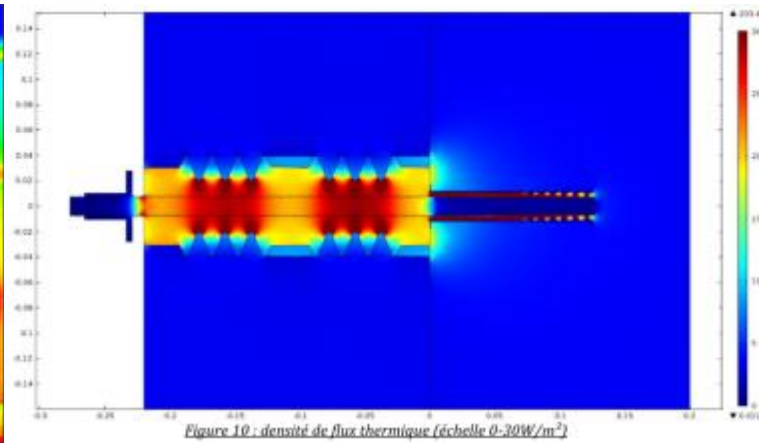
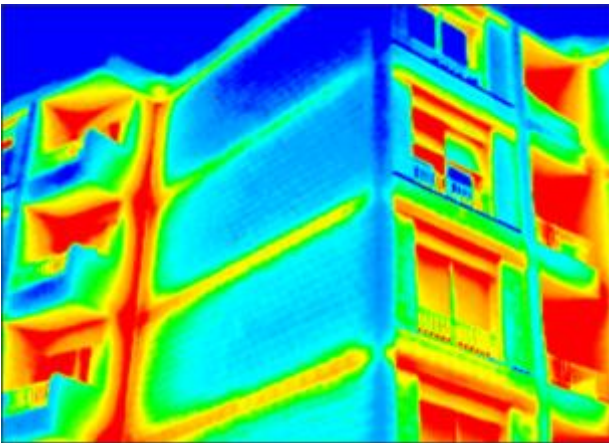


# LES PONTS THERMIQUES EN RÉNOVATION

## L'IMPORTANCE DU TRAITEMENT DES PONTS THERMIQUES

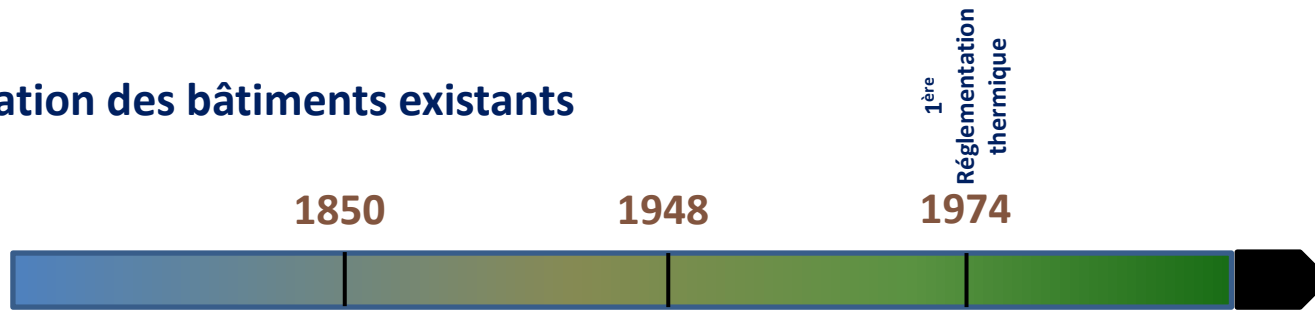


# SOMMAIRE

- ▶ **LE CONTEXTE**
- ▶ **QU'EST CE QU'UN PONT THERMIQUE**
  - ▶ **Surfacique**
  - ▶ **Linéique**
  - ▶ **Ponctuel**
- ▶ **IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT**
- ▶ **IMPACT SUR LA SANTÉ**
- ▶ **LES PONTS THERMIQUES EN RENOVATION**
  - ▶ **IDENTIFICATION**
    - ▶ **Visuelle**
    - ▶ **Thermographie**
    - ▶ **Sur la base des plans et des pièces du marché, type d'isolation et mode constructif**
  - ▶ **TRAITEMENT**
    - ▶ **Jonction murs refends, murs toiture, pieds de mur, acrotères**
    - ▶ **Jonctions Menuiseries (portes, fenêtres, appuis de fenêtres)**
    - ▶ **Loggias et balcons**
    - ▶ **Jonctions ponctuelles (fixations volets, trappes, rampes..)**
    - ▶ **Fixations de bardage**
- ▶ **LE MESSAGE A RETENIR**

## **Le contexte**

# Classification des bâtiments existants



**Bâtiments anciens**

**34%**



**Bâtiments récents**

non isolés

**32%**



isolés

**33%**



**66%** de bâtiments non isolés

=> **Importance de rénover**

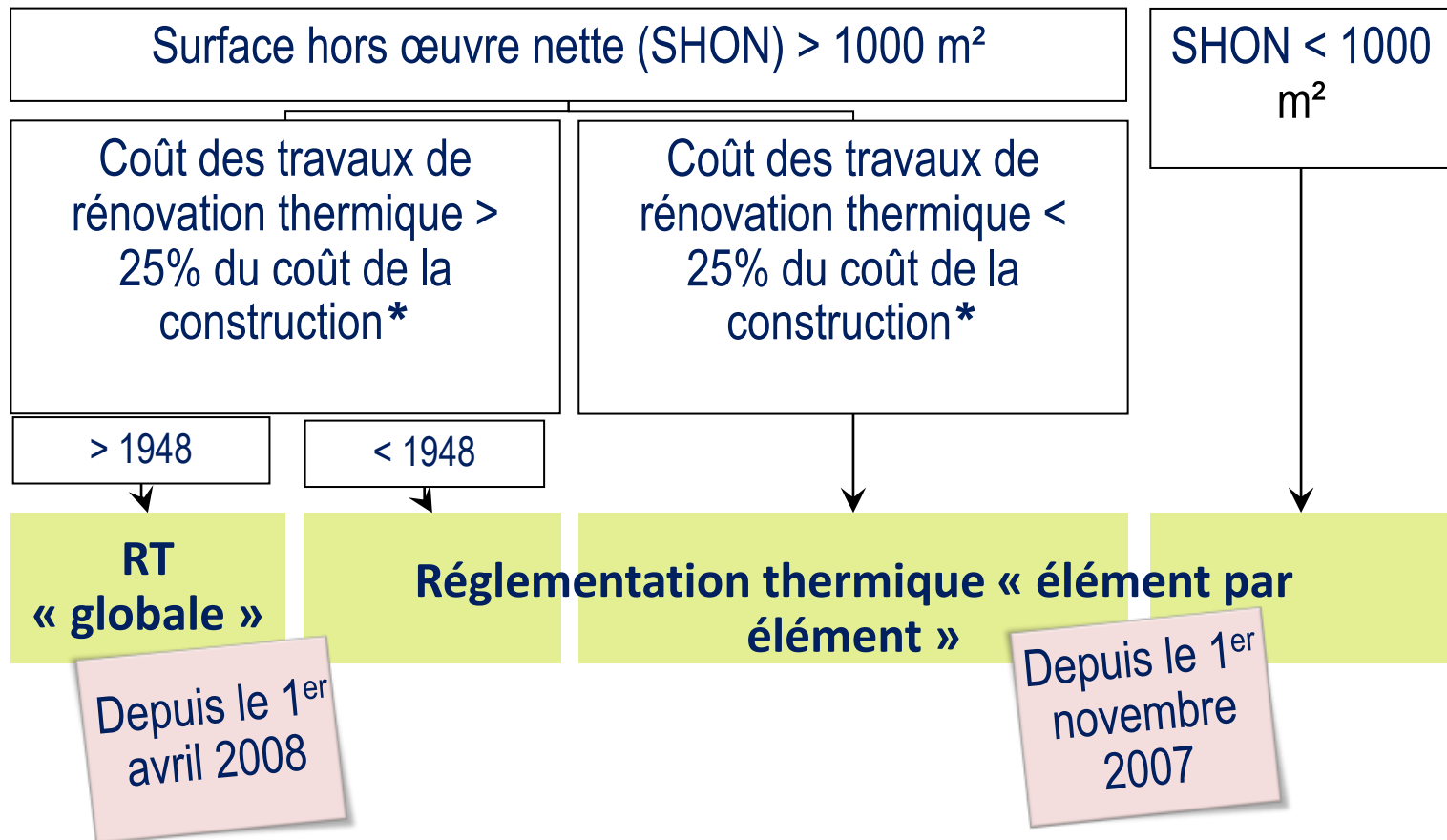
**Taux de renouvellement du parc :**

**< 1% par an**

# Contexte législatif et réglementaire - Rénovation

## Par éléments ou global ?

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage



# Contexte législatif et réglementaire - Rénovation

## RT élément par élément - Arrêté du 03/05/07 – modifié le 22 Mars 2017

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage

### Objectifs :

- Réaliser des économies d'énergie sur le parc existant
- Faire évoluer l'offre des produits vers la performance
- Sensibilisation des particuliers, des installateurs...

### Principes :

- En cas de remplacement ou d'installation de composants, ouvrages, équipements
- Exigences de moyens portant sur la performance de l'élément installé, et ses conditions d'installation

### Modalité d'application :

- Tous les bâtiments existants non soumis à la RT globale
- Lors de travaux de rénovation, amélioration, installation, remplacement

Date d'application : Depuis le 1er novembre 2007

**=> Obligations de moyens !**

# Contexte législatif et réglementaire - Rénovation

## RT globale - Arrêté du 01/04/08

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage

### Consommation conventionnelle en énergie primaire kWhEP/(m<sup>2</sup>SHON.an)

- 5 usages: Chauffage / ECS / Eclairage / Auxiliaires / Rafraîchissement
- Avant travaux / Après travaux / Référence
- $Cep \leq Cep_{réf}$
- Consommations maximales :
  - Résidentiel :  $Cep(ch + ecs + refroid) \leq Cep_{max}$  (dépend de l'énergie et de la ZC)
  - Non résidentiel : Diminution du Cep d'au moins 30%

### Confort d'été

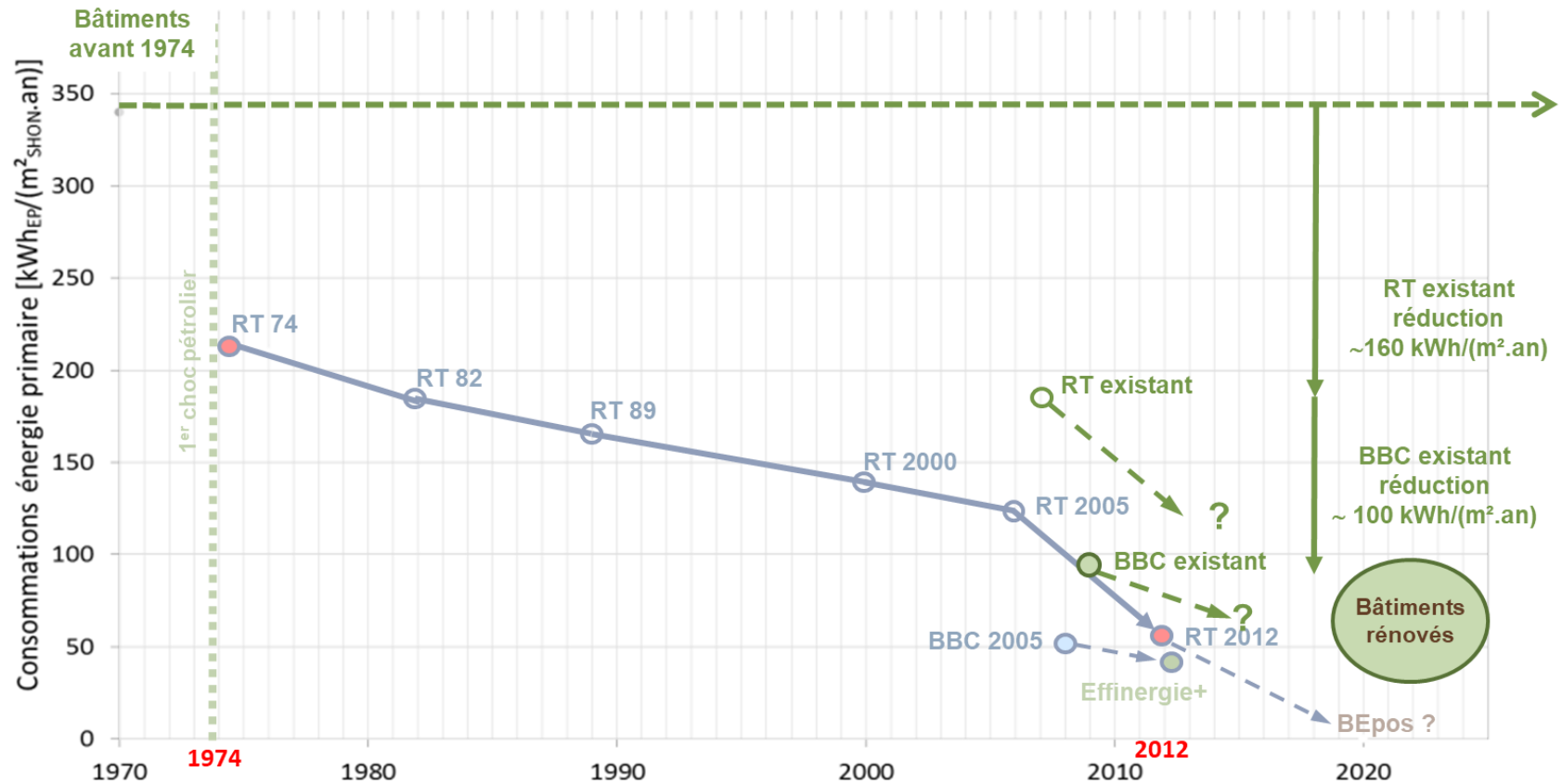
- Après travaux / Référence
- $Tic \leq Tic_{réf}$
- La catégorie CE2\* n'est pas concernée

