- Joint courant entre plaques : rempli au mortier non tachant et ayant un faible retrait
- Joint souple (fractionnement ou dilatation) horizontal.  
Tous les 3 m en extérieur et 6 m en intérieur
- Joint souple (fractionnement ou dilatation) vertical.  
Aux angles, à moins de 3 m des extrémités et tous les 8 m environ
- Éléments en pierre naturelle



# LES PRINCIPALES DISPOSITIONS

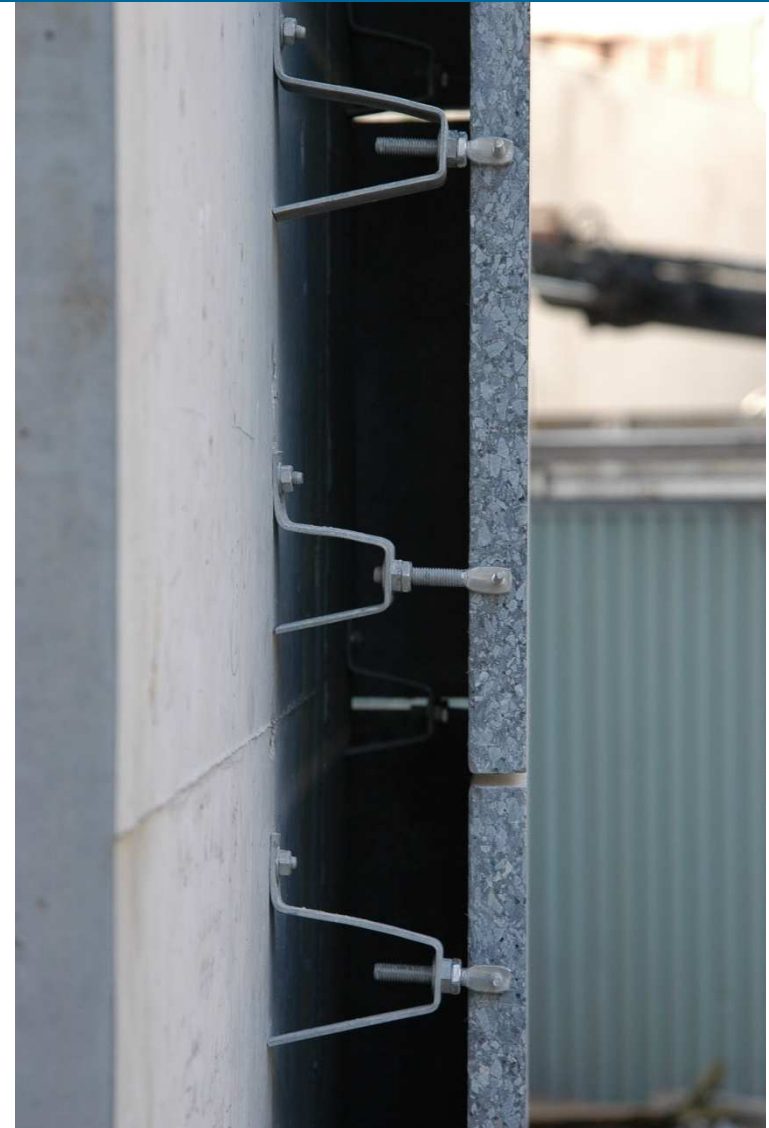
## Prescriptions liées aux matériaux :

- Les produits utilisés (mortiers, coulis, mastics...) doivent être **non-tachant**
- Les fils, attaches, ergots et chevilles de fixation doivent être en **acier inoxydable dans la masse**
- Les ossatures, en extérieur, doivent être en acier inoxydable dans la masse, en aluminium ou alliage d'aluminium
- Les ossatures, en intérieur, doivent être protégées contre la corrosion

# LES PRINCIPALES DISPOSITIONS

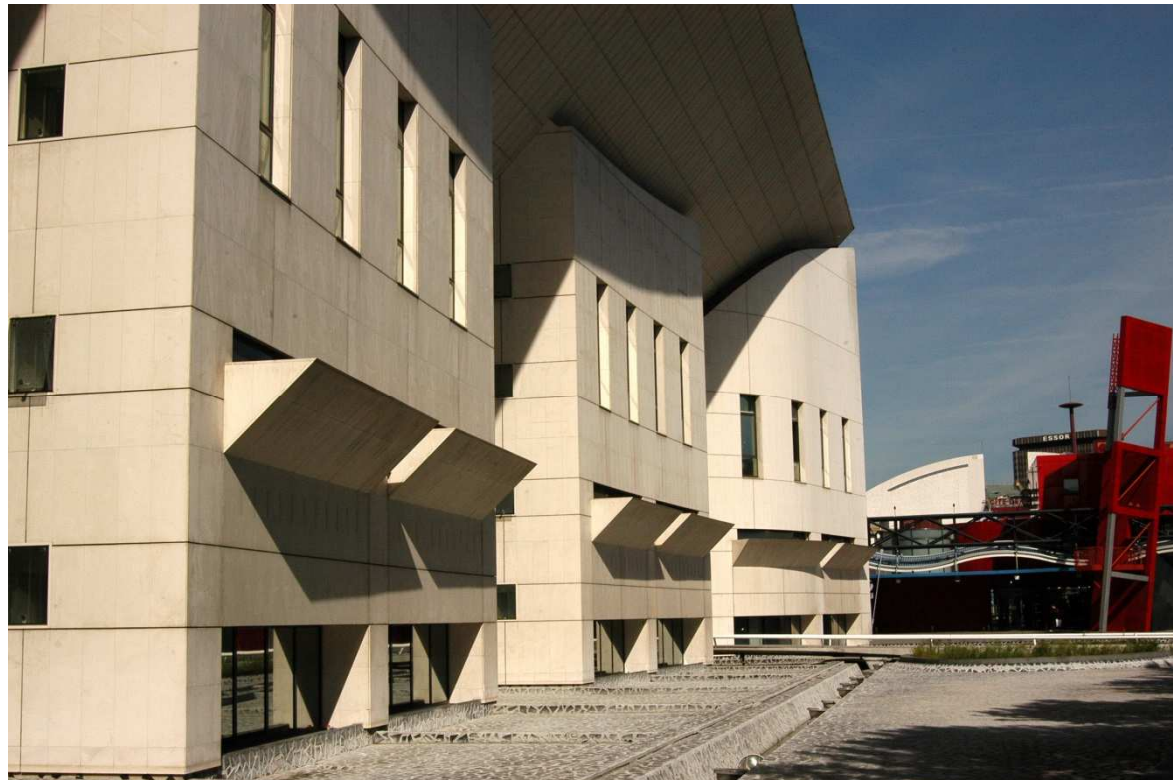
## Autres prescriptions :

- La fixation des attaches au support par cheville à expansion justifiée en traction et en durabilité
- Une **lame d'air** d'au moins **2 cm** doit être préservée entre le revêtement et le support ou l'isolant
- En rez-de-chaussée, les contraintes liées aux **chocs** doivent être prises en compte



# LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES

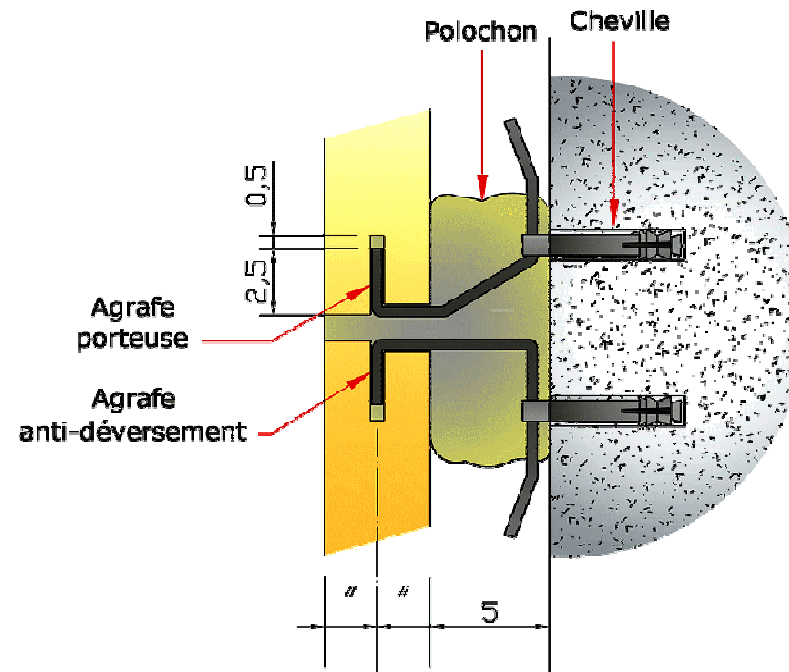
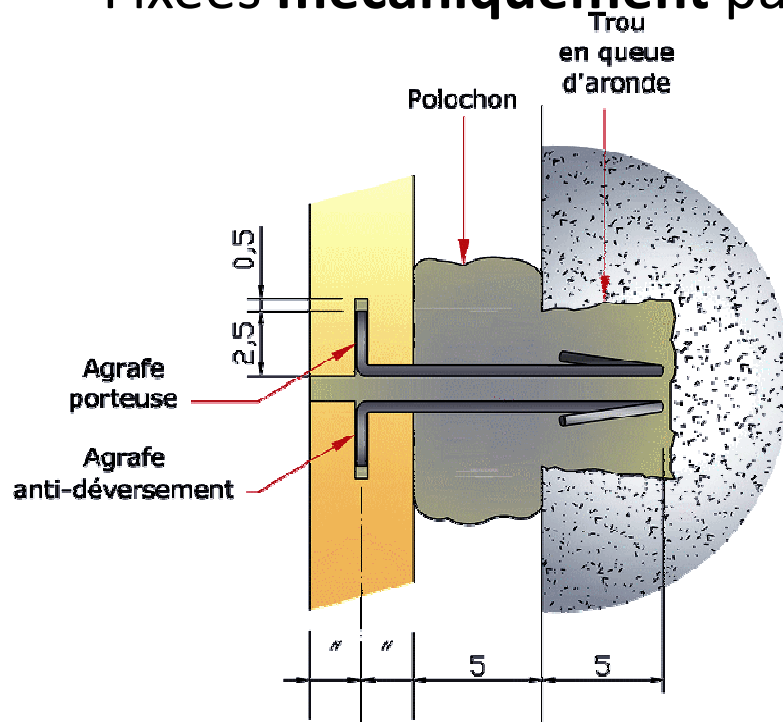
- Revêtements attachés par **agrafes métalliques avec polochons**
- Revêtements fixés par **attaches métalliques sans polochons**
- Revêtements fixés sur **ossature intermédiaire**



# REVÊTEMENTS ATTACHÉS PAR AGRAFES MÉTALLIQUES ET POLOCHONS

Les **agrafes** peuvent être :

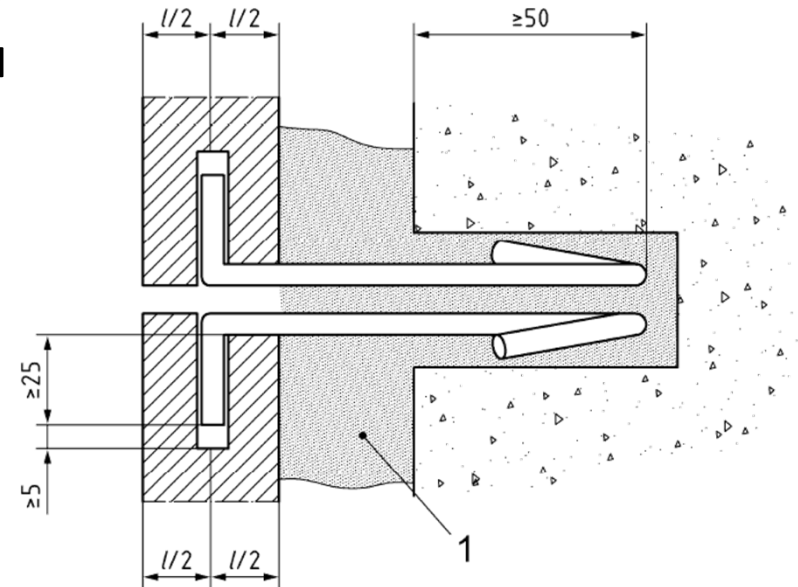
- **Scellées** sur au moins **5 cm de profondeur** (et 1 cm d'enrobage minimum) au support avec du mortier de ciment ou du plâtre (en intérieur uniquement);
- Fixées **mécaniquement** par des chevilles à œillets.



# REVÊTEMENTS ATTACHÉS PAR AGRAFES MÉTALLIQUES ET POLOCHONS

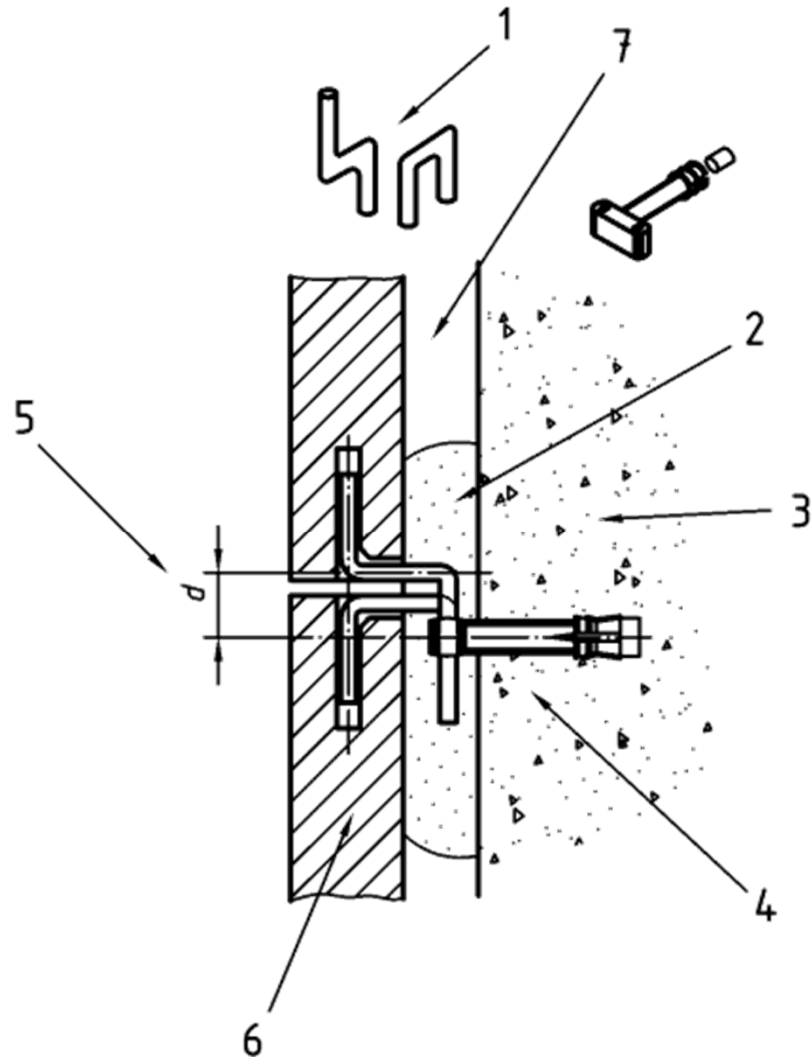
## Conditions à respecter :

- **Absence d'une couche d'isolation** côté extérieur du mur support
- Les **joints vides ne sont pas autorisés**, ils doivent être remplis au mortier :
  - Hauteur limite 28 m
  - Epaisseur des plaques  $\leq 60$  mm
  - Distance entre la face arrière de la plaque et le support 2 cm à 5 cm
- Le diamètre du fil des agrafes varie entre 4 et 6 mm selon l'épaisseur des plaques.