### Caractéristiques thermiques minimales (garde-fous)

\* La catégorie CE2 est définie par l'arrêté (par ex.: établissement sanitaire...)

**=> Obligations de résultats du calcul conventionnel !**

# Quel niveau de RT pour la rénovation?





**Qu'est-ce qu'un pont thermique ?**

## Le pont thermique : définition

L'enveloppe d'un bâtiment possède deux sources de déperditions de chaleur par les parois :

- O Des déperditions à travers la surface de la paroi, appelées déperditions surfaciques,
- O Des déperditions au pourtour de la paroi appelées déperditions linéiques.

Le pont thermique appartient à la seconde catégorie de déperditions. Il s'agit d'un défaut ponctuel (pont thermique en trois dimensions : deux murs perpendiculaires – une dalle) ou linéaire d'isolation. Cela se traduit par un défaut d'homogénéisation de la résistance thermique. Un pont thermique linéaire peut être diminué en incorporant dans le bâti un rupteur de pont thermique.

Selon la Réglementation Thermique française la définition exacte d'un pont thermique est la suivante :

*« un pont thermique est une partie de l'enveloppe du bâtiment où la résistance thermique, par ailleurs uniforme, est modifiée de façon sensible par :*

- La pénétration totale ou partielle de l'enveloppe du bâtiment par des matériaux ayant une conductivité thermique différente comme par exemple les systèmes d'attaches métalliques qui traversent une couche isolante.*

*Et/ou*

- Un changement local de l'épaisseur des matériaux de la paroi ce qui revient à changer localement la résistance thermique.*

*Et/ou*

- Une différence entre les surfaces intérieure et extérieure comme il s'en produit aux liaisons entre parois. »*

Il existe donc différents types de ponts thermiques :

- des ponts thermiques dits ponctuels qui sont des ponts thermiques dus à la jonction de plus de deux parois comme par exemple un angle de mur. Ces ponts thermiques sont caractérisés par un coefficient ponctuel de déperdition  $c$  (en  $[W.K^{-1}]$ ).
- des ponts thermiques linéiques représentant des déperditions aux jonctions entre 2 éléments de construction.

Pourquoi les radiateurs ont-ils des ailettes ?

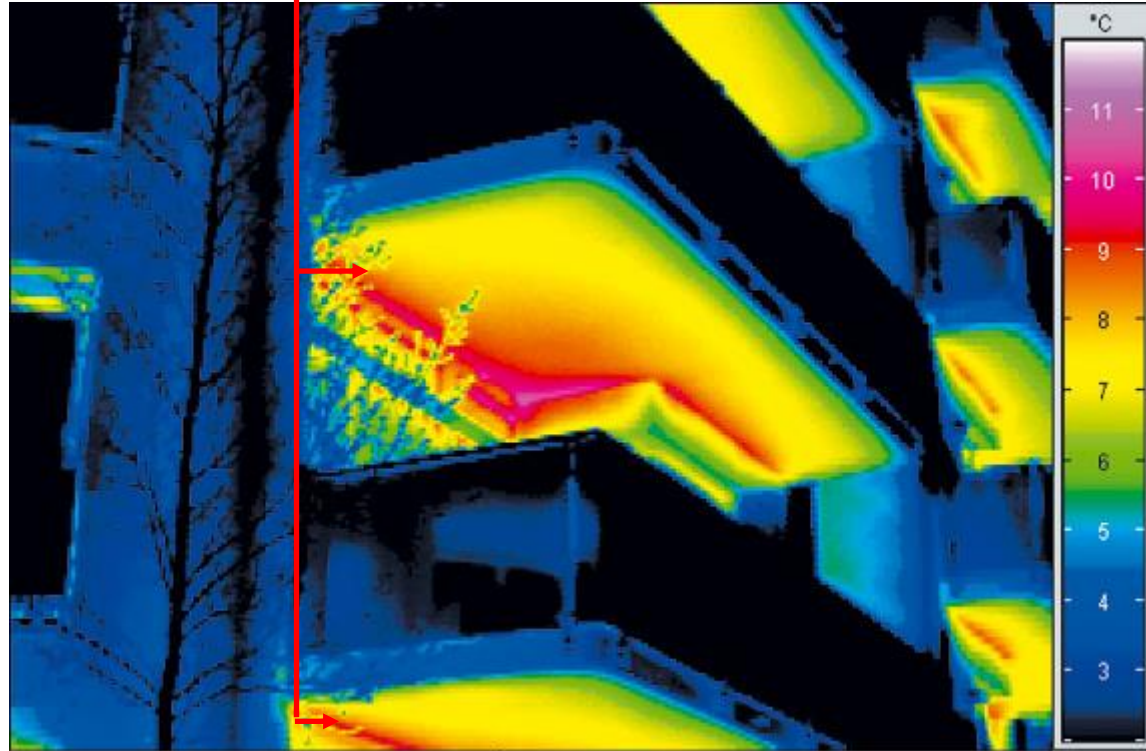


Les ailettes d'un moteur refroidi par air servent à...



# A quoi servent ces balcons ?

Ponts thermiques

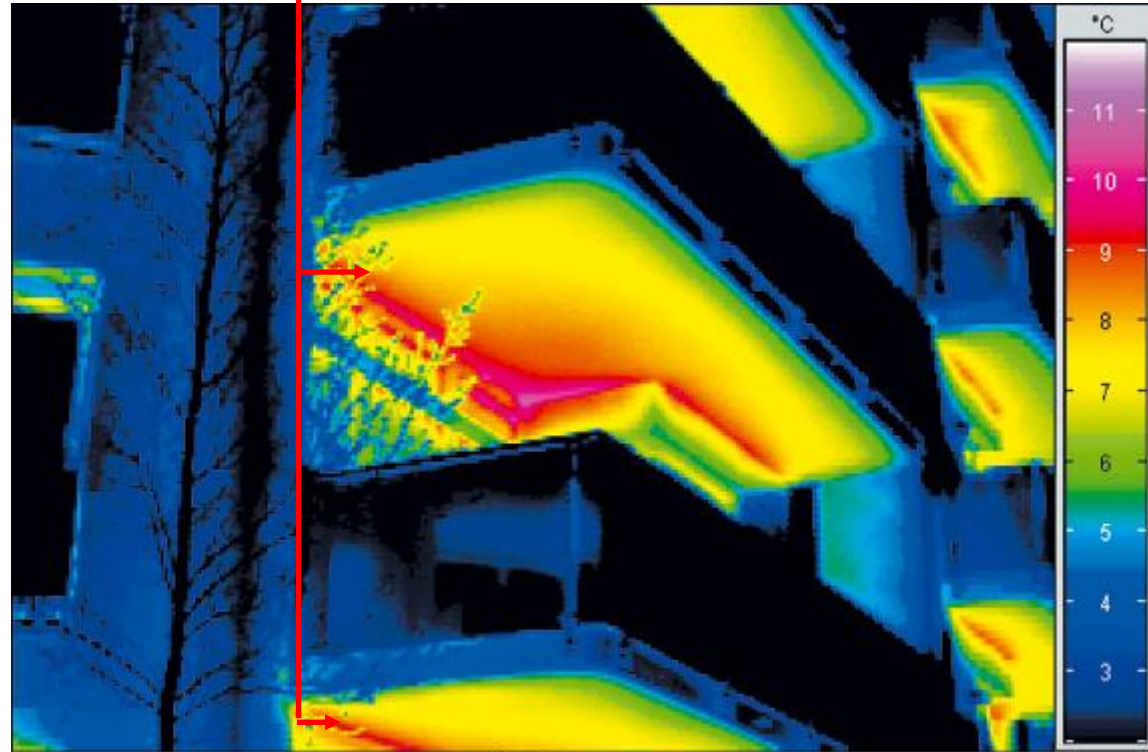


► Source : Centre d'Études Techniques de l'Équipement de l'Est - Groupe Construction-15/12/2000

# A quoi servent ces balcons ?

**Réponse :**  
**A évacuer vers l'extérieur le plus rapidement possible la chaleur produite à l'intérieur des logements !**

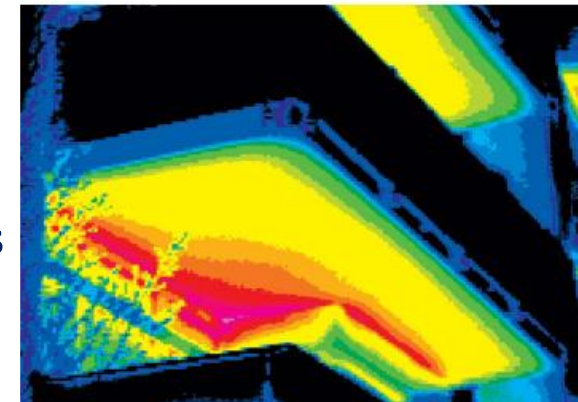
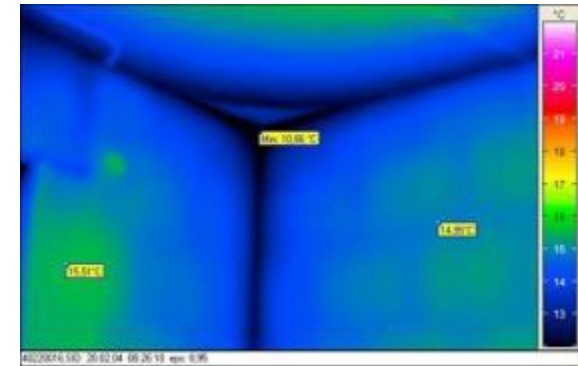
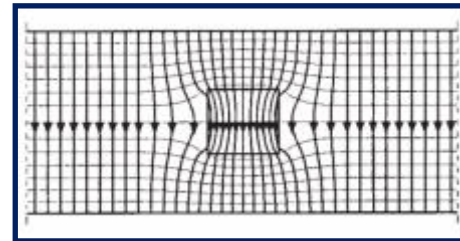
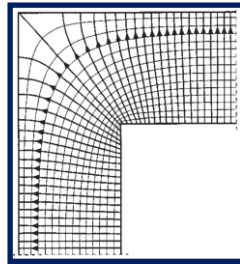
Ponts thermiques