# REVÊTEMENTS ATTACHÉS PAR AGRAFES MÉTALLIQUES ET POLOCHONS



Une même cheville à expansion peut être associée à deux agrafes intéressant deux plaques voisines (sauf au droit des joints de fractionnement).

L'excentricité maximale est de **40 mm** afin d'avoir une transmission d'effort la plus directe possible.

## Légende

1. Agrafe de fil
2. Polochon de mortier
3. Mur support béton
4. Cheville de frappe à double œillet
5. Excentricité  $d \leq 40$  mm
6. Pierre
7. Vide d'air

# REVÊTEMENTS ATTACHÉS PAR AGRAFES MÉTALLIQUES ET POLOCHONS

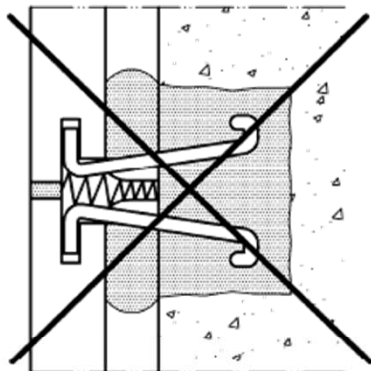
Les polochons doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Ils doivent entourer complètement les attaches
- Ils doivent recouvrir complètement le scellement lorsqu'il y en a un
- Leur épaisseur correspond à celle du vide entre la pierre et le support
- Leur consistance doit être ferme

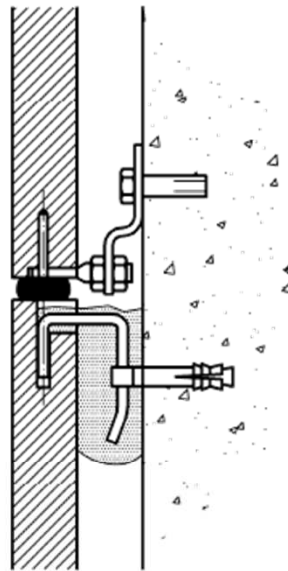
Les **polochons continus** ne sont admis que dans le cas de revêtements nécessitant un **renforcement vis-à-vis du choc**.

# REVÊTEMENTS ATTACHÉS PAR AGRAFES MÉTALLIQUES ET POLOCHONS

Les polochons, ne doivent pas être exécutés à cheval sur les joints de support mais de part et d'autre.

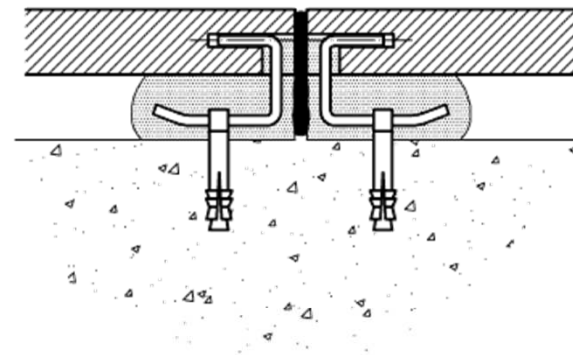


a) Agrafes porteuses sur chant horizontal et verticaux non admises



1

b) Pattes porteuses sur chants horizontaux



2

c) Agrafes porteuses indépendantes dans chants verticaux

## Légende

- 1 Joint de fractionnement horizontal
- 2 Joint de fractionnement vertical

# REVÊTEMENTS ATTACHÉS PAR AGRAFES MÉTALLIQUES ET POLOCHONS

## Avantages du système :

- Applicable à tous types de support plein (sans isolant).

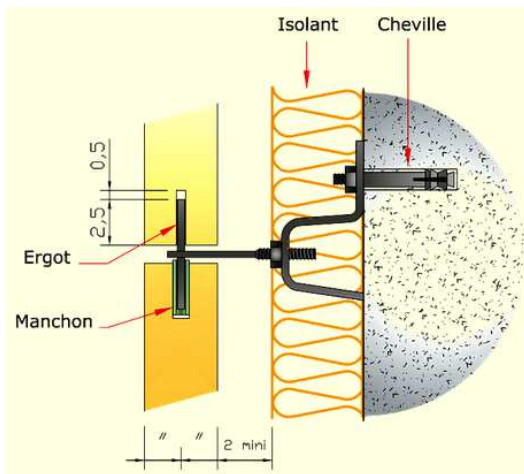
## Inconvénients du système :

- Impossibilité de placer un isolant extérieur.
- Nécessite une main d'œuvre qualifiée
- Nécessité d'effectuer un calage soigné de toutes les pierres pendant la durée de prise du mortier de scellement dans le support.
- Attention, des taches grasses au niveau des joints souples ou des points d'attache (en culotte) peuvent apparaître si le mastic utilisé n'est pas compatible avec les matériaux poreux (taches dues à la migration des solvants des mastics).

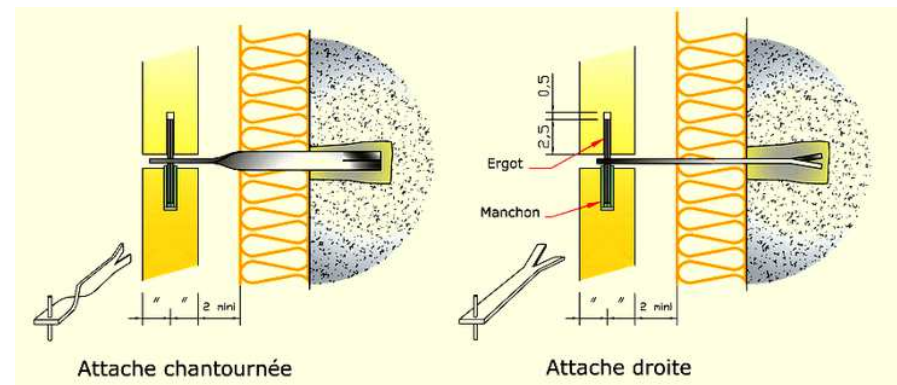
# REVÊTEMENTS FIXÉS PAR ATTACHES METALLIQUES SANS POLOCHONS

Les attaches peuvent être fixées :

## Mécaniquement



## Par scellement





# REVÊTEMENTS FIXÉS PAR ATTACHES METALLIQUES SANS POLOCHONS

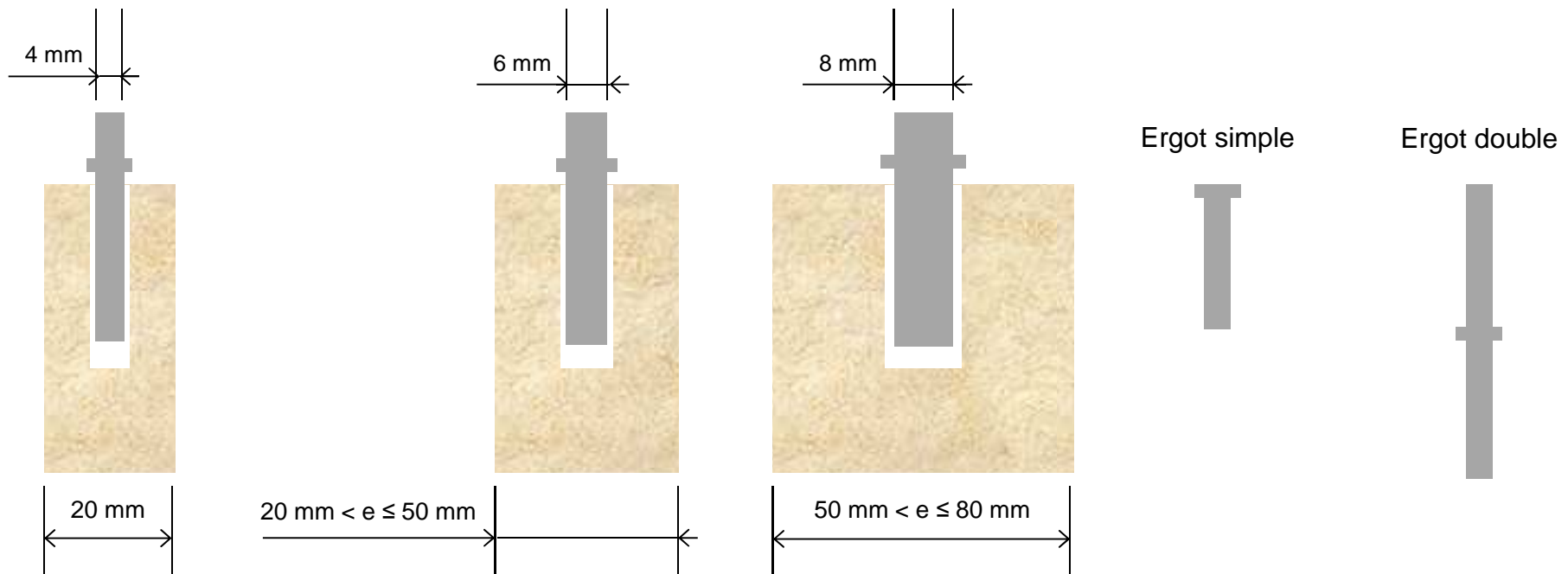
Ce dispositif doit assurer les fonctions suivantes :

- Supporter le poids du revêtement
- Empêcher le déversement
- Absorber les déformations différentielles entre le revêtement et le support
- Intervenir dans le comportement aux chocs

Ces fonctions doivent faire l'objet de justifications

# REVÊTEMENTS FIXÉS PAR ATTACHES METALLIQUES SANS POLOCHONS

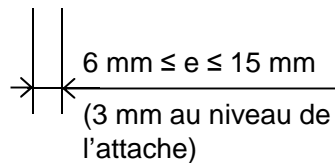
Pour la fixation par **ergots** (simples ou doubles), leur diamètre dépend de l'épaisseur des pierres (sans excéder 80 mm) :



# REVÊTEMENTS FIXÉS PAR ATTACHES METALLIQUES SANS POLOCHONS

Entre les plaques fixées par attaches métalliques, **trois types de joints** peuvent être employés :

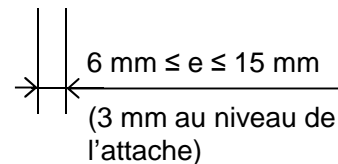
Joints vides



 Plaque de pierre

 Joint

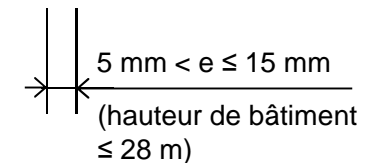
Joints calfeutrés  
au mastic souple



 Plaque de pierre

 Joint

Joints calfeutrés  
au mortier ou de largeur réduite



 Plaque de pierre

 Joint

# REVÊTEMENTS FIXÉS PAR ATTACHES METALLIQUES SANS POLOCHONS

## Avantages du système :

- Permet de placer un isolant extérieur.
- Pas de polochon car les pattes résistent à la traction, à la compression et bien sûr à la flexion.
- Dans le cas de pattes chevillées : pas de mortier de scellement dans le support et réglage possible.

## Inconvénients du système :

- Dans le cas de pose de pattes chevillées : nécessité d'avoir un support de maçonneries pleines ou du béton.
- Dans le cas de pattes scellées : nécessité d'effectuer un calage soigné de toutes les pierres pendant la durée de prise du mortier de scellement dans le support.

# REVÊTEMENTS FIXÉS SUR OSSATURE INTERMÉDIAIRE

Trois parties composent le revêtement :

- Une ossature intermédiaire ancrée sur le support. Elle peut concerner la totalité du revêtement ou être localisée en quelques points singuliers.
- Une lame d'air d'au moins 2 cm entre le dos de la pierre et le support ou l'isolant thermique
- Une fixation mécanique des pierres sur l'ossature

La longueur maximale des profilés de l'ossature verticale en acier est au maximum égale à la distance entre joints de fractionnement horizontaux.

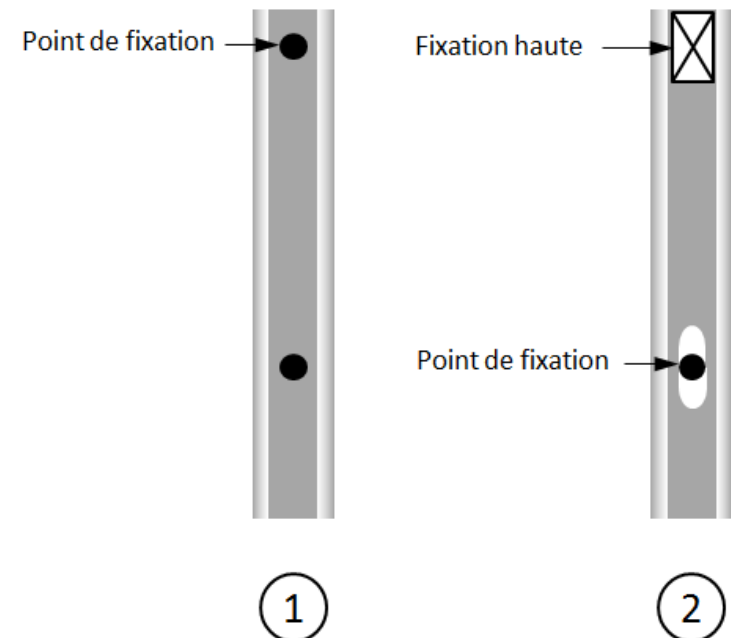




# REVÊTEMENTS FIXÉS SUR OSSATURE INTERMÉDIAIRE

Le tableau suivant définit la conception des ossatures.