# Identification des problèmes de ponts thermiques : Definition

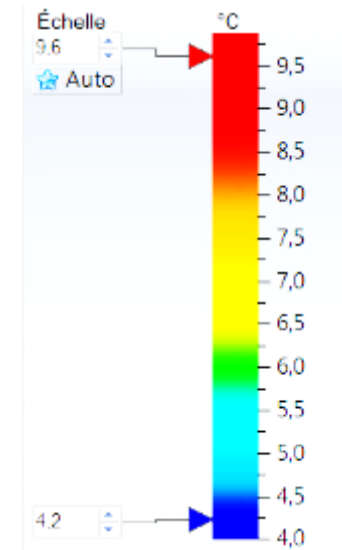
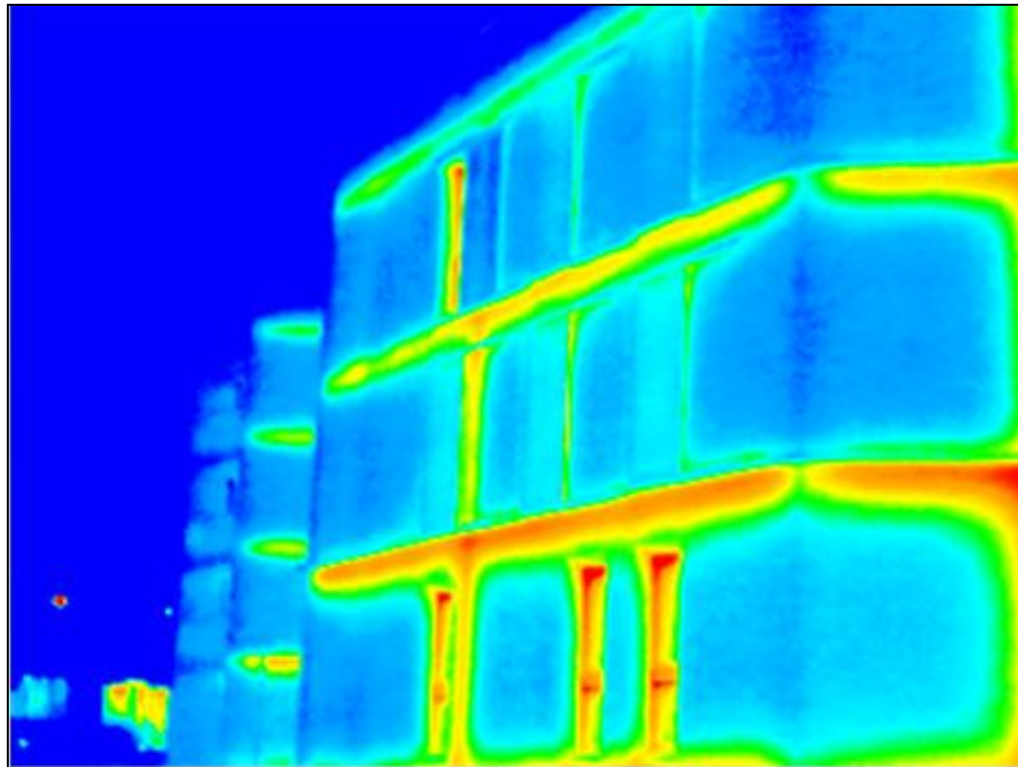
Zones localisées avec une plus grande déperdition thermique et une température de surface intérieure plus faible.

- Dues à la géométrie
- Dues aux matériaux



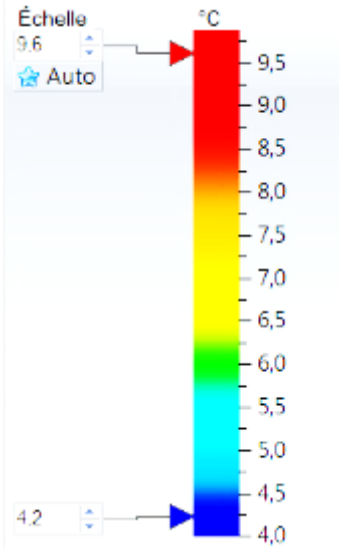
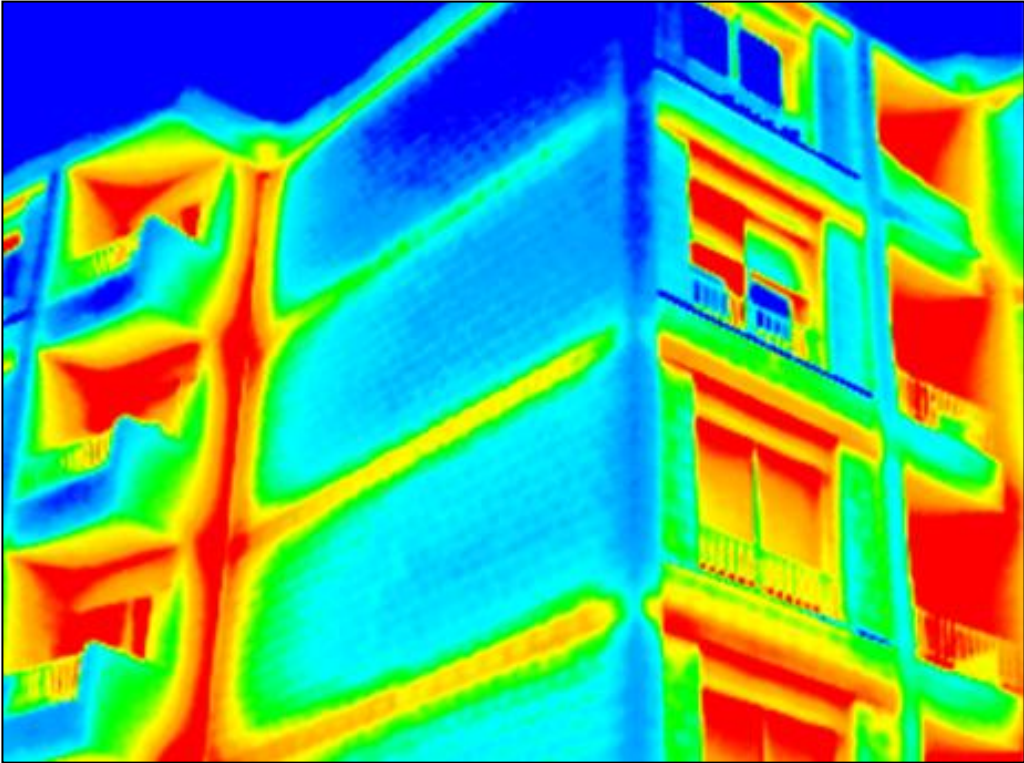
**Les balcons sont les ponts thermiques les plus critiques au niveau de l'enveloppe du bâtiment.**

# Ponts thermiques linéiques

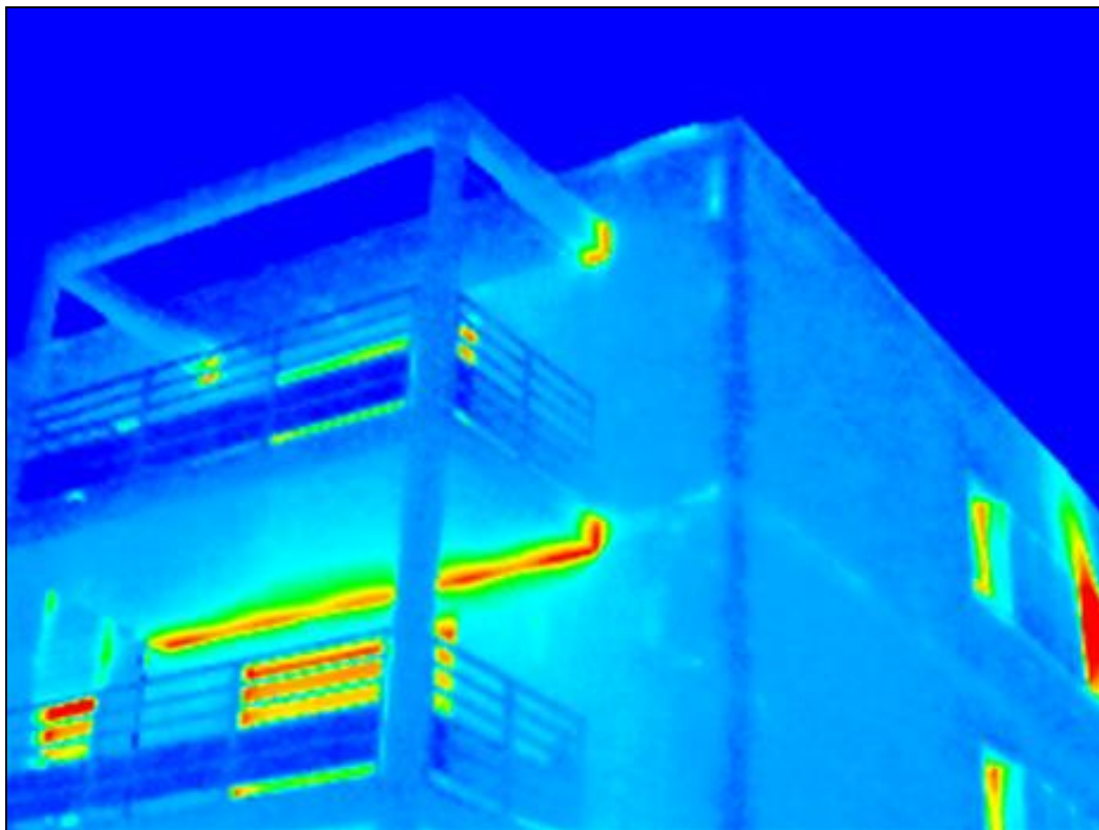




# Ponts thermiques linéiques



# Peignes + Ponts thermiques ponctuels



**Pourquoi le traitement des ponts thermiques ?**

**IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

# Intérêt environnemental du traitement des ponts thermiques



▶ 1 mètre de pont thermique non-traité en zone climatique H1, c'est :

- ▶ 77 kWh de consommation supplémentaire/an
- ▶ 10 litres de Fuel supplémentaire/an
- ▶ 5 kg de CO<sub>2</sub> rejetés supplémentaires/an

Sources :

- rejet en CO<sub>2</sub> pour un kWh produit par EDF/GDF : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)
- consommation énergétique d'un mètre de pont thermique non-traité : [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

# Intérêts du traitement des ponts thermiques



- Un immeuble R+3, comprenant 700 mètres de ponts thermiques non-traités :

Consommation énergétique supplémentaire de :

- 42 000 kWh
- 6000 litres de fuel
- 6000 m<sup>3</sup> de gaz

→ **3.4 tonnes de CO<sub>2</sub>**

**3.4 tonnes de CO<sub>2</sub>** → **28 350 km en Twingo**

Sources :

- rejet en CO<sub>2</sub> pour un 1kWh produit par EDF/GDF, et d'une Twingo pour 1 km parcouru : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)
- consommation énergétique d'un mètre de pont thermique non-traités : [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

# IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Bonne conception : calcul du U global

Mur isolé par l'intérieur sans traitement du pont thermique

$$U = 0.23 \text{ W/m}^2.\text{K} \text{ (12 cm/}\lambda \text{ 0,03)}$$

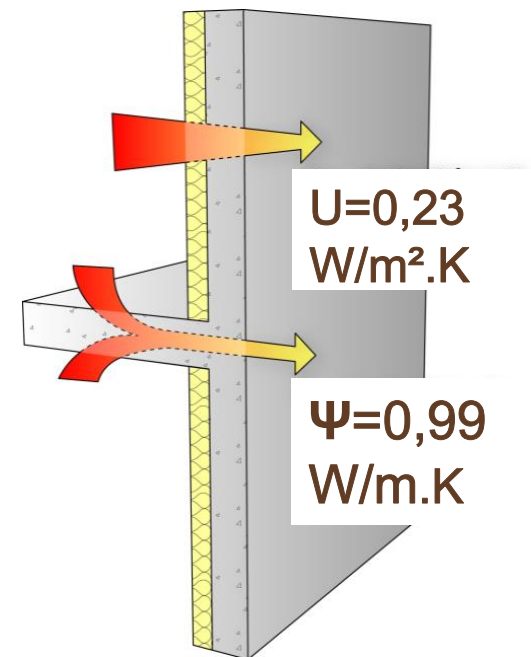
$$\Psi = 0.99 \text{ W/m.K}$$

$$U_g = (2.5 \times 0.23 + 0.99) / 2.5$$



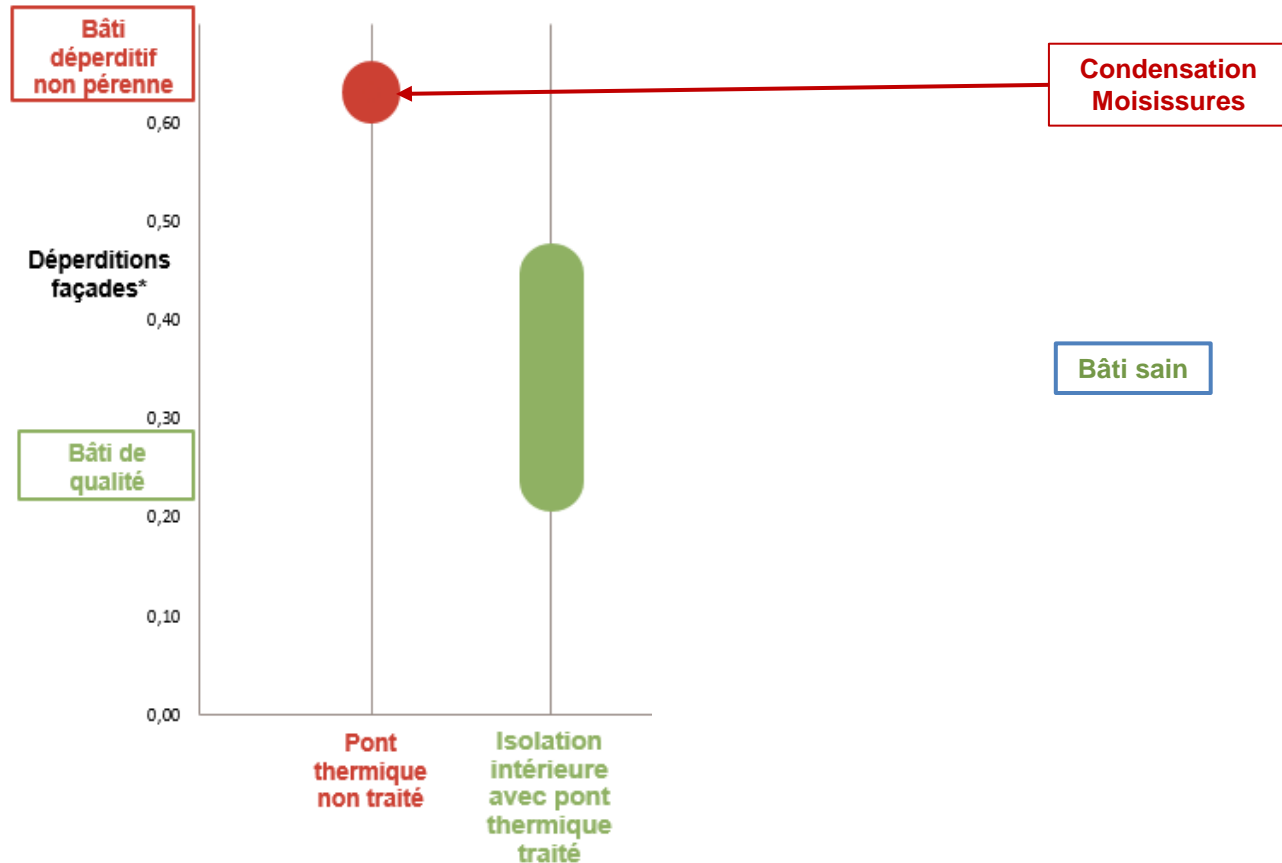
$$U_{\text{global}} = 0,63 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Soit déperdition de la façade  
**multipliée par  $\approx 3$  !**



# IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

*Bâti de qualité : évolution du coefficient U global (déperditions de la façade)*



*« ... il est nécessaire de renforcer l'isolation et bien souvent on ne pourra le faire qu'en corrigeant les ponts thermiques, faute de quoi il serait illusoire d'augmenter l'épaisseur des isolants ... »*

**Maurice CROISET, CSTB  
Avril 1972 !**

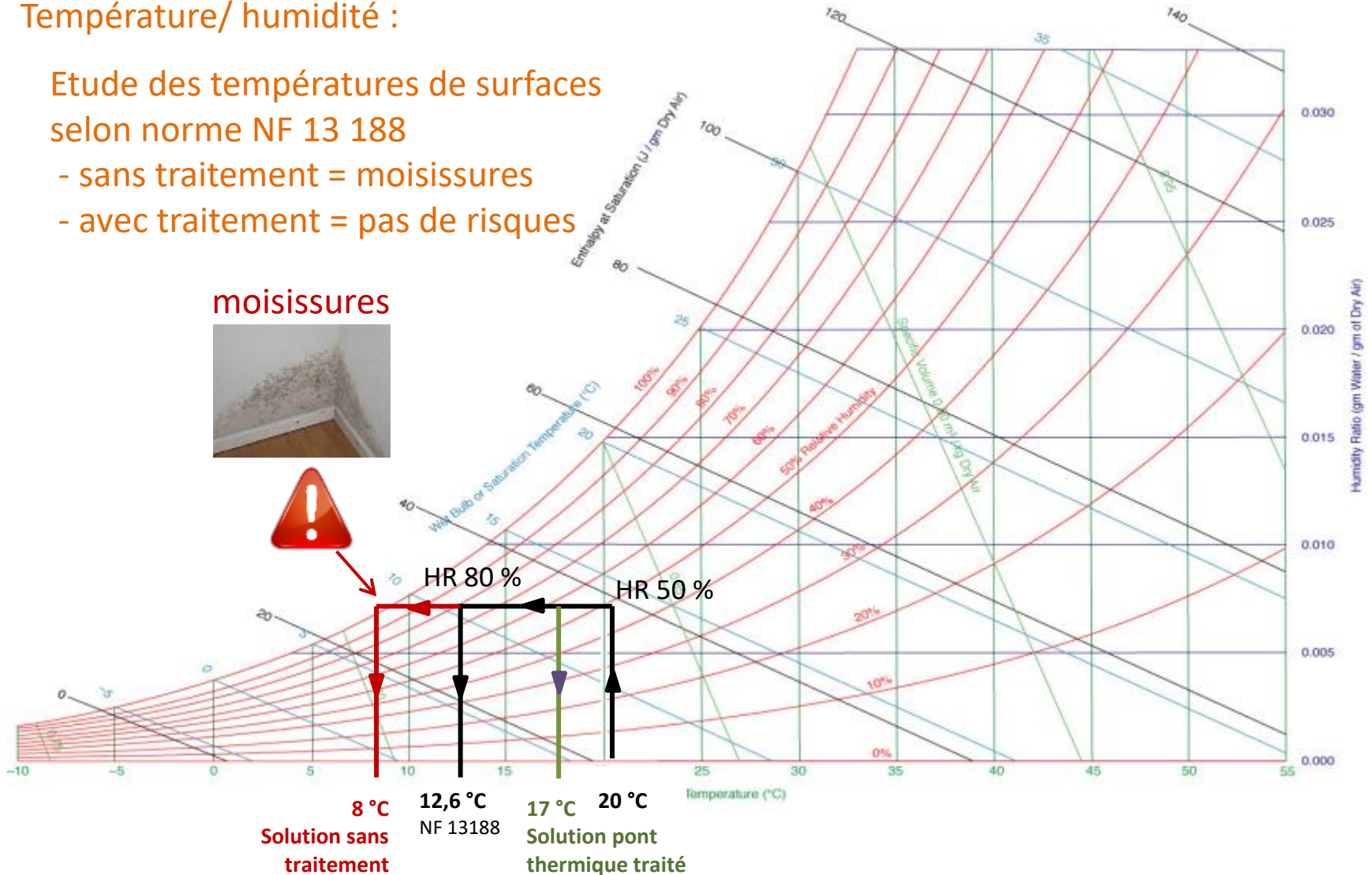
# IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Température/ humidité :

Etude des températures de surfaces  
selon norme NF 13 188

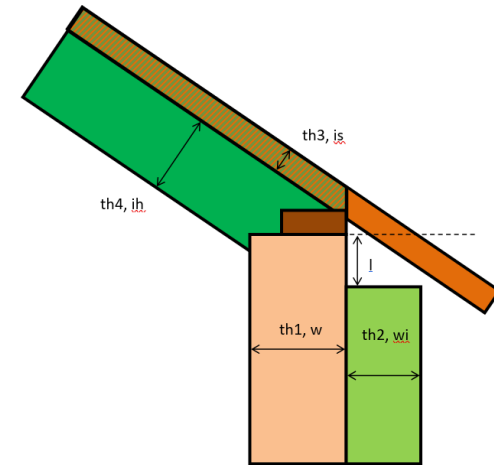
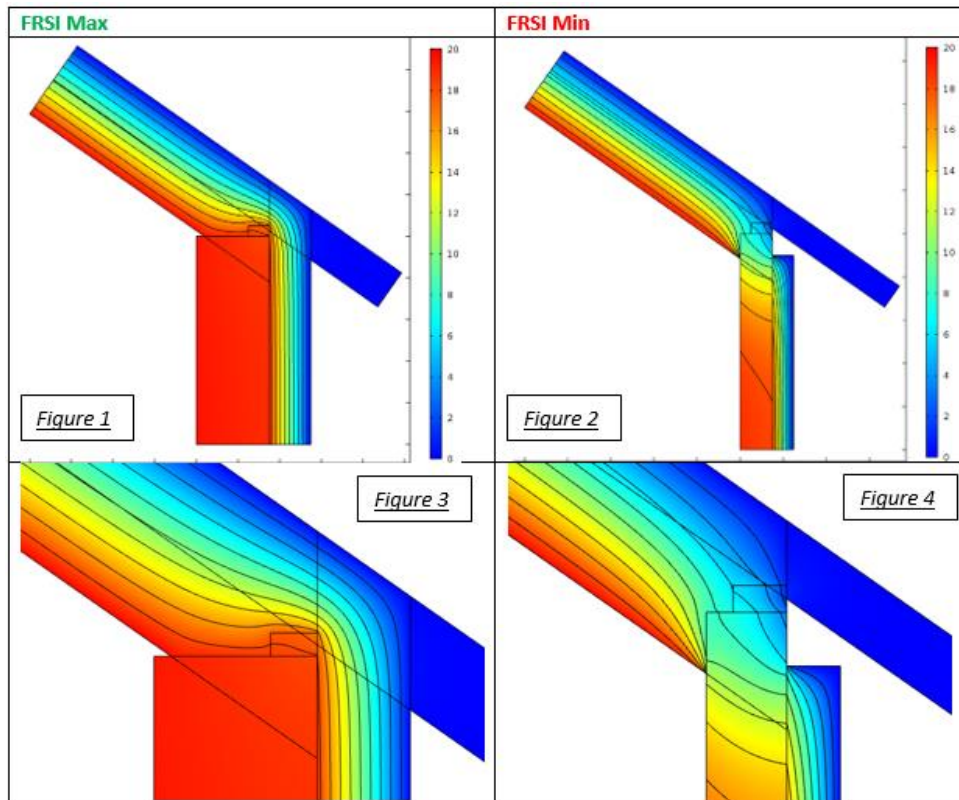
- sans traitement = moisissures
- avec traitement = pas de risques