	Caractéristique	Sollicitation verticale	Sollicitation horizontale
bridée (1)	bloquée sur la paroi support à ces points de fixation	Reprise par l'ensemble des fixations	Reprise par l'ensemble des fixations
librement dilatable (2)	suspendue par la fixation haute, les autres fixations permettent la dilatation du montant vers le bas	Reprise uniquement par la fixation supérieure	Reprise par l'ensemble des fixations



# REVÊTEMENTS FIXÉS SUR OSSATURE INTERMÉDIAIRE

Les limites de longueur des ossatures dans le tableau suivant :

	Aluminium		Acier inoxydable	
	Joint durs	Joint souples ou ouverts	Joint durs	Joint souples ou ouverts
bridée	-	3 mètres	3 mètres	4.5 mètres
librement dilatable	3 mètres	4.5 mètres	3 mètres	6 mètres

Pour toute ossature, les points suivants doivent être justifiés :

- Le calepinage des éléments de paroi
- Les caractéristiques des pierres et les sollicitations au vent
- Les efforts repris par la fixation dans le gros œuvre

# REVÊTEMENTS FIXÉS SUR OSSATURE INTERMÉDIAIRE

## Avantage du système :

- Applicable à tous types de support.

## Inconvénient du système :

- Ce système rend le coût plus élevé

# LE CHANGEMENT DE PLAQUE

Deux cas possibles :

- Les attaches mécaniques existantes sont dans les **chants horizontaux**

Les pattes du chant inférieur, munies d'un  $\frac{1}{2}$  ergot dirigé vers le bas, assurent la fonction porteuse de la nouvelle plaque.

Le système est complété par 4 attaches cylindriques (dans les chants horizontaux ou verticaux) assurant les fonctions de retenue-déversement, déformations différentielles.

- Les attaches mécaniques existantes sont dans les **chants verticaux**

S'il est possible de placer deux pattes porteuses (sans ergot) dans le chant inférieur, nous revenons au cas précédent.

Si le chant inférieur n'est pas utilisable, le système de fixation se compose uniquement des 4 attaches cylindriques munies d'un  $\frac{1}{2}$  ergot. Elles assurent toutes les fonctions.

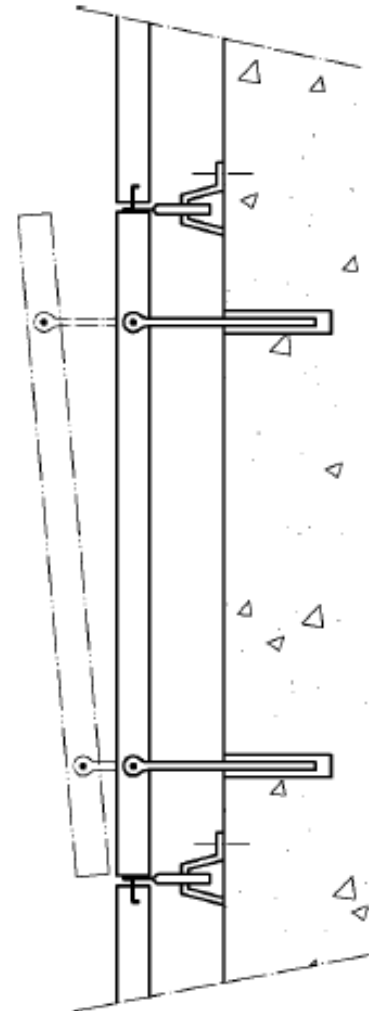
# LE CHANGEMENT DE PLAQUE

La mise en œuvre de la nouvelle plaque se fait « **en tiroir** ».

**4 percements** sont réalisés **dans le support** pour ancrer les nouvelles attaches et **remplis d'un produit de scellement**.

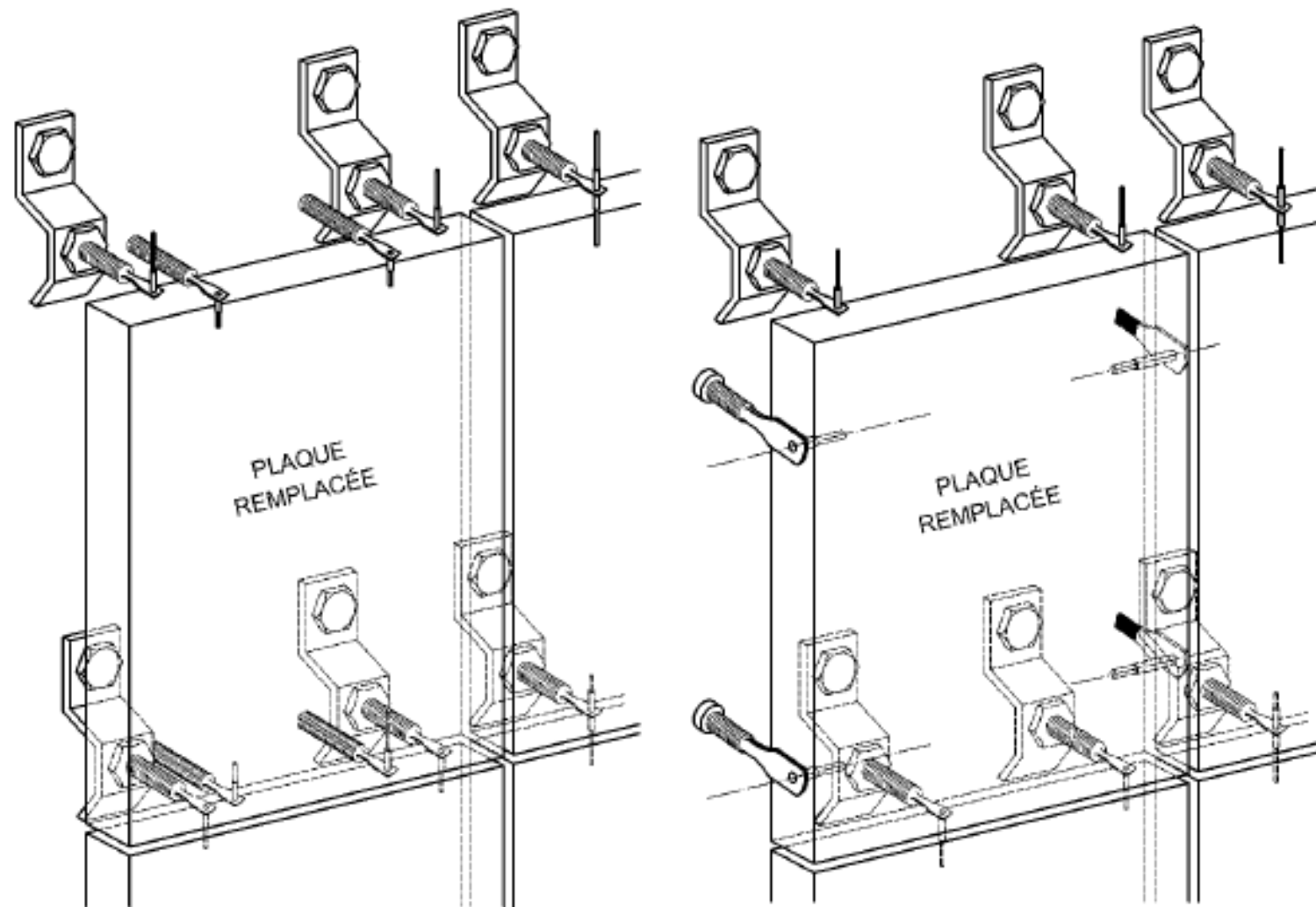
La plaque de pierre est présentée, **munie de ses 4 attaches**.

En inclinant la plaque de pierre, on insère d'abord les deux attaches cylindriques inférieures dans leur logement, puis par bascule on fait pénétrer les deux attaches supérieures dans leur logement.





# LE CHANGEMENT DE PLAQUE



# LE CALCUL AU VENT

Nouveau calcul de résistance au vent basé sur l'Eurocode 1.



[www.ctmnc.fr](http://www.ctmnc.fr)



## **DIMENSIONNEMENT AU VENT DTU 55.2**

---

Didier Pallix CTMNC

Journée Technique CTMNC du 15 avril 2015

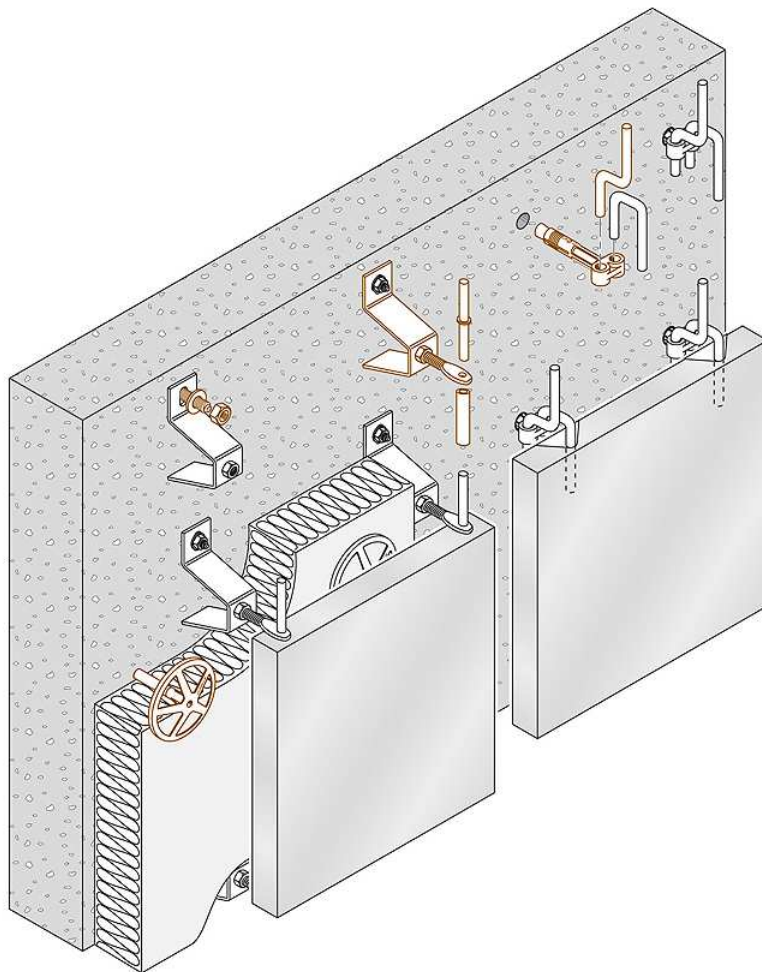
# SOMMAIRE

- **OBJET DE LA RÉVISION**
- **MODÈLE MÉCANIQUE**
- **MODÉLISATION PROBABILISTE**
- **VÉRIFICATION AUX ATTACHES**
- **VÉRIFICATION À LA FLEXION**
- **CALCUL DE L'ACTION AU VENT**
- **COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ**
- **DIMAPIERRE**





# RÉVISION DU DTU 55.2



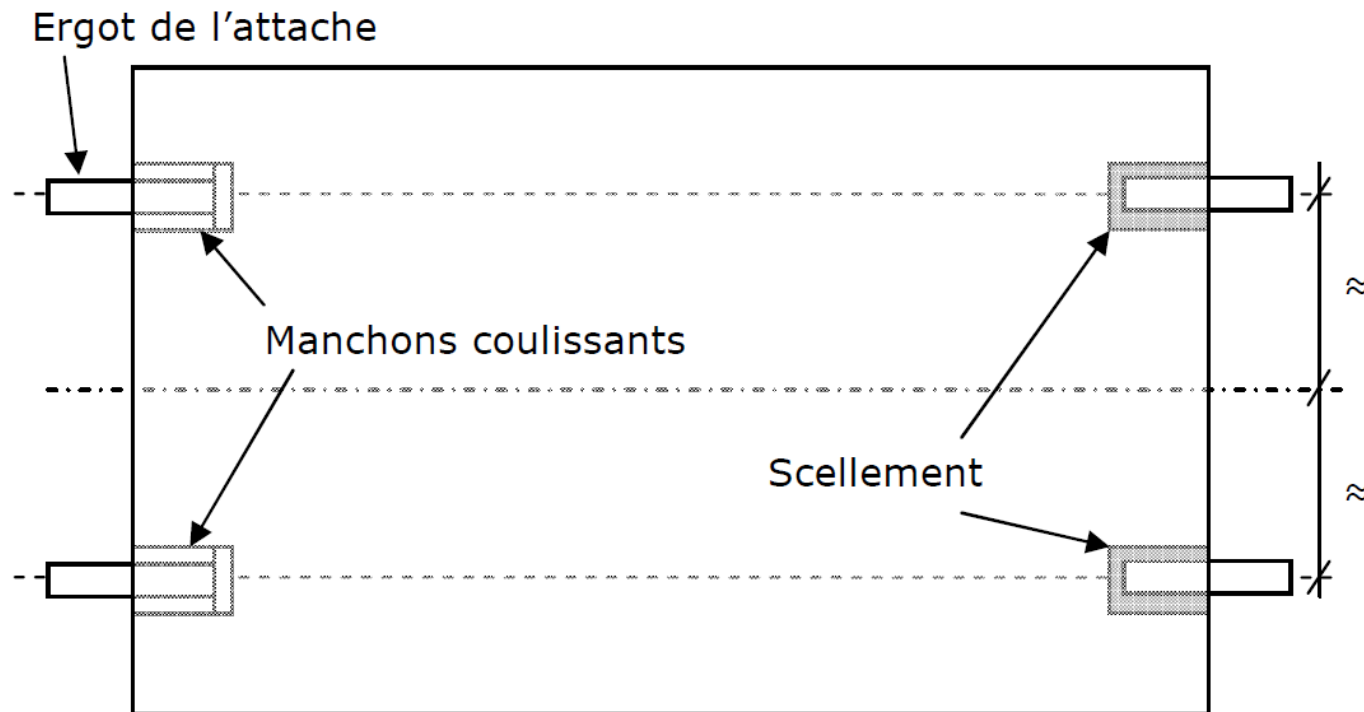
# RÉVISION DU DTU 55.2

Mise en cohérence des règles de calcul du DTU 55.2 avec le référentiel européen :

- Norme produit EN 1469 intégrant le marquage CE
- Normes d'essai EN 12 372 flexion et EN 13 364 résistance aux attaches
- Actions : EUROCODE 1 (EN 1991-1-4 ) en lieu et place des règles NV65
- Approche de type état limite : EUROCODE 0 (EN 1990)