moisissures





## - impact d'un pont thermique non traité en liaison mur toiture



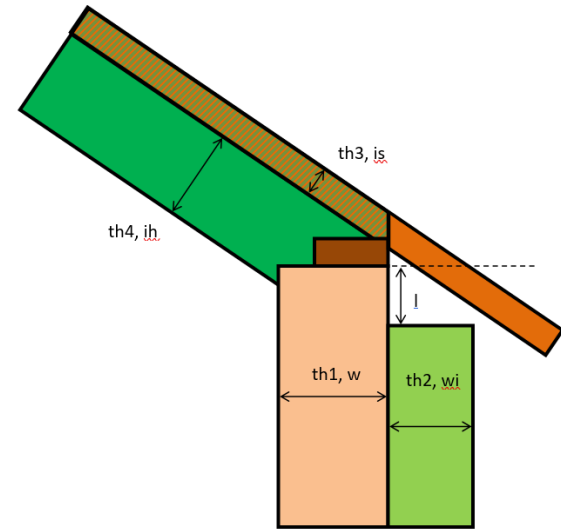
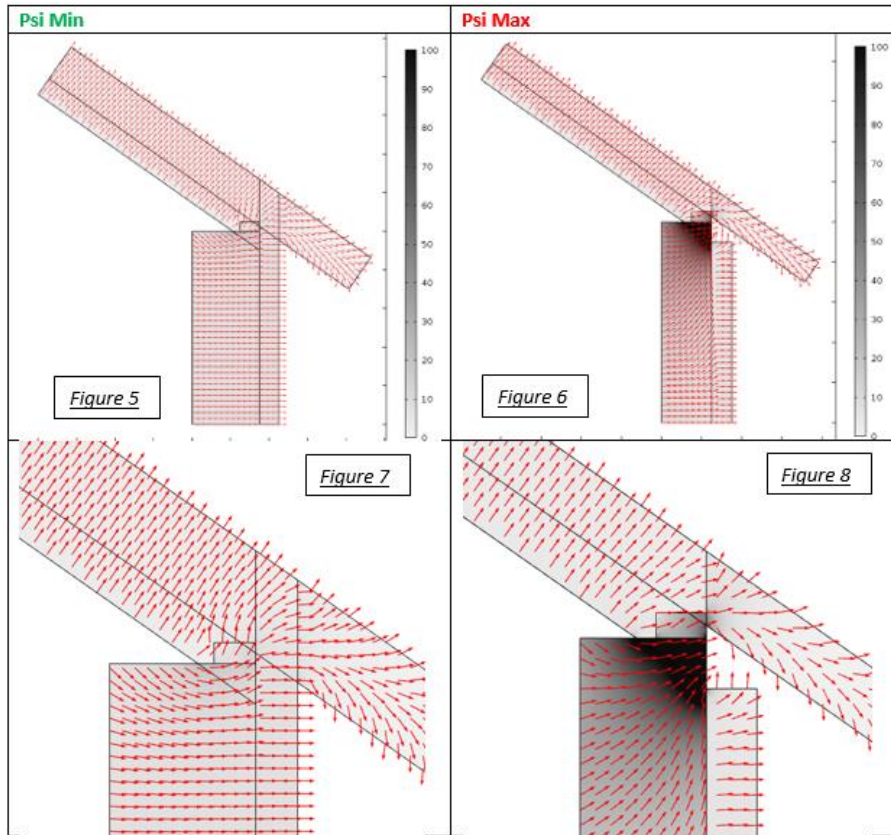
Valeurs minimales et maximales pour Psi et FRSI. L'accent est d'abord mis sur les cas extrêmes. Les paramètres conduisant aux valeurs extrêmes de Psi et de FRSI sont indiqués dans le tableau.

	l	th2	th1	th4	th3	w	wi	is	ih	FRSI	Psi
<b>FRSI Min</b>	0.1	0.1	0.15	0.2	0.12	2	0.041	0.039	0.034	<b>0.5622</b>	<b>0.680</b>
<b>FRSI Max</b>	-0.1	0.2	0.35	0.2	0.2	2	0.036	0.035	0.034	<b>0.9664</b>	<b>0.046</b>
<b>Psi Max</b>	0.1	0.1	0.25	0.1	0.12	2	0.036	0.039	0.034	<b>0.6623</b>	<b>0.844</b>
<b>Psi Min</b>	-0.1	0.1	0.35	0.1	0.2	2	0.041	0.035	0.034	<b>0.9297</b>	<b>0.017</b>

Les meilleures configurations sont celles où le FRSI est maximal (c'est-à-dire qu'il n'y a pas de zone froide dans la surface intérieure) et où le Psi est minimal (c'est-à-dire que le flux thermique entre l'intérieur et l'extérieur est minimal).

Les figures 1 à 4 représentent la distribution des températures (en °C) pour les valeurs FRSI extrêmes lorsque la température intérieure est fixée à 20°C et la température extérieure à 0°C. Les lignes isothermes sont tracées avec une différence de 2°C entre chaque ligne. Les lignes isothermes sont tracées avec une différence de 2°C entre chaque ligne. L'échelle des couleurs est la même pour toutes les figures. Les figures 1 et 3 représentent le cas maximum de FRSI (3 est un zoom) et les figures 2 et 4 le cas minimum de FRSI (4 est un zoom).

## - impact d'un pont thermique non traité en liaison mur toiture



Les figures 5 à 8 représentent le flux thermique (en  $W/m^2$ ) pour des valeurs extrêmes de Psi lorsque la température intérieure est fixée à  $20^\circ C$  et la température extérieure à  $0^\circ C$ . Plus l'image est foncée, plus la perte thermique est importante. Les flèches rouges indiquent la direction du flux thermique (la taille n'est pas proportionnelle à l'ampleur du flux). Les figures 5 et 7 représentent le cas de Psi minimum (7 est un zoom) et les figures 6 et 8 le cas de Psi maximum (8 est un zoom).

## - impact d'un pont thermique non traité en liaison mur toiture

Impact de chaque paramètre :

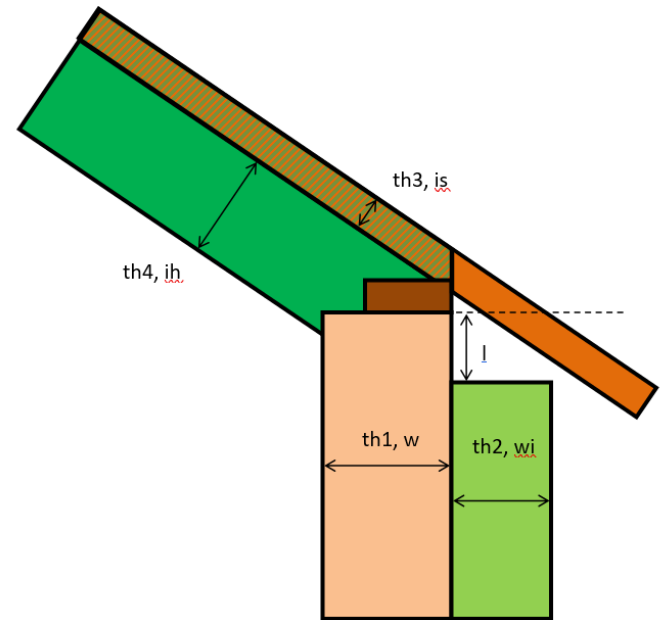
La hauteur de l'isolation du mur par rapport au sommet du mur ( $l$  : -100, 0, 50, 100 mm) est le paramètre le plus influent. Plus l'isolation monte vers le sommet du mur, plus le pont thermique est réduit.

L'épaisseur du mur ( $th1$  : 150, 250, 350 mm) et la conductivité du mur ( $w$  : 0,2, 0,5, 1, 2 W/m.K) ont un impact significatif sur le pont thermique, surtout si le mur n'est pas totalement isolé. Si le mur est large et/ou a une conductivité élevée, l'isolation doit aller jusqu'au sommet du mur.

La couche d'isolation du toit située sur la face intérieure du toit (couche 2) couvre la partie supérieure du mur et réduit ainsi le pont thermique. L'épaisseur de la couche d'isolation du toit 2 ( $th4$  : 100, 200 mm) et la conductivité de la couche d'isolation du toit 2 ( $ih$  : 34 mW/m.K) peuvent donc réduire le pont thermique.

L'épaisseur de l'isolation des murs ( $th2$  : 100, 200 mm) et la conductivité de l'isolation des murs ( $w_i$  : 36, 41 mW/m.K) déterminent le niveau de référence, et plus cette référence est élevée, plus l'isolation du parapet doit être efficace.

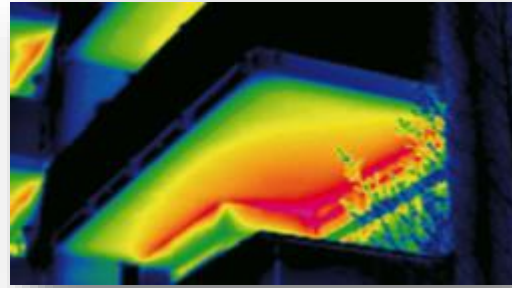
L'épaisseur de la couche 1 de l'isolation du toit ( $th3$  : 120, 200 mm) et la conductivité de la couche 1 de l'isolation du toit ( $is$  : 35, 39 mW/m.K) ont un impact limité sur le pont thermique.



**Pourquoi le traitement des ponts thermiques ?**

**IMPACT SANITAIRE**

# L'impact sanitaire des ponts thermiques



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

Confort thermique

Qualité de l'air intérieur et odeurs



- ❖ Effet de parois froides
- ❖ Incidence sur la température opérative = température ressentie



Température opérative =  $\frac{T^{\circ} \text{ de l'air} + T^{\circ} \text{ radiante moyenne des surfaces}}{2}$

2

# L'humidité, deux états de l'eau

L'eau sous sa forme gazeuse dans l'air : humidité relative



Zones froides des ponts thermiques



Condensation de l'eau à la température de rosée



L'eau passe sous sa forme liquide



Développement possible de moisissures

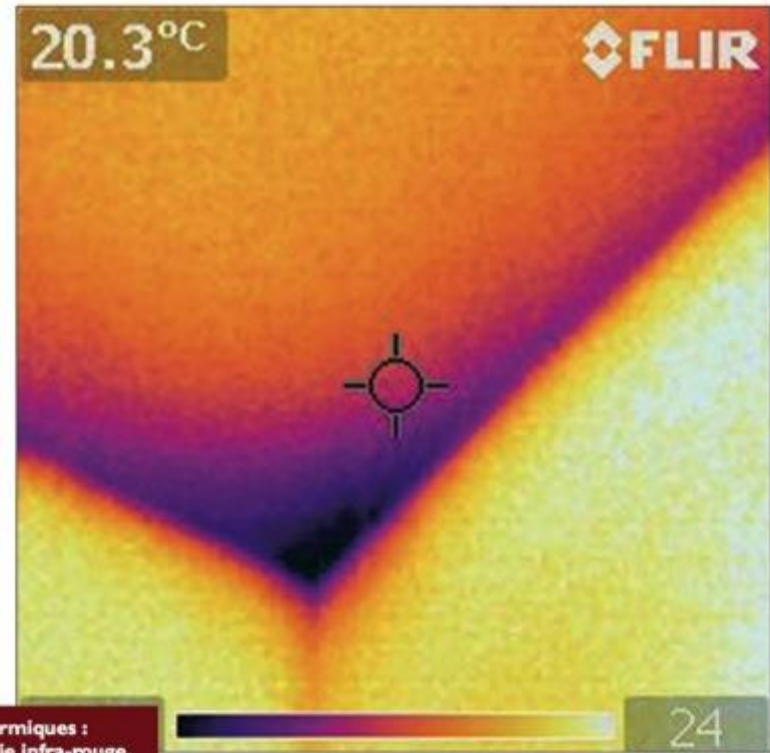


Photo :  
Medieco



# L'impact sur la qualité de l'air intérieur

31



Deux moyens de diagnostic des ponts thermiques :  
le développement fongique et la thermographie infra-rouge.  
Superposition des zones froides et des moisissures.

 **Un constat : moisissures dans 37 % des logements** (campagne OQAI Logements 2003-2005)

# Les moisissures - définition

32

- **Champignons microscopiques**
- Reproduction possible grâce aux **spores** dispersées dans l'environnement



*Stachybotrys chartarum*. ©SEPT2011



Asotach Laboratories, Inc. Penicillium sp.