# MODELE MECANIQUE

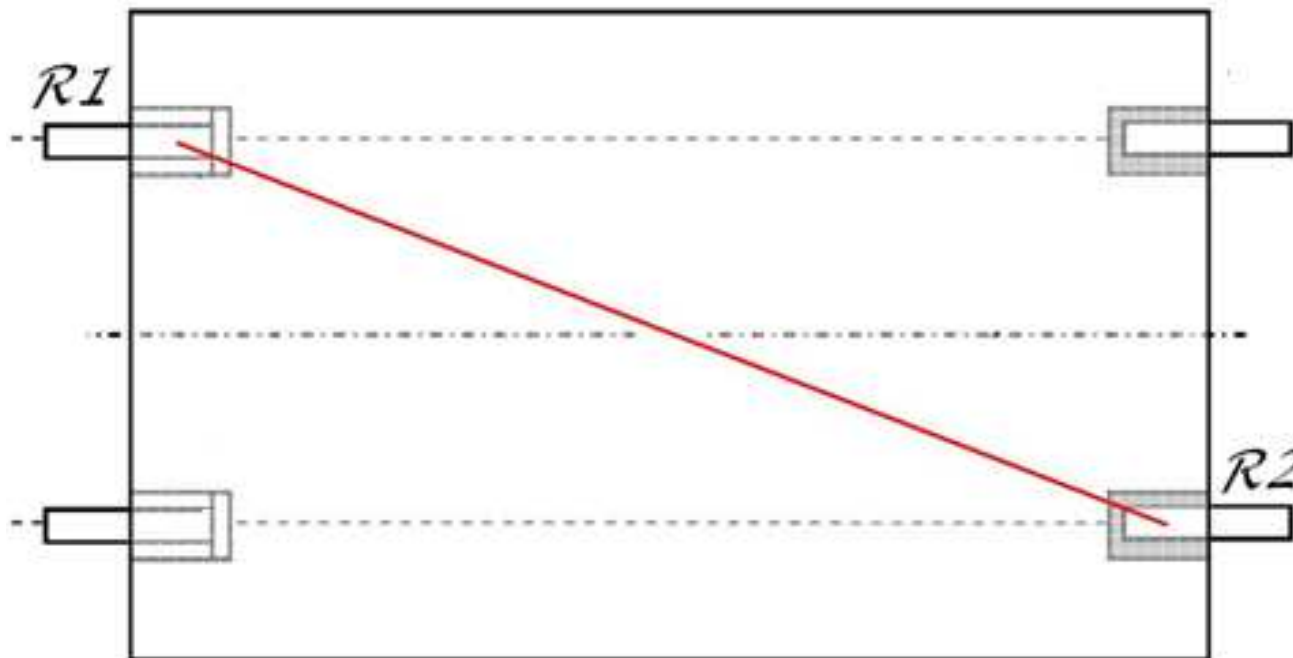
En théorie: plaque sur 4 appuis ponctuels



En pratique: seuls 3 appuis sont concernés

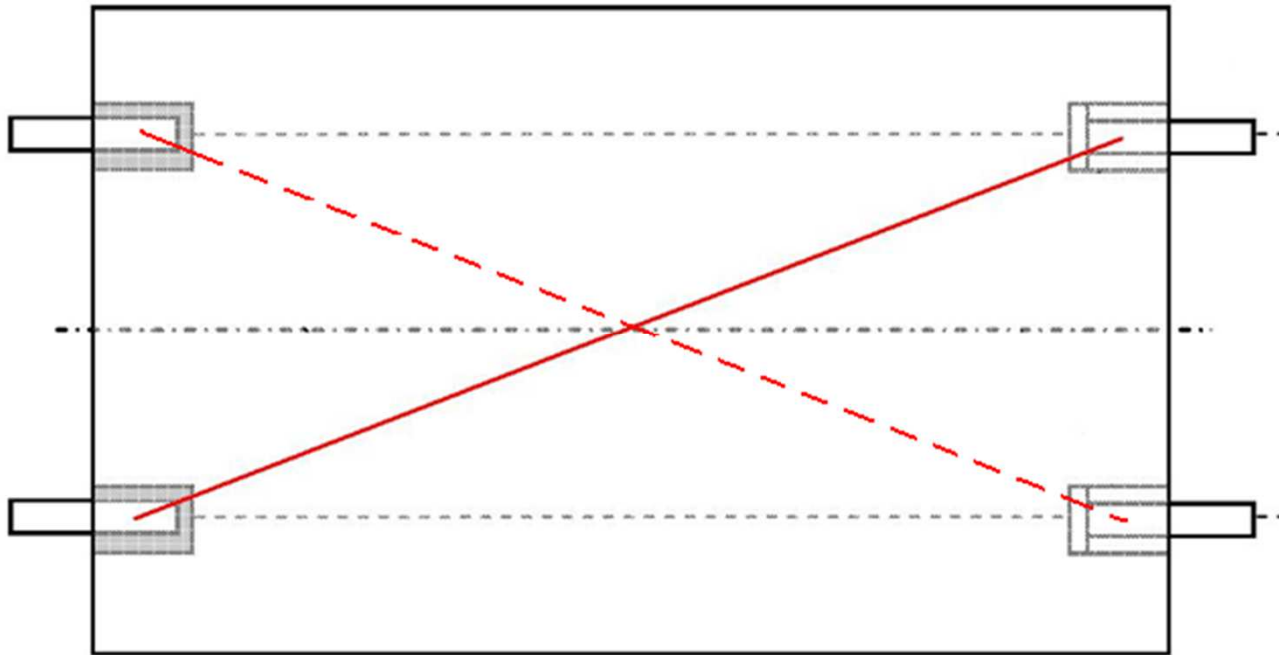
# MODELE MECANIQUE

Mais seuls 2 appuis sont sollicités



# MODELE MECANIQUE

Redondance structurale :  
Report possible sur les 2 autres attaches





# MODELISATION PROBABILISTE

- La modélisation utilisée a servi à déterminer les coefficients partiels de sécurité.
- Le but était d'atteindre un niveau de sécurité suffisant en évaluant les probabilités de défaillance.
- Les coefficients partiels de sécurité tiennent compte :
  - De la redondance de la résistance aux attaches
  - De la loi de distribution Log-normale

# MODELISATION PROBABILISTE

Pour en savoir plus :

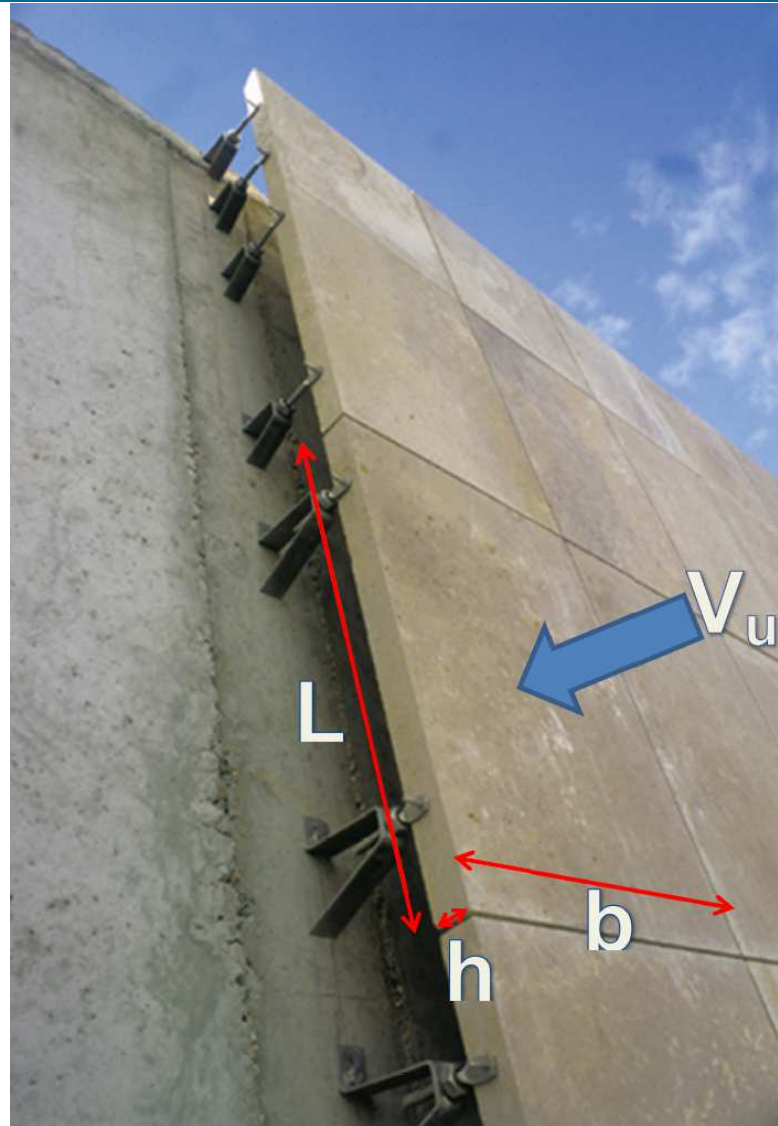
Le **e-cahier** du **CSTB N°3744** de février 2014 :

**« Approche probabiliste pour le dimensionnement des revêtements muraux attachés en pierre mince »**

*par Patrick Delmotte*



# CALCUL DE L'ACTION DU VENT



# VERIFICATION AUX ATTACHES

En partie courante, l'action au vent doit être inférieure à 2 fois la résistance aux attaches (2 fixations qui agissent par plaque).

$$V_u \cdot S < \frac{2 \cdot R_{emoy}}{C_{s,e}}$$

- $V_u$  est la pression du vent ultime sur la plaque
- $S$  est la surface de la plaque
- $R_{emoy}$  est la résistance moyenne aux attaches (NF EN 13364)
- $C_{s,e}$  est le coefficient de sécurité qui dépend du coefficient de variation de la pierre  $C_{v,e}$  donné par le PV d'essai (NF EN 13364)

# VERIFICATION A LA FLEXION\*

En partie courante, l'action au vent doit être inférieure à la résistance à la flexion de la plaque.

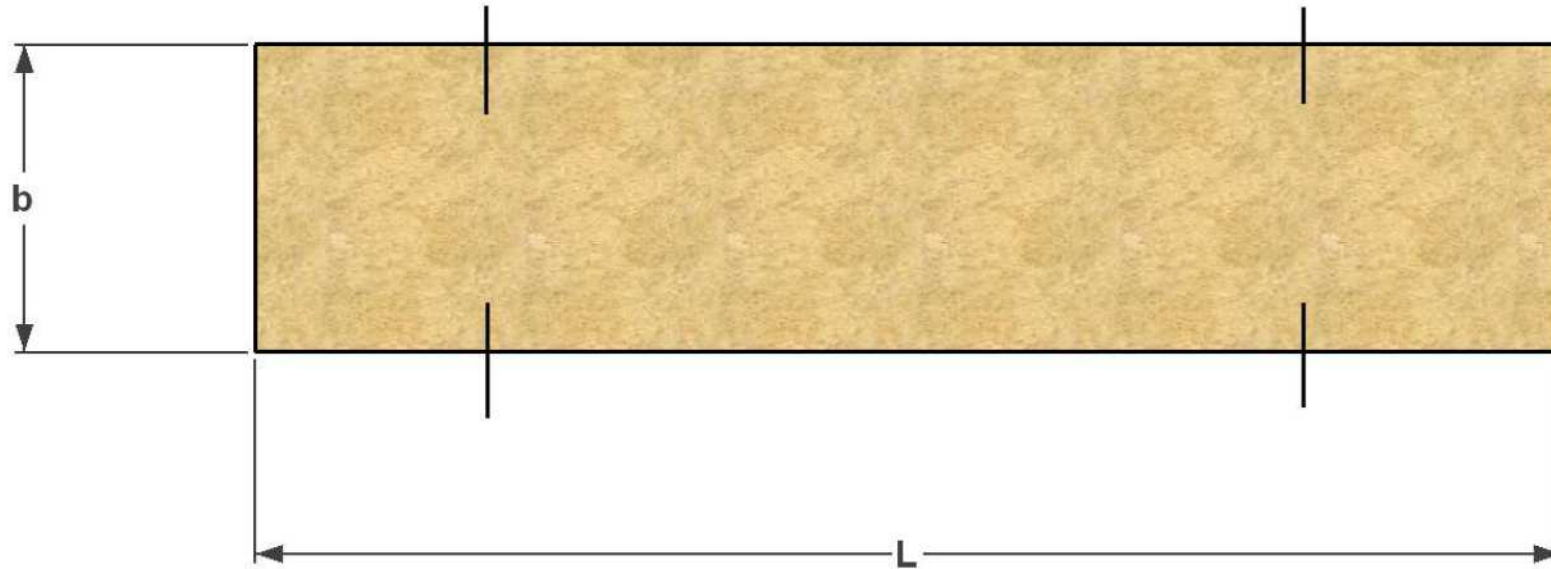
$$V_u \cdot b \cdot L \cdot \left( \frac{3 \cdot L}{4 \cdot b \cdot h^2} \right) < \frac{R_{fmoy}}{C_{s,f}}$$

- $V_u$  est la pression du vent ultime sur la plaque
- $R_{fmoy}$  est la résistance moyenne à la flexion (NF EN 12372)
- $C_{s,f}$  est le coefficient de sécurité qui dépend du coefficient de variation de la pierre  $C_{v,f}$  donné par le PV d'essai (NF EN 12372)

**\* A vérifier si élancement ( $L/b$ ) > 3**



# VERIFICATION A LA FLEXION



- L est la dimension de la plaque dans la direction de la portée
- b est la dimension de la plaque perpendiculaire à la portée
- h est l'épaisseur de la pierre

# CALCUL DE L'ACTION DU VENT

$V_u$ , la pression du vent ultime, est donnée par le DTU.

Elle est issue de l'annexe nationale de l'EUROCODE 1 et dépend de :

- la localisation de la construction (**région**)
- du relief, la rugosité du terrain, la présence d'obstacles (**zone**)
- la hauteur par rapport au sol (**H**)

# COEFFICIENTS DE SECURITE

Les coefficients de sécurité  $C_{s,e}$  et  $C_{s,f}$  (supérieur à 1,5) sont déterminés en fonction du **coefficient de variation**  $C_{v,e}$  ou  $C_{v,f}$  .

Les coefficients de variation sont donnés par les essais de résistance à l'arrachement des ergots ou des essais de flexion.