*Penicillium chrysogenum*. ©SEPT2011

## Dimension des spores entre 1 et 10 $\mu$ m

- Restent longtemps en suspension dans l'air
- Se déposent dans le système respiratoire
- Les plus petites atteignent les alvéoles pulmonaires



# Les moisissures – *conditions de croissance*

33

## HUMIDITÉ

- **Rôle primordial** : agit sur la germination, la croissance, la sporulation



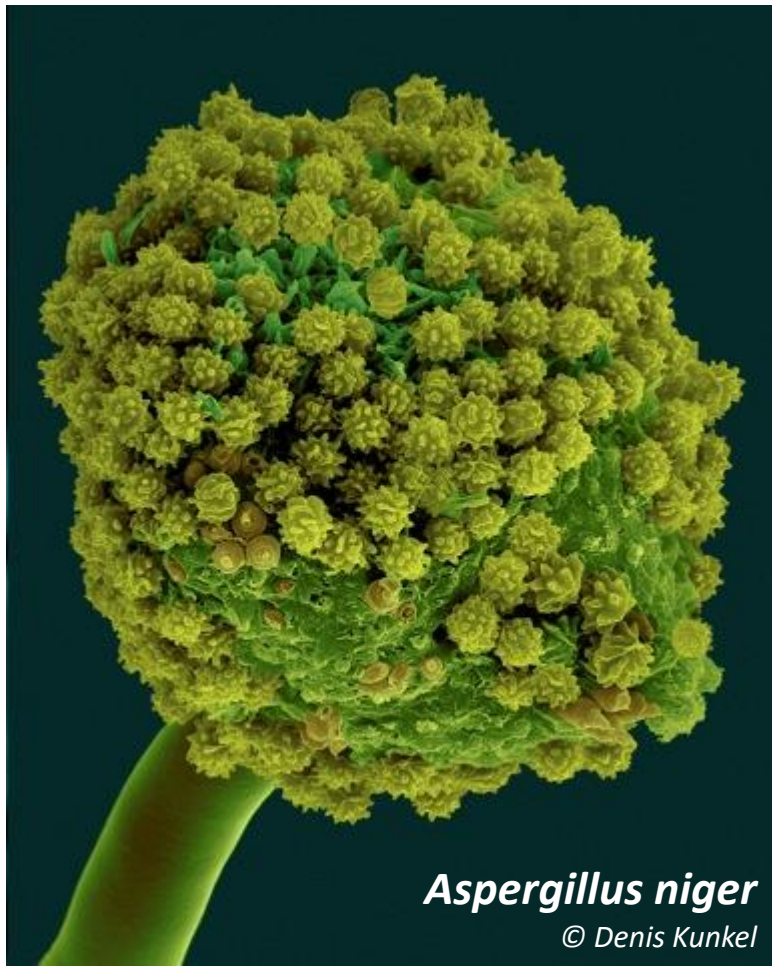
## Température

- Croissance rapide : **20 à 35 ° C**
- Croissance lente : températures plus basses
- Température > 60 ° C empêche la viabilité

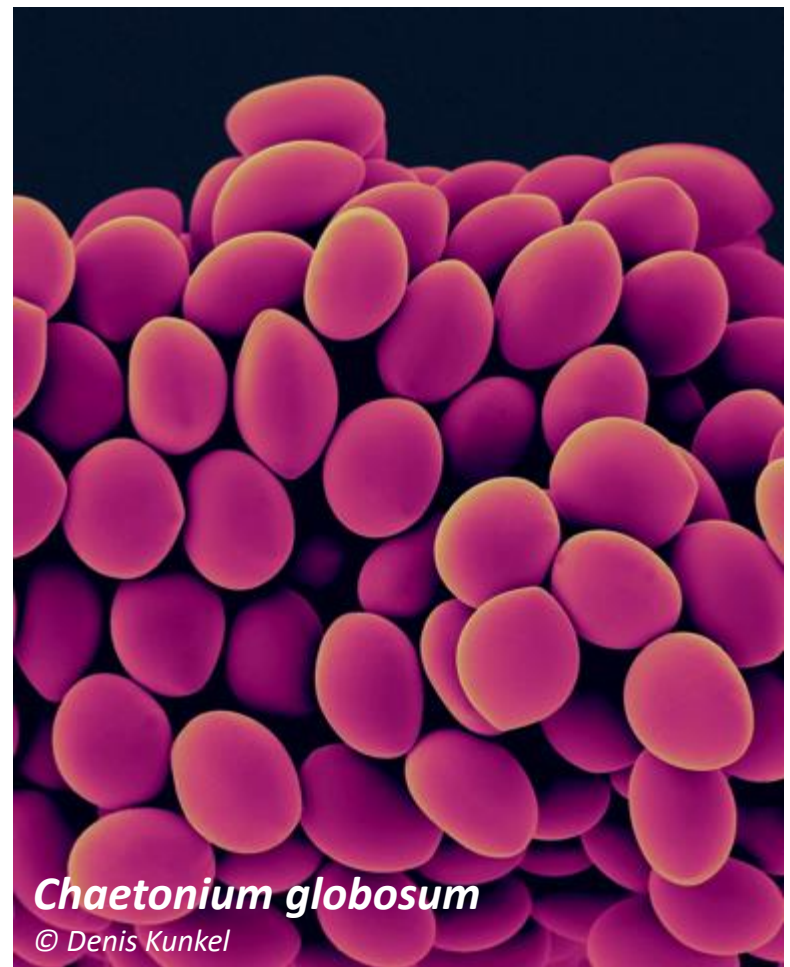


## Nutriments

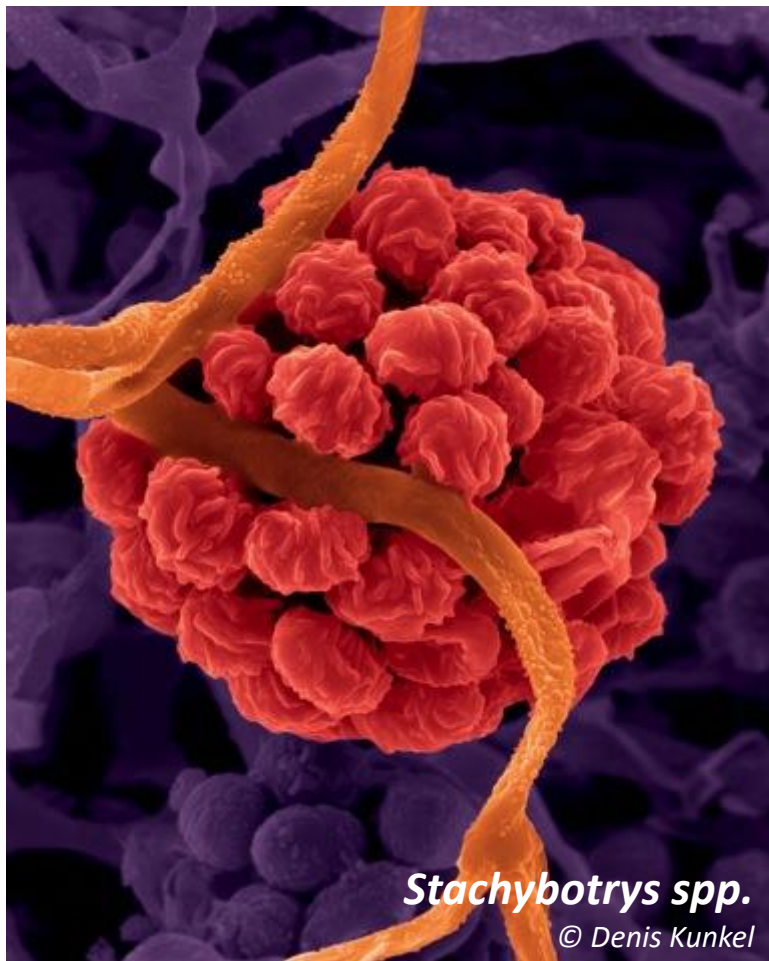
- Matières cellulosiques ou organiques : boiseries, textiles, plantes, fèces d'acariens, matières organiques, +/- décomposées
- Mais peu de matière nutritive n'empêche pas le développement



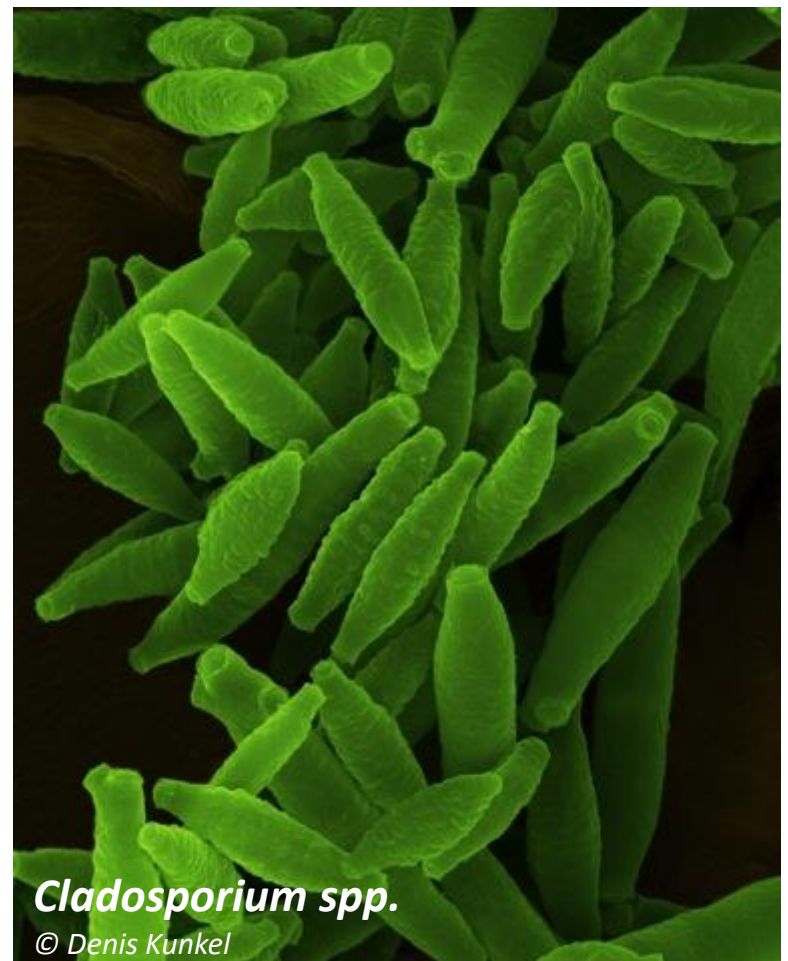
- Croît en milieux pauvres en eau
- Possible sur les matériaux de construction humides et dans les systèmes de ventilation contaminés



- Colonise les surfaces fortement humides et cellulosiques




- Croît sur des matériaux cellulosiques après dégâts des eaux ou inondations



- Commune dans l'air extérieur et retrouvée dans les réseaux aérauliques


# Les moisissures – *impacts sanitaires*

36

Risques	Maladies/symptômes	Agents en cause
<b>Irritatifs</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Irritation et congestion des muqueuses (nez, gorge, yeux)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Glucanes</li><li>• Mycotoxines</li><li>• COV</li></ul>
<b>Immuno-allergiques</b> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dépression immunitaire</li><li>• Allergiques <i>rhinite, conjonctivite, dermatite, asthme</i></li><li>• Syndrome toxique des poussières organiques ODT</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mycotoxines</li><li>• La plupart des moisissures</li><li>• Acariens, blattes</li><li>• Acremonium, Alternaria, Aspergillus, Eurotium, Cladosporium, Fusarium</li></ul>

## Les moisissures – *impacts sanitaires*

37

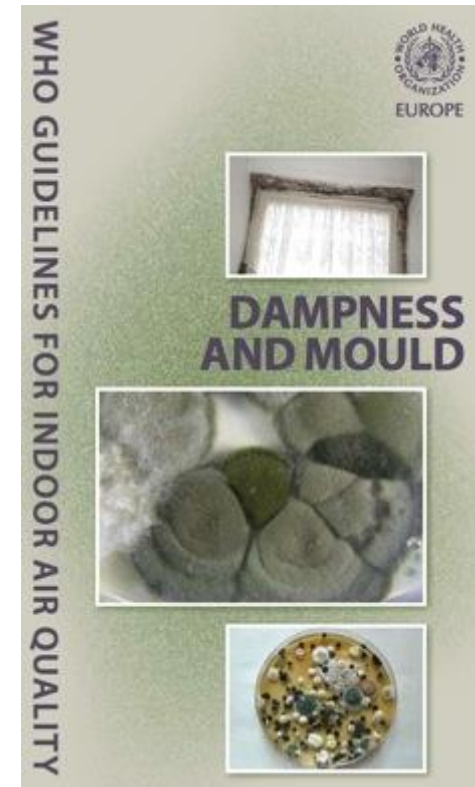
Risques	Maladies/symptômes	Agents en cause
<b>Infectieux</b> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aspergillose invasive</li><li>• Infections respiratoires récurrentes de l'enfant</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Aspergillus fumigatus</i></li><li>• Virus et bactéries sur muqueuses irritées par les moisissures</li></ul>
<b>Toxiques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Irritations</li><li>• Cytotoxicité</li><li>• Fatigue chronique</li><li>• Maux de tête</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mycotoxines</li></ul>
<b>Cancérogènes</b> <i>en milieu professionnel</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cancers<ul style="list-style-type: none"><li>- broncho-pulmonaire</li><li>- du foie</li></ul></li><li>• Autres cancers</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aflatoxine B1 (groupe 1 CIRC)</li><li>• Achratoxine A, sterigmatocystine, toxines fusarium (groupe 2B CIRC)</li></ul>

En conclusion,

- la présence de moisissures dans les bâtiments est une réelle préoccupation sanitaire
- la prévention est indispensable

Comme l'a mentionné, en 2009,  
l'Organisation mondiale de la santé

*" Des enveloppes de bâtiment bien conçues, bien construites et bien entretenues sont essentielles pour prévenir et contrôler l'excès d'humidité et la croissance microbienne, car elles empêchent les ponts thermiques et l'entrée de l'eau en phase liquide ou vapeur " .*



# Les ponts thermiques en rénovation

## 1 . Identification :

- Recherche visuelle (moisissures..)
- Thermographie
- Pièces de marché, plans, types de bâtiments
- Points froids (températures de surface)

## 2 . Traitement

- Jonction murs refends, murs toiture, pieds de mur, acrotères
- Jonctions Menuiseries (portes, fenêtres, appuis de fenêtres)
- Loggias et balcons
- Jonctions ponctuelles (fixations volets, trappes, rampes..)
- Fixations de bardage

# Les ponts thermiques en rénovation

## 1 . Identification :

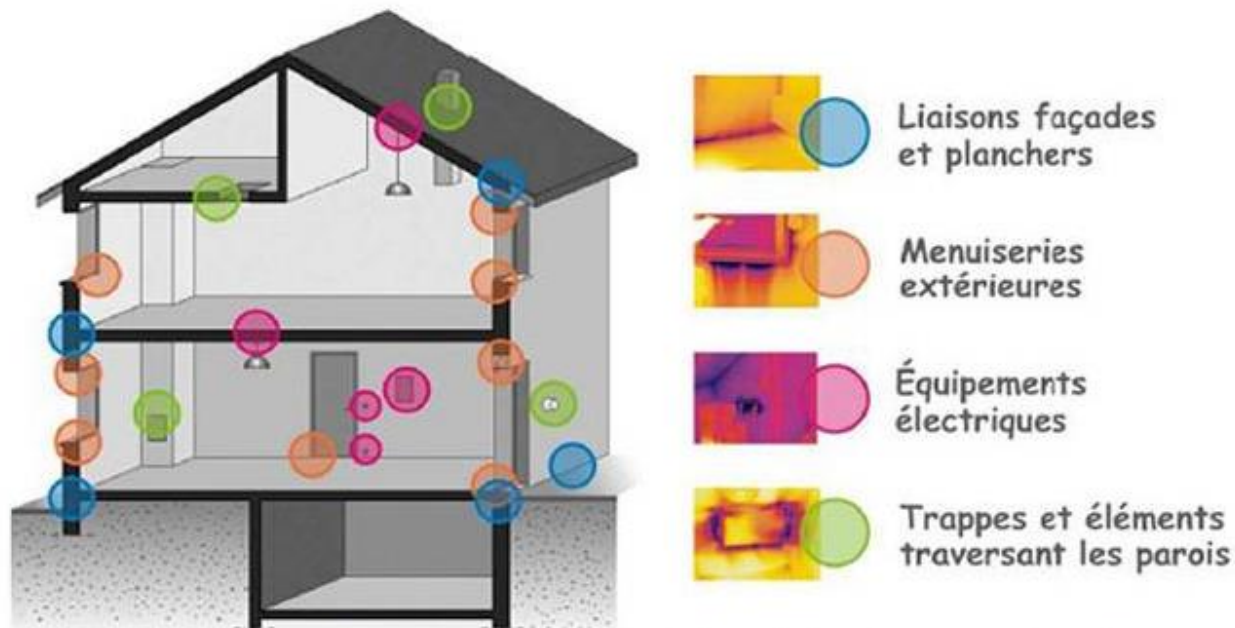
- Recherche visuelle (présence d'éléments en porte à faux, moisissures..)



## 1 . Identification :

### - Recherche visuelle : les signes qui indiquent des ponts thermiques non traités:

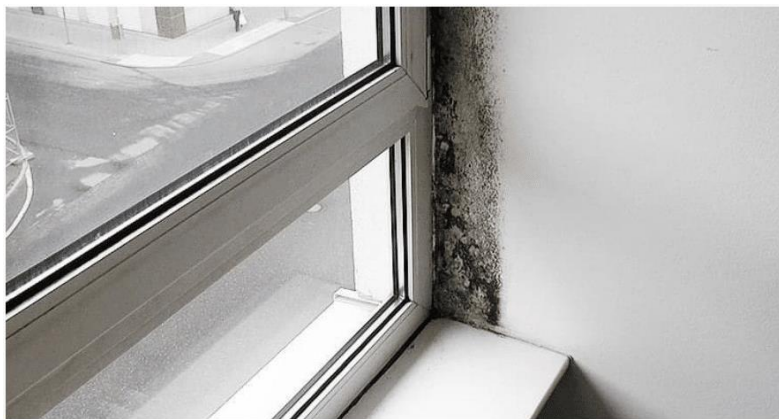
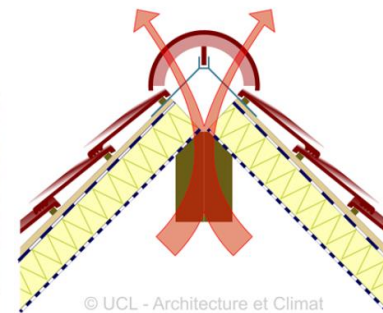
- Peinture qui s'écaille
- Traces noires (pollution/poussière qui se colle)
- Décollement de papier peint
- Moisissures



Vue en coupe d'une maison pour repérer les fuites d'air et les ponts thermiques

# 1 . Identification :

- Recherche visuelle ( humidité, condensation, moisissures..)



*Exemple de condensation au travers de la paroi (photos prises après démontage des lambris).  
© 2015-AQC - Mathieu CORTAL (absence de pare vapeur intérieur)*



Moisissures sur la partie externe d'une toiture isolée par ITI. ©CMDL-2019



Moisissures sur le pont thermique d'un plancher



Dégradations des revêtements

# 1 . Identification :

## - Recherche visuelle, éléments en porte à faux

MI, année 1977; rénovée en 2008 sans traiter le pont thermique au niveau du balcon

Travaux effectués :  
ITE : 14 cm Enduit sur isolant  
Remplacement des fenestres  
Isolation de la dalle de cave  
Isolation caissons de volets roulants

Données mesurées avant rénovation :  
Mur extérieur U: 1,0 W/ (mk)  
 $\Psi$ - Balcon: 0,372 W / (mk)

Données mesurées après rénovation :  
Mur extérieur U: 0,212 W/ (mk)  
 $\Psi$ - Balcon: 0,756 W/(mk) !



elle: Martin Lamprecht, Schöck

## 1 . Identification :

- Recherche visuelle, éléments en porte à faux

MI, année 1977; rénovée en 2008 sans traiter le pont thermique au niveau du balcon

L'absence du traitement du pont thermique correspond à l'équivalent de 7,5 M2 de surface de mur sans isolant !



## 1 . Identification :

- Recherche visuelle, éléments en porte à faux



## 1 . Identification :

- Recherche visuelle, défauts d'isolation



## 1 . Identification :

### - Recherche visuelle, éléments ponctuels traversant une ITE

#### Désordres constatés :

Ponts thermiques ponctuels

Manque d'adhérence de l'enduit

Déplacement possibles (risque de fissuration de l'enduit et d'infiltrations d'eau)

Dégradation du support/ Dommages sériels ...



## 1 . Identification :

- Recherche visuelle, éléments ponctuels traversant une ITE





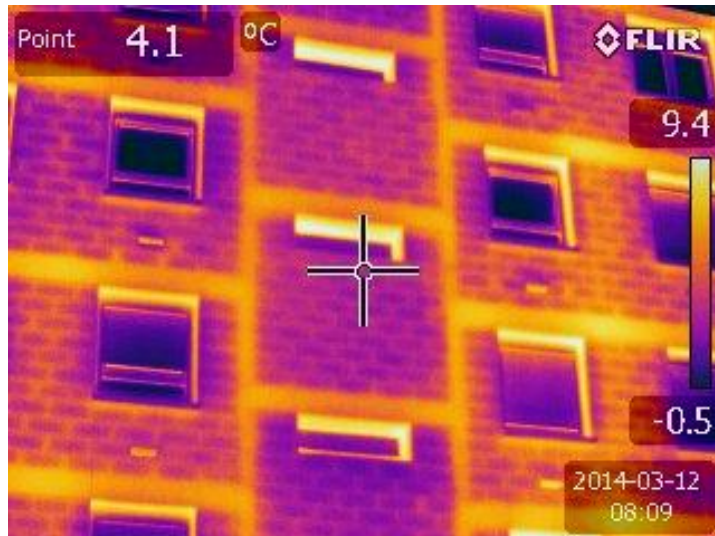
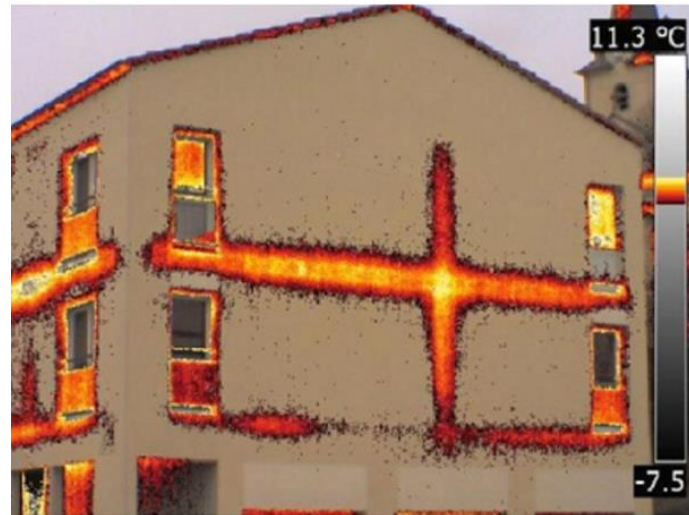
# Les ponts thermiques en rénovation