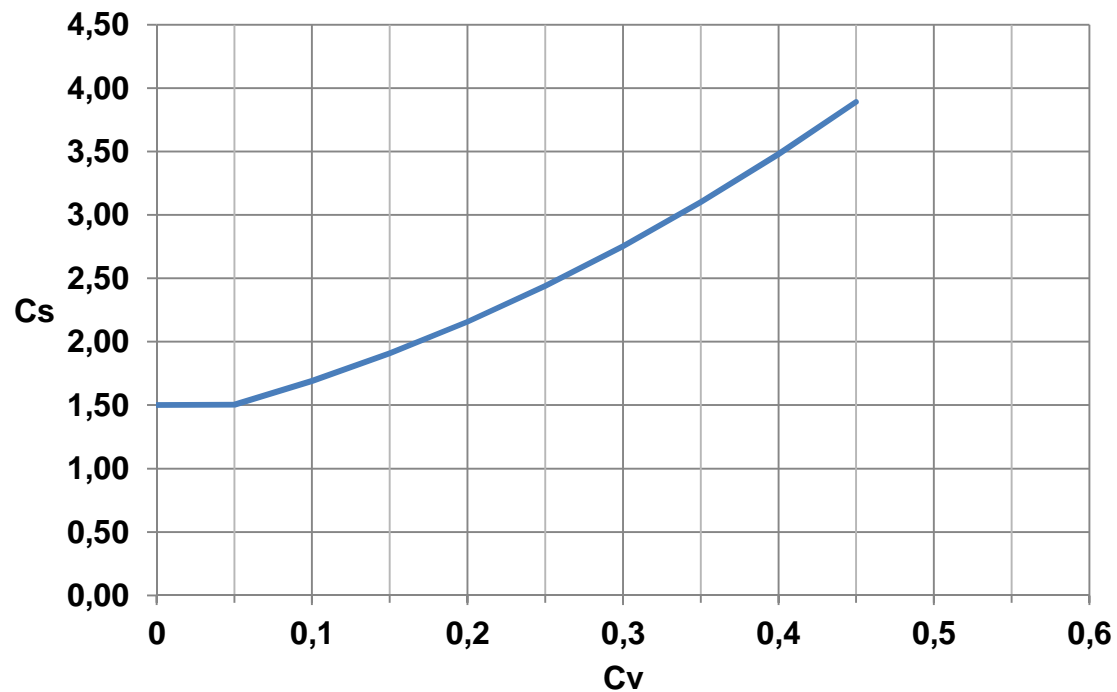
Ils se calculent selon la formule suivante :  

$$C_s = 1.35 + 2.75C_v + 6.43C_v^2$$

Emplacement de la rupture sur l'éprouvette	Résistance à la flexion $R_{tf}$ (MPa)
axe transversal médian	7,5
à 12 mm du milieu	8,6
axe transversal médian	8,4
axe transversal médian	7,0
axe transversal médian	7,8
axe transversal médian	8,3
à 11 mm du milieu	7,7
axe transversal médian	5,9
à 11 mm du milieu	5,3
à 13 mm du milieu	8,2
<b>Résistance moyenne (MPa)</b>	<b>7,5</b>
<b>Ecart-type (MPa)</b>	<b>1,1</b>
<b>Coefficient de variation (%)</b>	<b>14,8</b>

# COEFFICIENTS DE SECURITE

$C_{v,e}$ ou $C_{v,f}$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
$C_{s,e}$ ou $C_{s,f}$	1,50	1,69	1,91	2,16	2,44	2,75	3,10	3,48	3,89



# COEFFICIENTS DE SECURITE

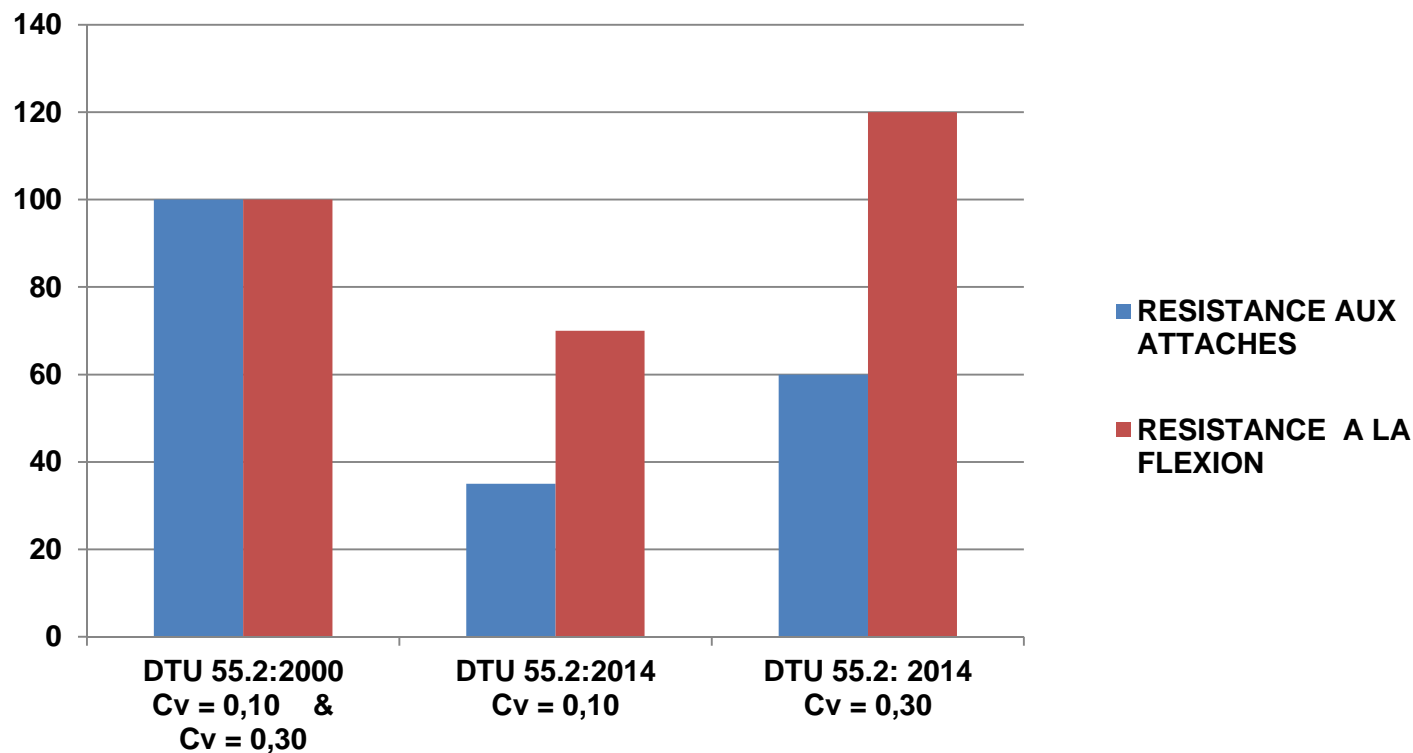
Les pierres dont le coefficient de variation  $C_v$  (écart-Type/Moyenne) est supérieur à 0,45 ne peuvent pas être employées.





# COEFFICIENTS DE SECURITE

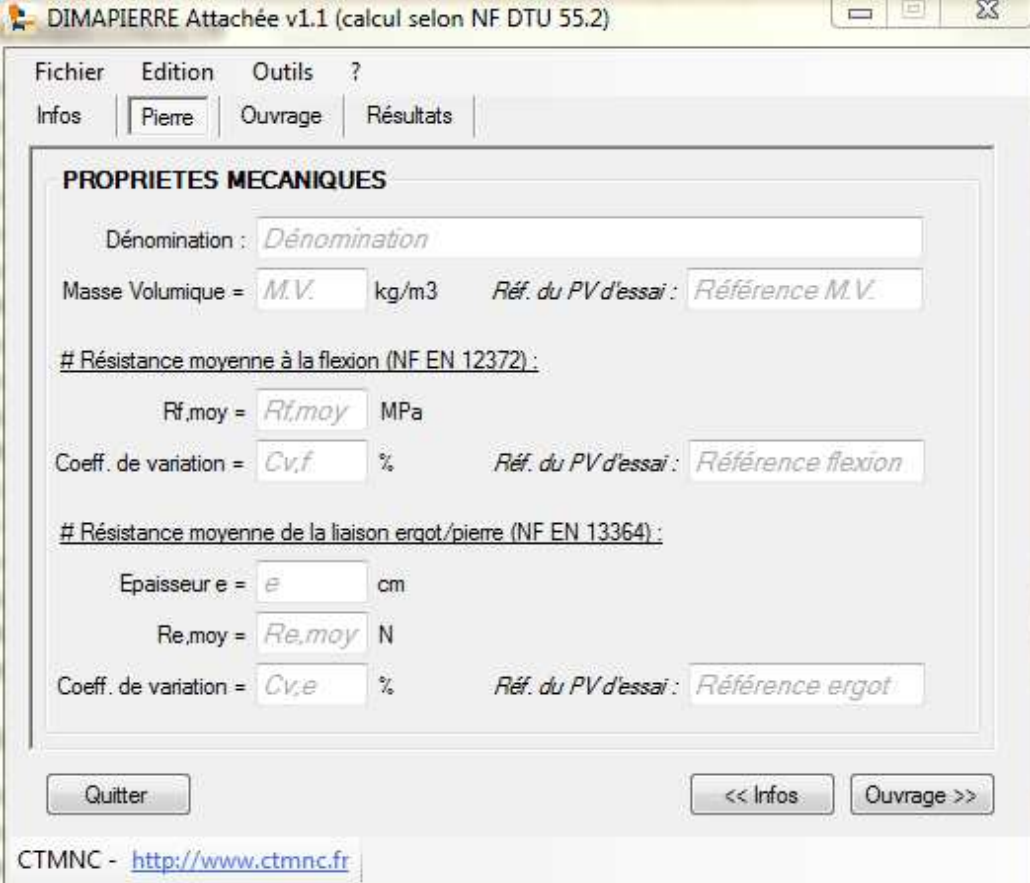
Comparaison entre le DTU 55.2 (2000) et DTU 55.2 (2014) pour une plaque de  $1\text{m}^2$  ( $L=1,4\text{m}, b=0,70\text{m}$ ) en zone urbaine.



# DIMAPIERRE attachée

Le CTMNC met librement à disposition sur son site [www.ctmnc.fr](http://www.ctmnc.fr) un logiciel de vérification du dimensionnement des revêtements en pierre attachée pour l'action du vent et les effets sismiques

**DIMAPIERRE attachée**



DIMAPIERRE Attachée v1.1 (calcul selon NF DTU 55.2)

Fichier Edition Outils ?

Infos Pierre Ouvrage Résultats

**PROPRIETES MECANQUES**

Dénomination :

Masse Volumique =  kg/m<sup>3</sup> Réf. du PV d'essai :

# Résistance moyenne à la flexion (NF EN 12372) :

Rf,moy =  MPa

Coeff. de variation =  % Réf. du PV d'essai :

# Résistance moyenne de la liaison ergot/pierre (NF EN 13364) :

Epaisseur e =  cm

Re,moy =  N

Coeff. de variation =  % Réf. du PV d'essai :

Quitter << Infos Ouvrage >>

CTMNC - <http://www.ctmnc.fr>

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



## DISPOSITIONS SISMIQUES POUR LA PIERRE ATTACHÉE

---

Laurent PLAGNOL - APAVE  
Membre du GT de rédaction

15 Avril 2015

## PLAN DE LA PRESENTATION

- Familles de bâtiments et de types d'ouvrage
- Organisation des textes techniques et réglementaires
- Objectifs suivis par le GT SISMIQUE – P65 A
- Orientations retenues par le GT SISMIQUE – P65 A
- Limitations du domaine d'emploi
- Hypothèses du dimensionnement
- Déroulement du dimensionnement
- Points clés des règles
- Conclusions

## FAMILLES DE BÂTIMENTS ET DE TYPES D'OUVRAGE

- Bâtiments à risque spécial (centrales nucléaires, casernes, hôpitaux,...)
- **Bâtiments à risque normal** (bureaux, immeubles, maisons,...)
- Ouvrages participants à la solidité des bâtiments (structures bois, acier ou béton),
- **Ouvrages participants au clos et au couvert** ce sont les éléments non structuraux (**ENS**) à l'extérieur (éléments de façade, de couverture, ....) ou à l'intérieur (cloisons, plafonds,....) ;
- Les équipements (chauffage, éclairage,...)



# ORGANISATION DES TEXTES TECHNIQUES ET RÉGLEMENTAIRES

**EUROCODE 8 (09-2005) + AN (12-2013) – Calcul des structures** pour la résistance aux séismes – partie 1 :règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments

**EUROCODE 8 (09-2005) – § 4.3.5 Eléments Non Structuraux**

4.3.5.2 Vérifications : définition de la force sismique horizontale  $F_a$

4.3.5.3 Coefficient d'importance  $\gamma_a = 1$  pour les cas courants

4.3.5.4 Coefficient de comportement  $q_a = 2$  pour les cas courants



**L'Eurocode 8 est insuffisant pour justifier les ENS aux actions sismiques**

# ORGANISATION DES TEXTES TECHNIQUES ET RÉGLEMENTAIRES

- **Arrêté du 22 octobre 2010** relatif aux bâtiments de la classe dite à risque normal (règles calcul EC 8, classifications des ouvrages, spectre d'accélération)
- **Arrêté du 15 septembre 2014** : règles calcul EC 8 pour justifier les ENS,
- **Guide MEDDE 2014** (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie) : « dimensionnement parasismique des ENS du cadre bâti »
- **Arrêté du 15 septembre 2014** pour les ENS:  
« tenir compte du caractère spécifique de leurs matériaux et des procédés constitutifs »



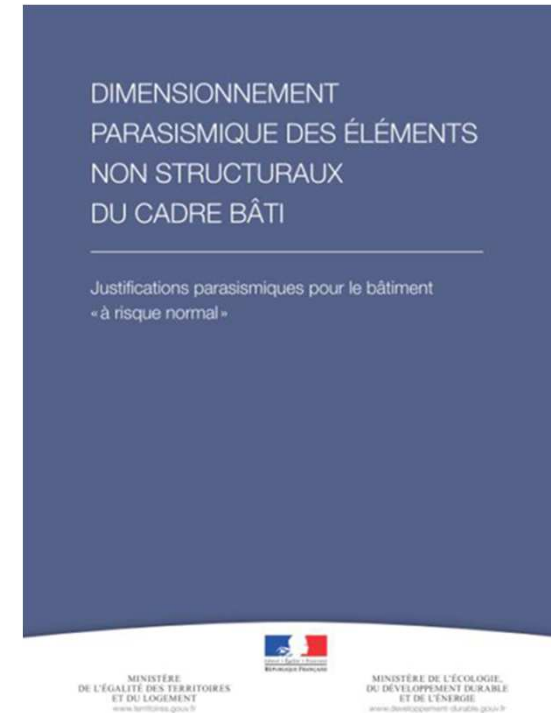
**Guide MEDDE insuffisant pour justifier les pierres attachés aux actions sismiques**



# ORGANISATION DES TEXTES TECHNIQUES ET RÉGLEMENTAIRES

## Guide MEDDE de dimensionnement parasismique des ENS :

- liste des ENS visés,
- ENS ne nécessitant pas une prise en compte du séisme
- Bâtiments visés (neuf et existant)
- Objectif de comportement (**sécurité des personnes**, limitation des dommages)
- **Effort inertiel** (composantes horizontale et verticales)
- Compatibilité avec déformations de la structure
- Combinaison des effets de l'action sismique (rappel des règles EC)
- **Dimensionnement des fixations** (chevilles)



# ORGANISATION DES TEXTES TECHNIQUES ET RÉGLEMENTAIRES

**REVÊTEMENTS MURAUX ATTACHÉS  
EN PIERRE MINCE**

**RÈGLES POUR LA CONCEPTION ET LA MISE EN  
ŒUVRE EN ZONES SISMIQUES**

**Version du 20 mars 2015**



**Règles suffisantes pour justifier les pierres attachées aux actions sismiques**

## OBJECTIFS DU GT SISMIQUE – P65 A

- assurer la protection des vies humaines par le non-effondrement des éléments non structuraux (ENS)
- fournir des règles accessible à tous et permettant de justifier des ouvrages devant répondre à des sollicitations mécaniques complexes
- être en cohérence avec le DTU 55.2
- être en cohérence avec les textes sismiques amonts (Eurocode 8 (09-2005) – § 4.3.5 , Arrêté du 15 septembre 2014 , guide MEDDE « dimensionnement parasismique des ENS du cadre bâti »)
- transcrire le caractère spécifique de la pierre naturelle et de son mode de fixation par attaches métalliques

## ORIENTATIONS RETENUES PAR LE GT SISMIQUE – P65 A

- Conservation des limites constructives des pierres du DTU 55.2 (dimensions, épaisseur, élancement)
- Viser les travaux neufs et la rénovation (Arrêté du 15 septembre 2014)
- Evaluation expérimentale de la **raideur** du corps de l'attache du DTU 55.2 pour
  - les sollicitations perpendiculaires au revêtement (**risque de chocs entre l'attache et son support**)
  - les sollicitations parallèle au revêtement (**risque d'entrechoquement des pierres**)
- Ouverture vers le calcul pour les pattes spéciales uniquement



# LIMITATIONS DU DOMAINE D'EMPLOI

- Limitation à la **France Métropolitaine** (zone de sismicité 5 non visée, pas d'accélération verticale)
- Limitation aux techniques du DTU 55.2 (**pattes mécaniques**) ayant fait l'objet d'essais (exclusion des attaches avec polochons et les pattes scellées)
- Limitation aux parois supports (**béton armé**) pour lesquelles des fixations validées en zone sismique dans le cadre d'un ATE (exclusion des maçonneries)
- Limitation à des conceptions de montage permettant de respecter les critères de justification (pattes dans les **joints horizontaux, joints vides**)
- Limitation de l'utilisation des outils de calculs numériques (priorité à l'**expérimentation** pour cette première version des règles)

# HYPOTHÈSES DU DIMENSIONNEMENT

- **Calcul statique** équivalent proposé par le §4.3.5.2 de l'EC 8.1
- Principe de répartition des efforts sur **deux** attaches du DTU 55.2
- Conservation de la notion de **coefficient de sécurité** du DTU 55.2 définie à partir des résultats aux essais de flexion et de résistance aux attaches
- Dimensionnement **en capacité** des chevilles proposé par le §2.6.3 des règles MEDDE « dimensionnement parasismique des ENS du cadre bâti »

# HYPOTHÈSES DU DIMENSIONNEMENT

## Propres aux systèmes de pierres attachées

- Les **attaches métalliques** satisfont aux conditions de **ductilité** et de redondance pour un coefficient de comportement  **$q_a = 2$**
- Le revêtement en **Pierre** présente un comportement **fragile** à la rupture: on prend un coefficient de comportement  **$q_a = 1$**
- Eu égard au rapport de dimensions entre une pierre et un étage courant, la compatibilité avec déformations de la structure (drift) n'est pas à justifier

*-Film essai parallélogramme*



## ETAPES DU DIMENSIONNEMENT

- **Calculer la force sismique horizontale  $F_a$**  en fonction de l'excitation sismique et du poids de la pierre ,



- **Calculer les forces sur les attaches** en fonction du type de montage,



- **Calculer les sollicitations dans les chevilles** en fonction de la géométrie de l'attache



- **Vérifier la raideur des attaches** pour éviter les déformations parasites

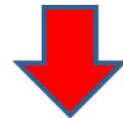


## ETAPES DU DIMENSIONNEMENT

- **Vérifier la résistance de la pierre** aux ergots



- **Vérifier que la largeur de joints verticaux** pour éviter l'entrechoquement entre pierres

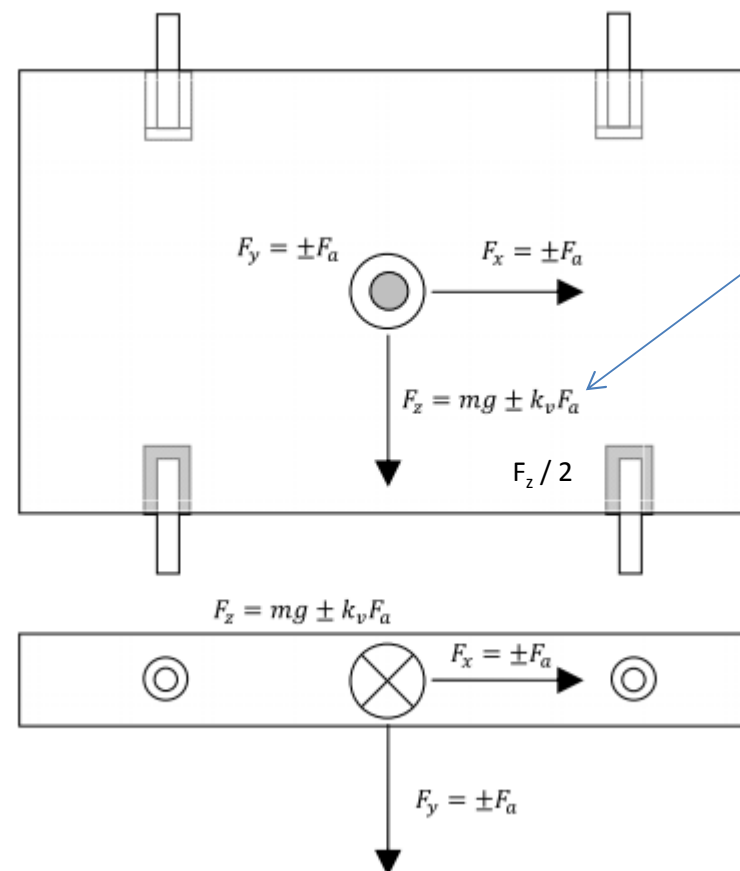


- **Choisir les chevilles** sous ATE adaptées

# POINTS CLÉS DES RÈGLES

$F_a = k_a * m$  en daN  
où  
 $m$  = masse de la pierre  
en kg  
 $k_a$  = accélération  
horizontale donnée par  
tableau 2 ou 3 des  
Règles

Exemple:  $m = 50$  kg



$k_v = 0$   
(zone  
sismique 5  
non visée)



# POINTS CLÉS DES RÈGLES

Valeur de  $k_a$  (accélération sismique horizontale) dans le cas d'un bâtiment neuf

Valeurs de l'accélération sismique horizontale $k \times \gamma_I \times a_{gr} \times S$ (m/s <sup>2</sup> )					
	Classe de sol	Catégorie d'importance de bâtiment			
		I	II	III	IV
Zone de sismicité 1	A				
	B				
	C				
	D				
	E				
Zone de sismicité 2	A			2,31	2,70
	B			3,12	3,64
	C			3,47	4,04
	D			3,70	4,31
	E			4,16	4,85
Zone de sismicité 3	A		3,03	3,63	4,24
	B		4,08	4,90	5,72
	C		4,54	5,45	6,35
	D		4,84	5,81	6,78
	E		5,45	6,53	7,62
Zone de sismicité 4	A		4,40	5,28	6,16
	B		5,94	7,13	8,32
	C		6,60	7,92	9,24
	D		7,04	8,45	9,86
	E		7,92	9,50	11,09

$k_a$  est calculé avec  $q_a = 2$

Exemple:

- zone sismique 3,
- catégorie bâtiment III,
- classe de sol C

Alors  $k_a = 5.45 \text{ m/s}^2$

## POINTS CLÉS DES RÈGLES

Deux vérifications pour la pierre:

- résistance en flexion (**f**)
- résistance aux attaches (**e**)

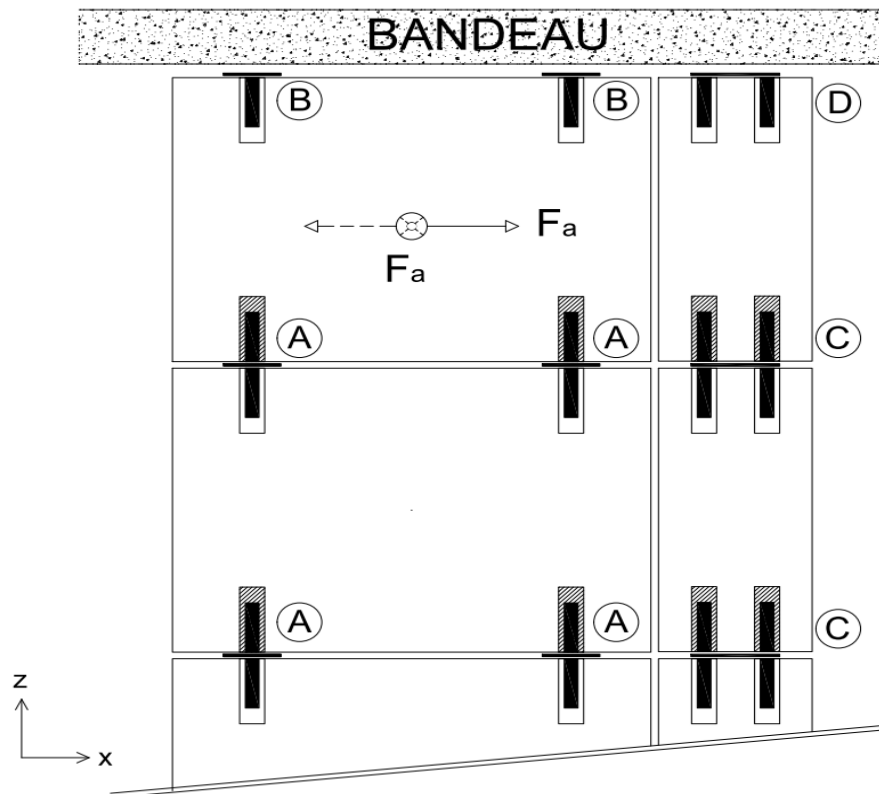
$C_v$ (Coefficient de variation issu de l'essai)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
$C_{s, sis}$ (Coefficient de sécurité en zones sismiques)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,63	1,84	2,07	2,32	2,59

**Attention:  $C_{s, sis} \neq C_{s, DTU}$**

$$R_{f, sis} = \frac{R_{fmoy}}{C_{s, f, sis}} \quad R_{e, sis} = \frac{R_{emoy}}{C_{s, e, sis}}$$

# POINTS CLÉS DES RÈGLES

Vérification de la résistance mécanique des attaches  
suivant le **type de montage**



# POINTS CLÉS DES RÈGLES

## Identification du **type de montage**

Type de montage	N = Nombre de plaques maintenues par l'attache	Nombre de fixations par plaque	$F_{n,attache}$ Ou $F_{p,attache}$
A	2	4	Fa
B	1	4	0.5 * Fa
C	2	2	Fa
D	1	2	0.5 * Fa

**Exemple : montage type A,  $F_a = k_a * m = 5.45 * 50 = 273 \text{ N}$**

**$F_{noup,attache} = 273 \text{ N}$**

## POINTS CLÉS DES RÈGLES

Vérification de la **résistance de l'attache** dans les directions **normale et perpendiculaire** à la plaque

$R_{n \text{ ou } p, \text{attache}}$  est déterminée selon la méthode indiquée en annexe et dans l'Avis Technique de l'attache.

$$R_{n, \text{attache}} \geq F_{n, \text{attache}}$$

$$R_{p, \text{attache}} \geq F_{p, \text{attache}}$$

Déplacement (mm)	
Perpendiculaire	Force (N)
0	0
0,5	100
1,4	250
2,2	450
4,5	750
6	HS

Tableau déplacement d'un fournisseur d'attache:

$F_{p, \text{attache}} \text{ max} = 750 \text{ N} > 273 \text{ N}$   
d'où  $d \text{ max} = 4.5 \text{ mm}$

$d(F_{p, \text{attache}}) = d(273 \text{ N}) = 1.5 \text{ mm}$

# DISPOSITIONS SISMIQUES POUR LA PIERRE ATTACHÉE

## POINTS CLÉS DES RÈGLES

Vérification du **non-entrechoquement** des pierres :  
la largeur du joint vertical entre pierres  $e$  (en mm) doit vérifier l'inégalité suivante :

$$e \geq \max [6; 1,4 \times 2 d(F_{p,attache})]$$

Où  $d$  est le déplacement de l'attache

### Exemple:

Suivant le tableau fournisseur ,on a :  $d(F_{p,attache}) = d(273 \text{ N}) = 1.5 \text{ mm}$

Soit une largeur minimale du joint =  $1.4 \times 2 \times d(F_{p,attache}) = 4.2 \text{ mm}$

D'où largeur des joints verticaux admissible = 6 mm

*Film essai excitation dans le plan*





# CONCLUSIONS

- Le **risque d'entrechoquement** dépend de la rigidité de **l'attache**
- Le **risque de choc au support** dépend de la conception de **l'attache**
- le choix de **la pierre** (élément fragile du système) est déterminant sur ses comportements à **l'entrechoquement** (casse puis chute)
- La connaissance des performances des composants (chevilles, attaches et pierre) est indispensable
- Evolution prévisible des règles vers une approche **dynamique** des phénomènes et à l'utilisation de logiciel de **calculs numériques**

# DISPOSITIONS SISMIQUES POUR LA PIERRE ATTACHÉE

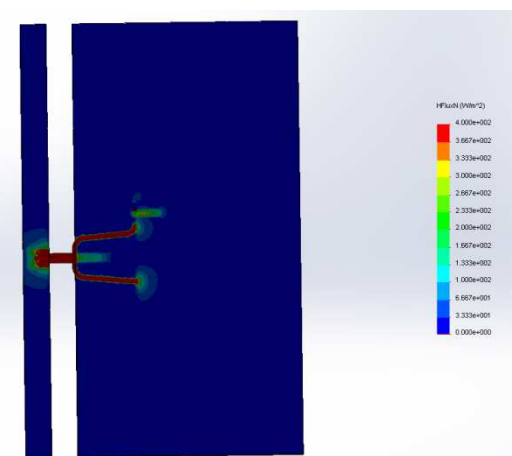
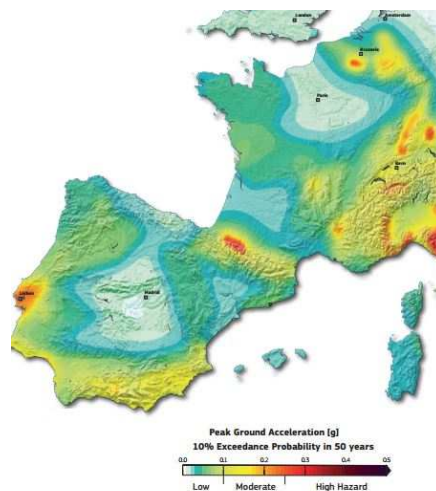
**Merci de votre attention**





Architecte : Jaspers-Eyers Architects

## TÉMOIGNAGE D'UN FABRICANT DE PATTES : NOUVELLES CONTRAINTES





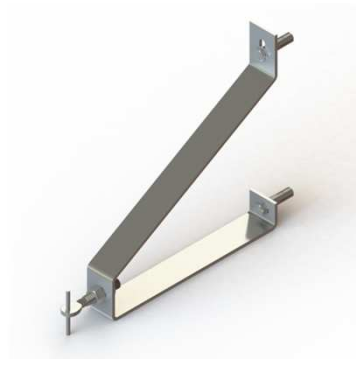
# Historique de la pierre attachée

- Historiquement : façade « Haut de gamme »
- 30/35 ans d'existence
- Fixation mécanique (ou « sèche »)
- Fixation chimique (époxy, mortier)



# Historique de la pierre attachée

- Utilisation de l'acier inoxydable (304 ; 316)
  - Excellentes propriétés mécaniques
  - Sécurité
  - Invisibles/Non altération de la pierre
  - Propriétés thermiques intéressantes



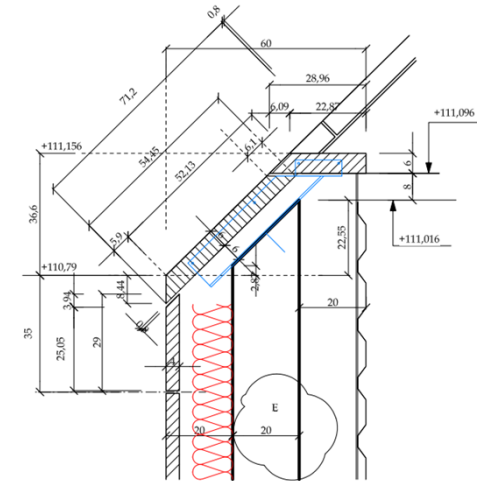


# Le métier de fabricant



Contexte - Acteurs

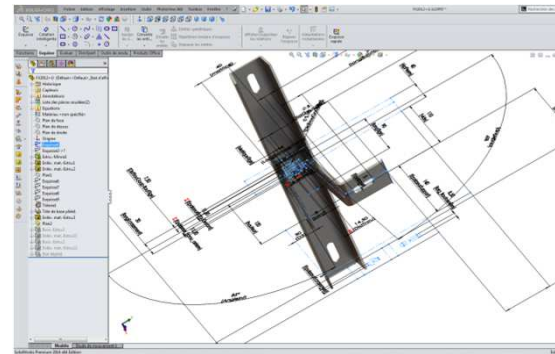
Bureau d'études



DETAIL 5  
ECHELLE 1/10



Usine de fabrication



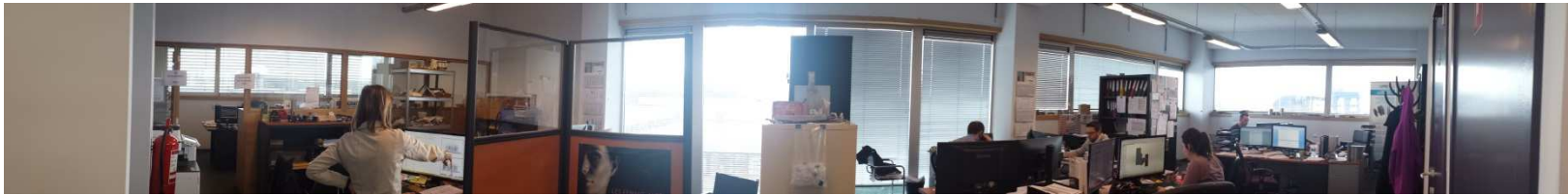


# Contexte - Acteurs

- Chantiers
- Entreprise générale
- Marbriers/façadiers
- Plans (façade/calepin/détails)
- Architecte
- Organisme de contrôle



# Bureau d'études

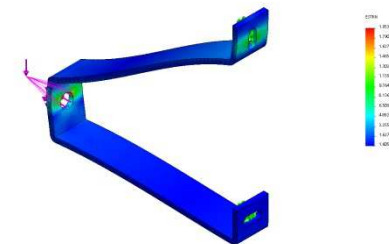


- Ingénieurs
- Logiciels & outils 

→ Dimensionnement

- Plans/CCTP/Normes (Eurocodes, DTU)
- Conditions de pose (accessibilité, ordre de pose)
- Capacités industrielles

Simulation de la structure en 3D  
Méthode des éléments finis (MEF)  
Analyse de la structure en 3D  
Étude de la structure en 3D



# Fabrication

- Réactivité chantier
- Usine
- Machines
- Stock

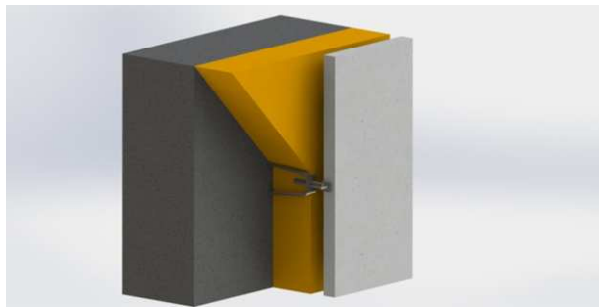


# Nouvelles contraintes

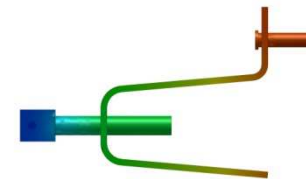
La réglementation sismique

La problématiques des ponts thermiques

Opportunités/menaces ?

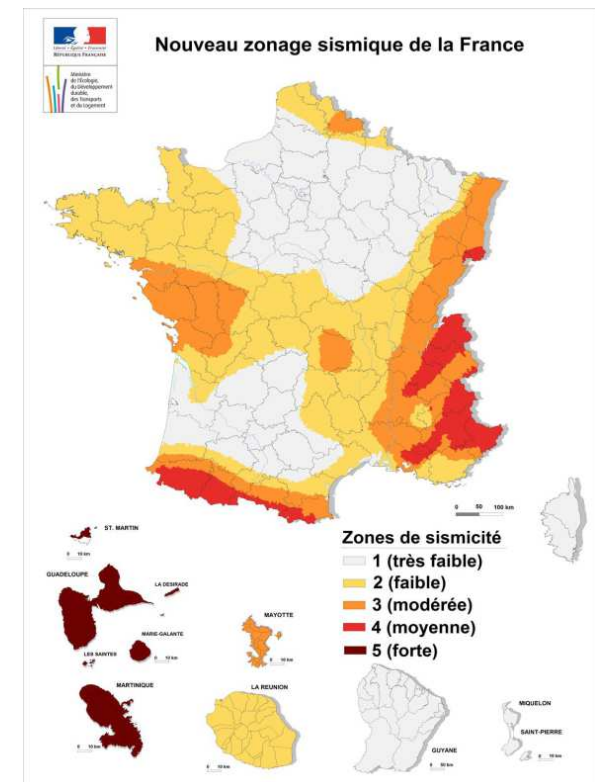
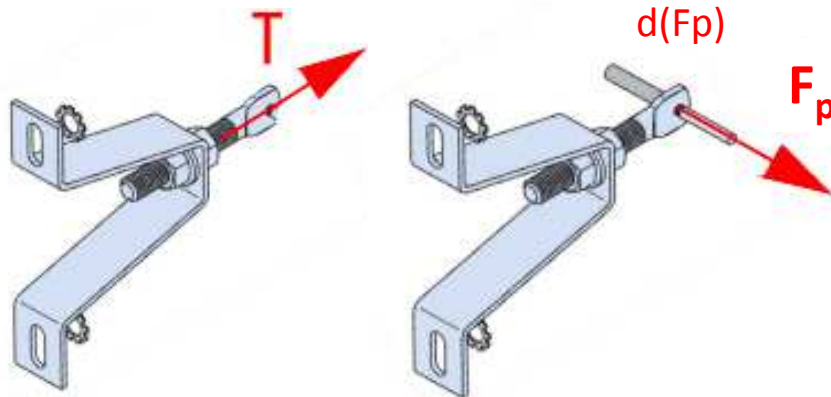


CE



# Mise en place de la réglementation sismique

- Contrainte sismique (EC8, décrets,...)
- Guides sismiques
- Pb : Diffusion de la connaissance trop lente
- Note de calcul parasismique



# Les ponts thermiques

- Recherche de nouveau standard de confort et d'économie d'énergie (RT2012, *Passivhaus*)
- Prise en compte des PTS (Ponts Thermiques Structurels) à prévoir.
- NF EN ISO 10211; NF EN ISO 6946, Règles Th-Bat



## RÈGLE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT DES PONTS THERMIQUES INTÉGRÉS

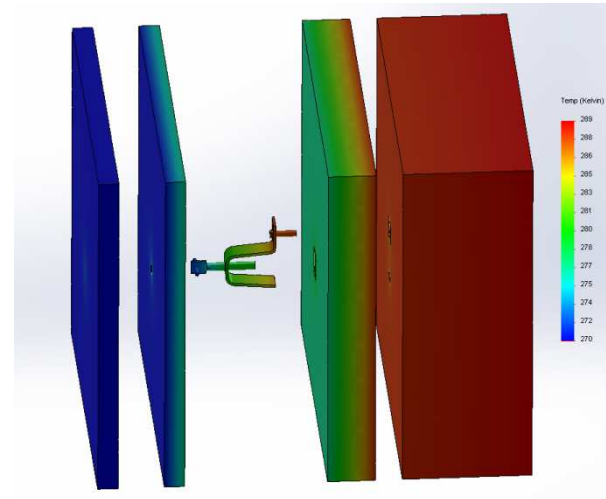
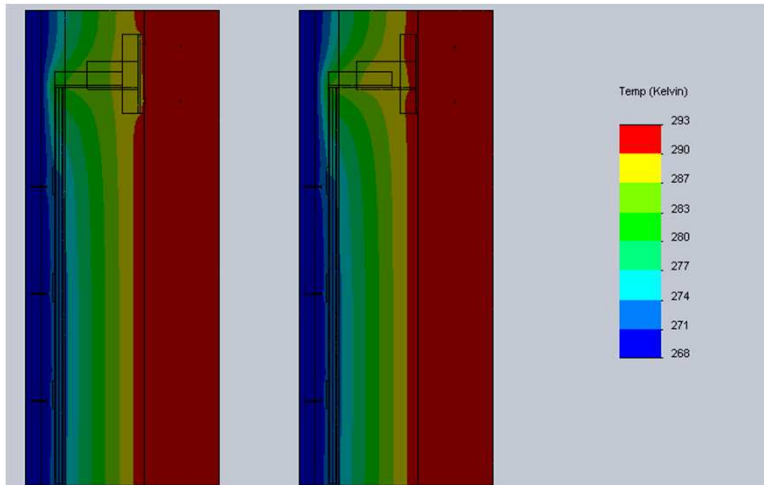
Impact	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Dégradation de la résistance thermique de la paroi (en %)	0 à 5 %	5 à 15 %	15 à 30 %	> 30 %





# Les ponts thermiques

- Valeurs par défaut ou Calculs numériques ?
  - Cales thermiques?
  - Dégradation de l'isolant lors de la pose ?
- Dégradation du  $U_{\text{Paroi}}$





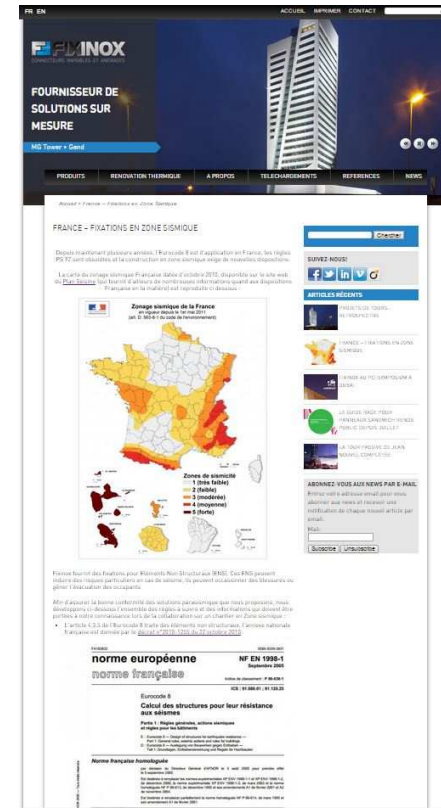
# Exemple chantier « Lyon »

- Immeubles «Nacarat» « Hikari »
- Manaslu, objectif  $U_{\text{Paroi}} = 0,17 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Système ossature (rails aluminium)
- Equerres alu -> Equerre acier inoxydable

Matériau	Conductivité thermique	Pont thermique
Aluminium	$\lambda = 193 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\chi = 0,0460 \text{ W/K}$
Acier Inoxydable	$\lambda = 16 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\chi = 0,0092 \text{ W/K}$

# Opportunités

- Valorisation expérience
- Demande de qualité, exigence de l'organisme de contrôle toujours plus importante
- Pédagogie, formation
- Marché de la rénovation



# Risque I

- Faillites de poseurs
- Prix de marché tendus
- Marché sinistré, source d'inquiétudes

# Risques II

- Problème sismique :
  - Augmentation du prix (intrinsèque) de la fixation
  - Pose plus complexe de la solution préconisée par le guide sismique
  - Coût de la façade accru
- Orientation vers Avis Technique « obligatoire » ?
  - Coût? Délai? Cas général vs Cas particulier ?

# Perspectives

- Nouvelles contraintes mais un métier qui ne change peu
- Demande de démarches supplémentaires
  - Sismique
  - Thermique
  - Avis Technique des attaches ?
  - Marquage CE des attaches ?

# Conclusion

- Période charnière
- Comment diminuer la défiance des intervenants
- Technique d'avenir
  - BFUP
  - Chantier Lyon



# Demain en France?

- 2014
- 142 m
- R150 types d'ancrages



*Architecte : Ateliers Lion Architectes-Urbanistes  
A2RC Architects*



# Remerciements

Groupe de Travail sismique  
CTMNC

Richard Moos, Fixinox

[rmoos19@fixinox.be](mailto:rmoos19@fixinox.be)

Sylvie Decneut, Fixinox

[sylvie.decneut@fixinox.be](mailto:sylvie.decneut@fixinox.be)

## EXPERIENCE DE QUELQUES CHANTIERS

---

Anne Sarrabezolles Les Pierreux d'Ile-de-France

# SOMMAIRE

- **EXEMPLES DE CHANTIERS DE POSE**
- **LA PREPARATION : CHOIX DE LA PIERRE**
- **LE SUPPORT**
- **CALEPINS ET BORDEREAU DE DEBIT**
- **LA PREPARATION DES PIERRES**
- **LES POINTS PARTICULIERS**

# EXEMPLES DE CHANTIERS



*Architecte : Alvaro SIZA*



*Architecte : Bernard DESMOULIN*

# CHOIX DE LA PIERRE

- **VALIDATION DU CHOIX DE LA PIERRE**
- **Fiche de caractérisation**
  - Respect de la norme NF B 10-601 (flexion, gélivité, résistance aux attaches,
  - Vérification en particulier de la décohésion granulaire selon l'essai de la norme NF EN 16306 pour les marbres cristallins.
- **Choix des échantillons représentatifs** au sens de la norme NF B 10-601



# LE SUPPORT

- **Fixation des attaches**



Un point qui est souvent oublié par l'entreprise de gros-œuvre ou le Maître d'Ouvrage : la nature du support.

Dans ce cas particulier, il a fallu fixer les attaches avec des chevilles chimiques car le support était un parpaing creux



# PLANS DE CALEPIN

- **ELABORATION DU PLAN DE CALEPIN**
- **Adaptation du dessin de l'architecte aux contraintes dimensionnelles du DTU 55.2 :**
  - **Surface  $\leq 1 \text{ m}^2$**
  - **L max = 1,40 m**
- **Détermination de la position des attaches : chant vertical ou horizontal**





# PLANS DE CALEPIN

## ELABORATION DU PLAN DE CALEPIN

- **Adaptation du dessin de l'architecte aux contraintes dimensionnelles du DTU**
- **Joints entre pierres**
- **Joints de fractionnement**
- **Positionnement des attaches**
- **Attaches particulières : attaches déportées, attaches pour volets roulants**



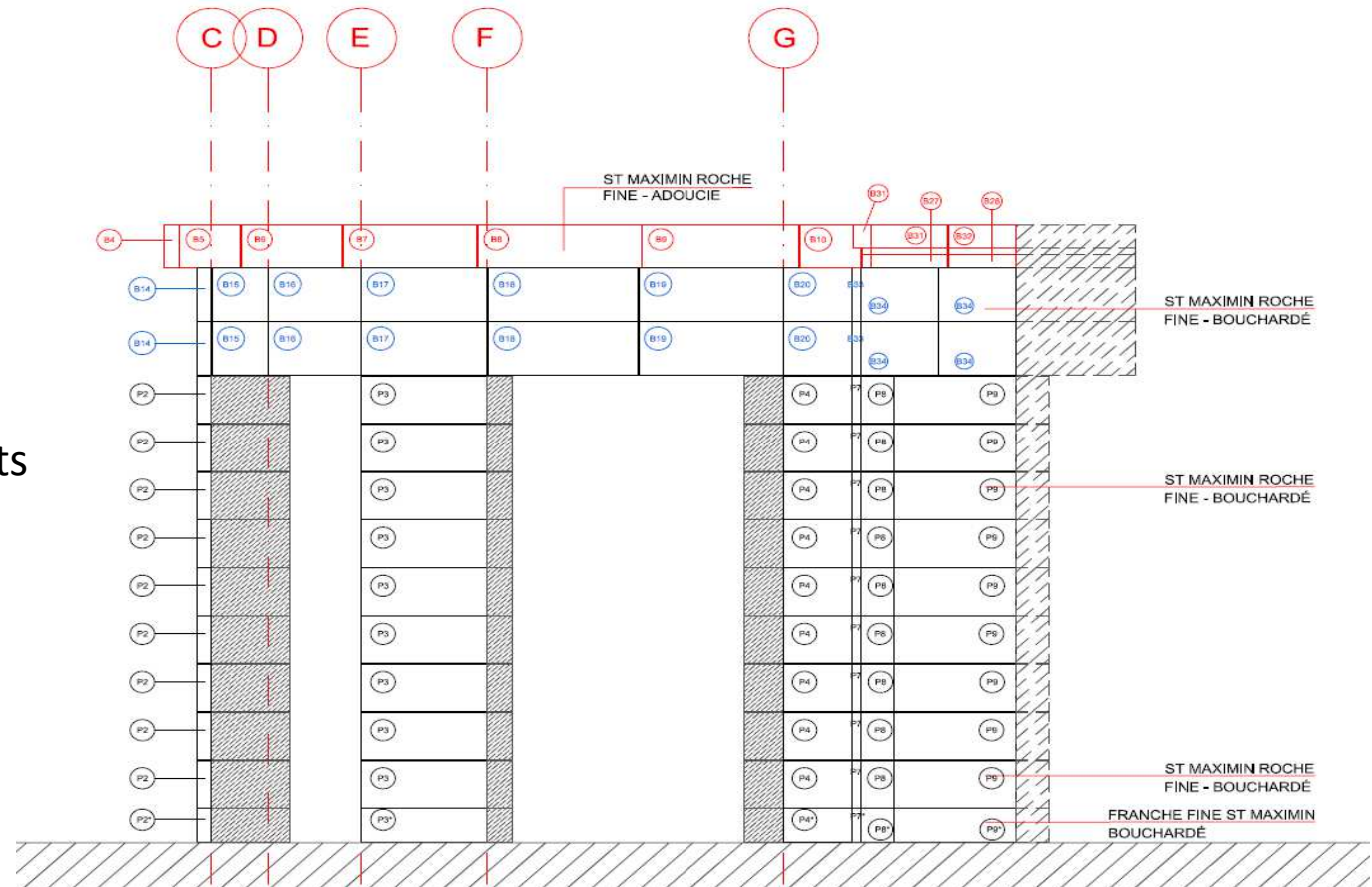
*Architecte : Bernard DESMOULIN*

# CALEPINS ET BORDEREAUX DE DEBIT

## ○ Plans de calepin

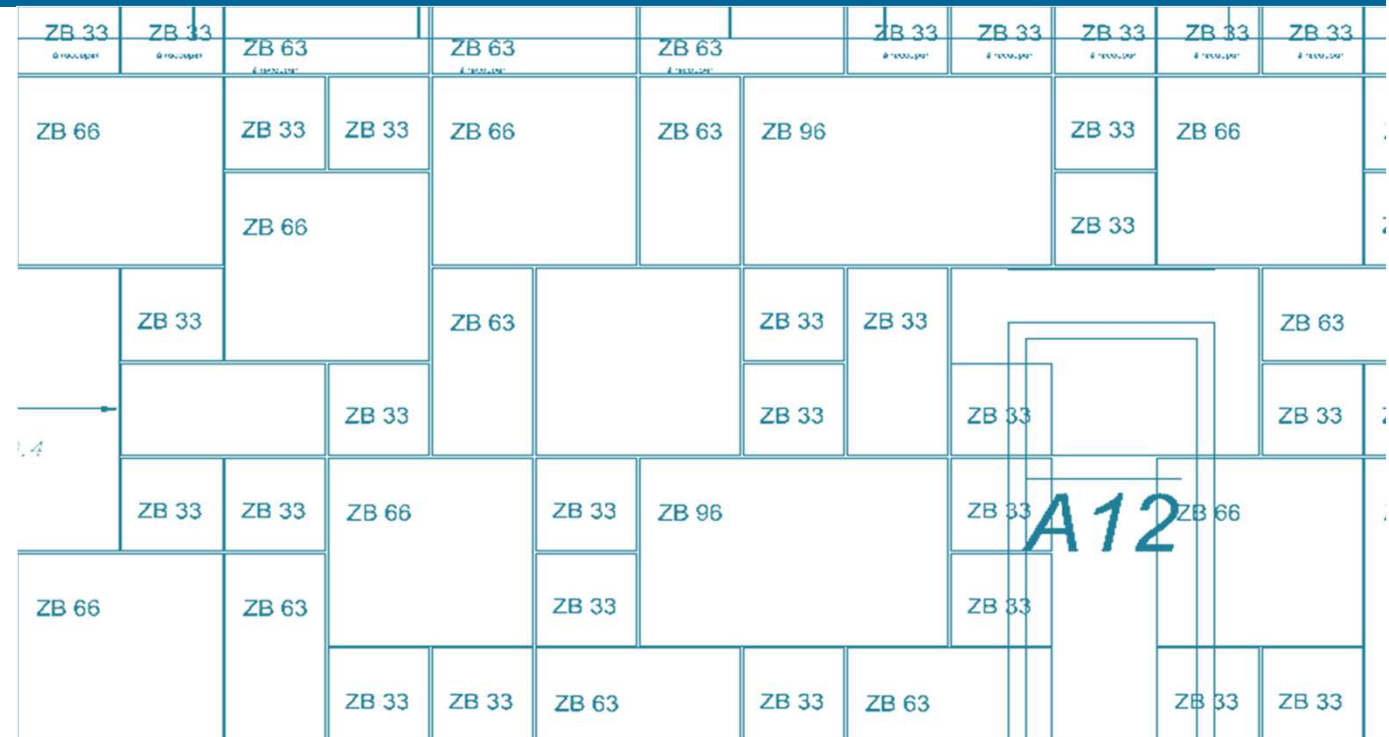
Vérification des points particuliers :

- Soubassements
- Appuis
- tableaux
- Couvertines



# CALEPINS ET BORDEREAUX DE DEBIT

- **Plans de calepin**



- **Précision des détails : chants vus, becs d'oiseau etc.**
- **Numérotation des pierres et élaboration du bordereau de débit**
- **Optimisation des livraisons**

# CALEPINS ET BORDEREAUX DE DEBIT

LOCATION: East Elevation

REF. DWG: MDL-BS-C-001

REV: A All heights E15, E17 lengths

MATERIAL: As Sample  
FINISH:  
WEIGHT: 2700 kg/m3

STONE No.	L	B	H	DESCRIPTION	QUANTS	DETAIL SHEET	UNIT VOLUME m3	UNIT WEIGHT kg	ABOVE 28KG
E/01	302	30	270	Ashlar	1		0.002	6.60	NO
E/02	544	30	270	Ashlar	1		0.004	11.90	NO
E/03	344	30	270	Ashlar	1		0.003	7.52	NO
E/04	644	30	270	Ashlar	1		0.005	14.08	NO
E/05	890	30	270	Ashlar	1		0.007	19.48	NO
E/06	494	30	270	Ashlar	1		0.004	10.80	NO
E/07	650	30	270	Ashlar	1		0.005	14.41	NO
E/08	830	30	270	Ashlar	1		0.007	18.15	NO
E/09	890	30	270	Ashlar	1		0.007	19.48	NO
E/10	994	30	270	Ashlar	1		0.008	21.74	NO
E/11	994	30	270	Ashlar	1		0.008	21.74	NO
E/12	890	30	270	Ashlar	1		0.007	19.48	NO
E/13	386	30	270	Ashlar	1		0.003	8.00	NO
E/14	428	30	270	Ashlar	1		0.003	9.36	NO
E/15	550	30	270	Ashlar	1		0.004	12.03	NO
E/16	1273	30	270	Ashlar	1		0.010	27.84	NO
E/17	550	30	270	Ashlar	1		0.004	12.03	NO
E/18	868	30	270	Ashlar	1		0.007	18.98	NO
E/19	635	30	270	Ashlar	1		0.005	13.89	NO
E/20	564	30	270	Ashlar	1		0.005	12.33	NO
E/21	544	30	270	Ashlar	1		0.004	11.90	NO
E/22	994	30	270	Ashlar	1		0.008	21.74	NO
E/23	474	30	270	Ashlar	1		0.004	10.37	NO
E/24	486	30	270	Ashlar	1		0.004	10.63	NO
E/25	1188	30	270	Ashlar	1		0.009	25.54	NO
TOTALS:					25		0.14	379.99	

- Numérotation des pierres et optimisation des livraisons
- Sur cette opération : 98 modules différents



Architecte : Bernard DESMOULIN



# PREPARATION DES PIERRES

- **Traçage des axes**
- **Implantation des attaches**
- **Réalisation des percements dans la pierre**
- **Détails d'angles : coupes d'onglets et becs d'oiseaux**



Cette machine hydraulique permet une position précise et verticale des percements pour les ergots

# EXEMPLES DE REALISATION



Architecte : Alvaro SIZA

Opération dans le cœur de ville de Montreuil, façades isolées par l'extérieur :  
Soubassement en pierres autoporteuses et étages supérieurs en pierre attachée ou enduit ITE

# EXEMPLES DE REALISATION



Architecte : CORTES Architecture

Dans cette opération de rénovation d'un immeuble haussmannien en pierre de taille, l'architecte a imaginé de reprendre les façades des boutiques à RDC en pierre agrafée polochonnée similaire à la pierre massive en place (St Maximin)



# QUELQUES CHANTIERS PARTICULIERS



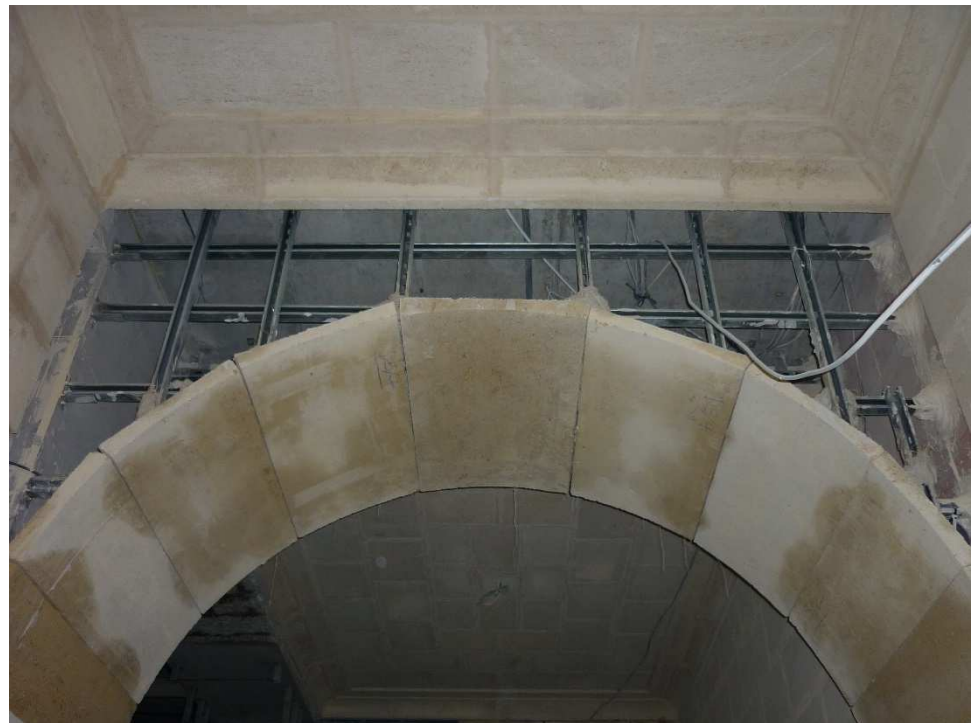
Architecte : Agence Mazières



# QUELQUES CHANTIERS PARTICULIERS



*Architecte : Agence Mazières*



# QUELQUES CHANTIERS PARTICULIERS



Architecte : Agence Mazières



# QUELQUES CHANTIERS PARTICULIERS



*Architecte : Agence Mazières*

**Merci de votre attention**