## 1 . Identification :

- Thermographie

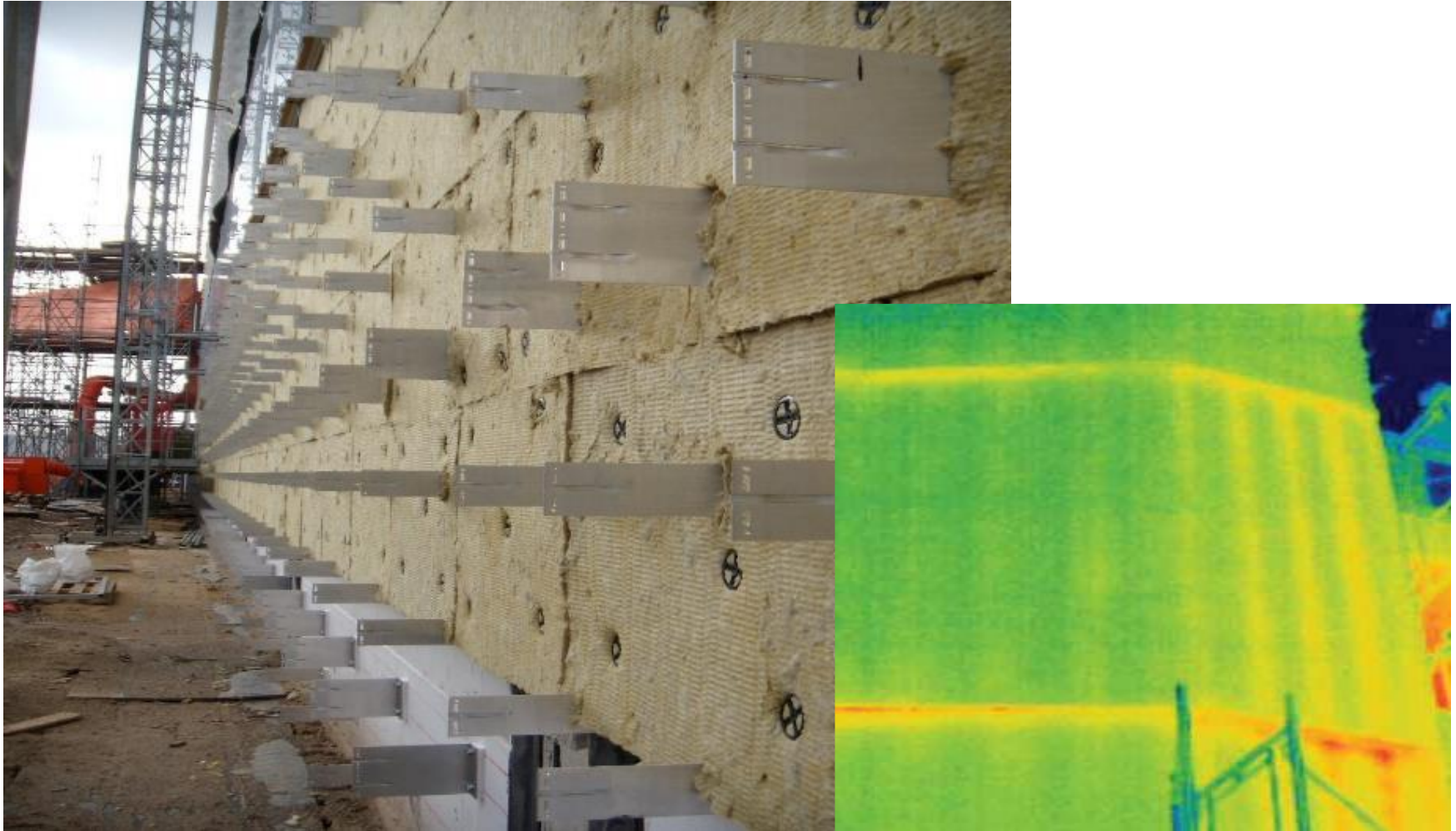
# 1 . Identification :

## - Thermographies



## 1 . Identification :

- Thermographies (attention aux bardages ventilés, indétectables)



# 1 . Identification :

## - Thermographies



Livré en 2008, le Patio Lumière (ZAC de Bonne, Grenoble) visait 42,5 kWh/m<sup>2</sup>hab.an en chauffage. Il consomme en réalité 32 % de plus.

### 1. Ponts thermiques inattendus



PHOTOS: SNERTECH

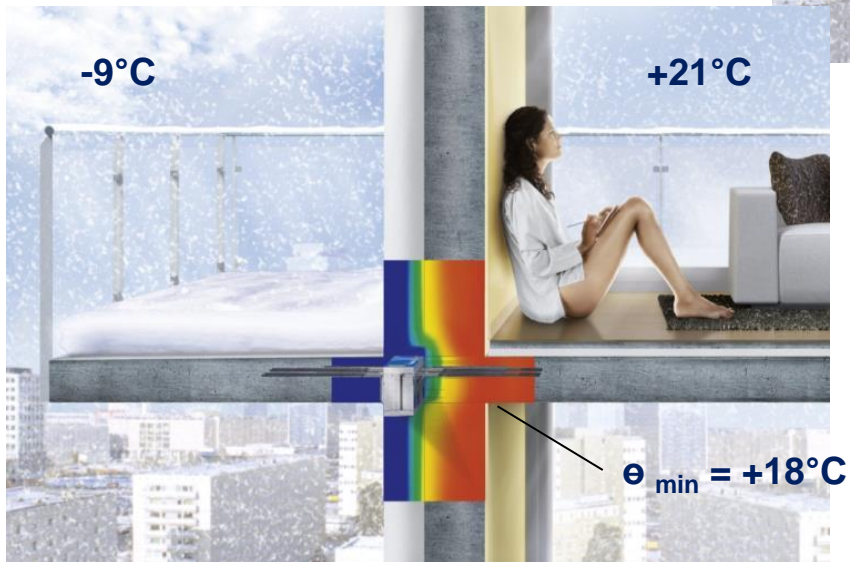
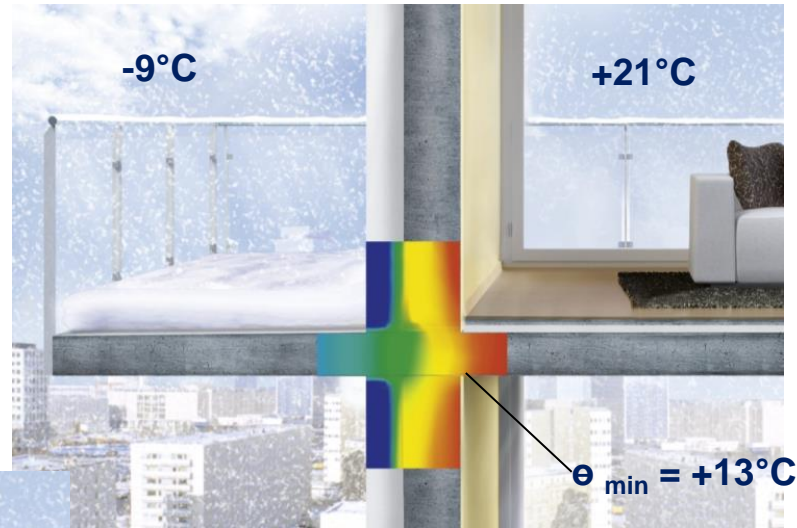
En cause, notamment, des températures de consigne trop élevées et les ponts thermiques que révèle l'image infrarouge au niveau de la solidarisation des doubles murs. Sur d'autres réalisations, c'est parfois l'accrochage du bardage (à droite) qui crée de mauvaises surprises.

# 1 . Identification :

## - Recherche de points froids, relevés de températures de surface



Thermomètre de contact et mesure de température ambiante.



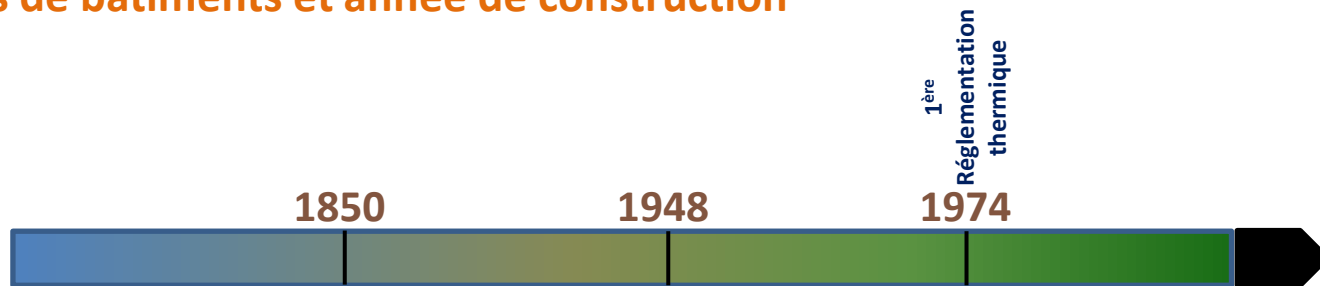
# Les ponts thermiques en rénovation

## 1 . Identification :

- Documents contractuels (plans, descriptifs, type de matériaux, année de construction, CCTP).

# 1 . Identification :

## - Types de bâtiments et année de construction



**Bâtiments anciens**

**Bâtiments récents**

**non isolés**

**non isolés**

**non isolés**

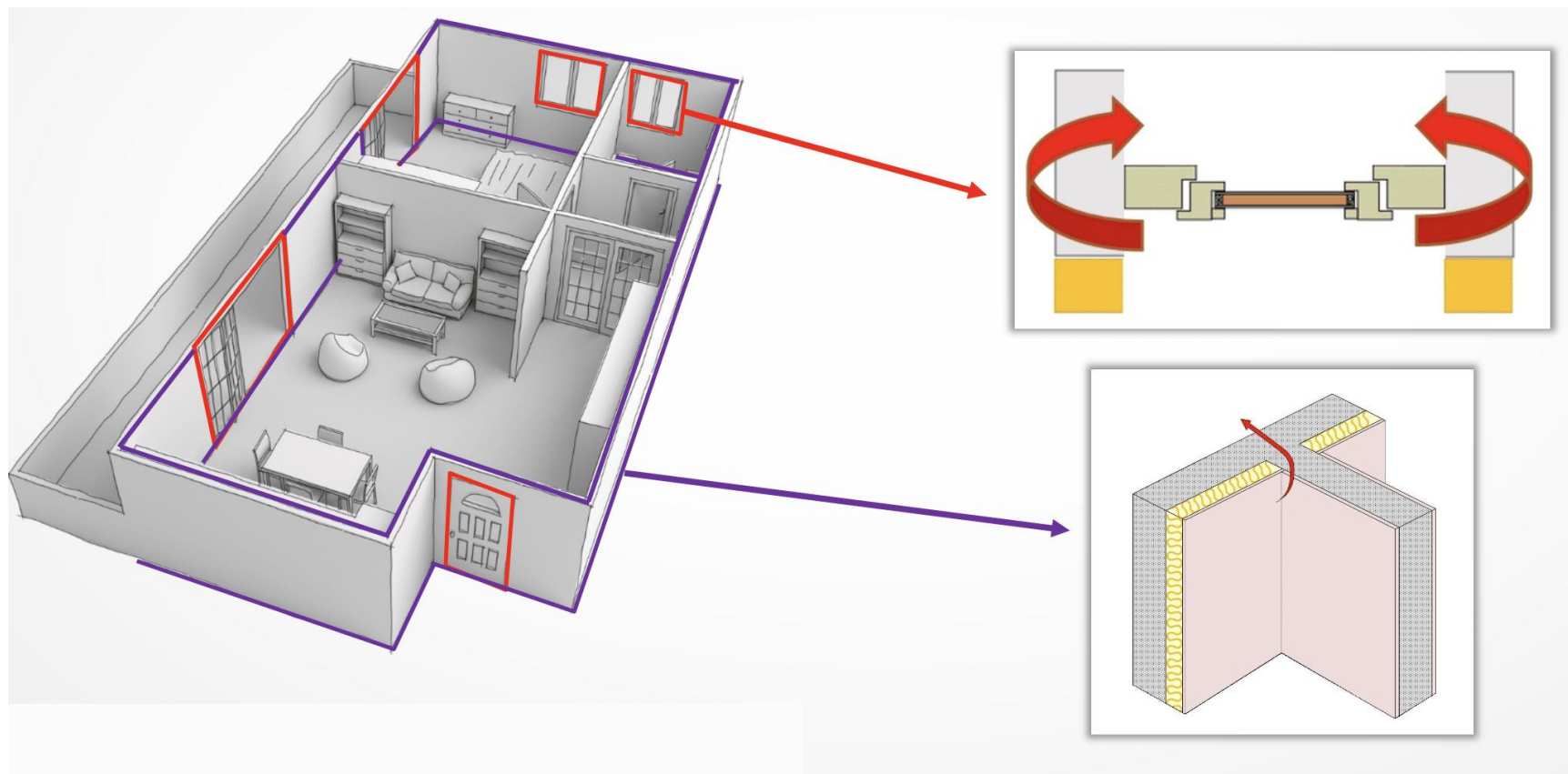
**faiblement isolés**



# 1 . Identification :

## - Plans et descriptif des matériaux

### Exemple de Bâtiment isolé par l'intérieur



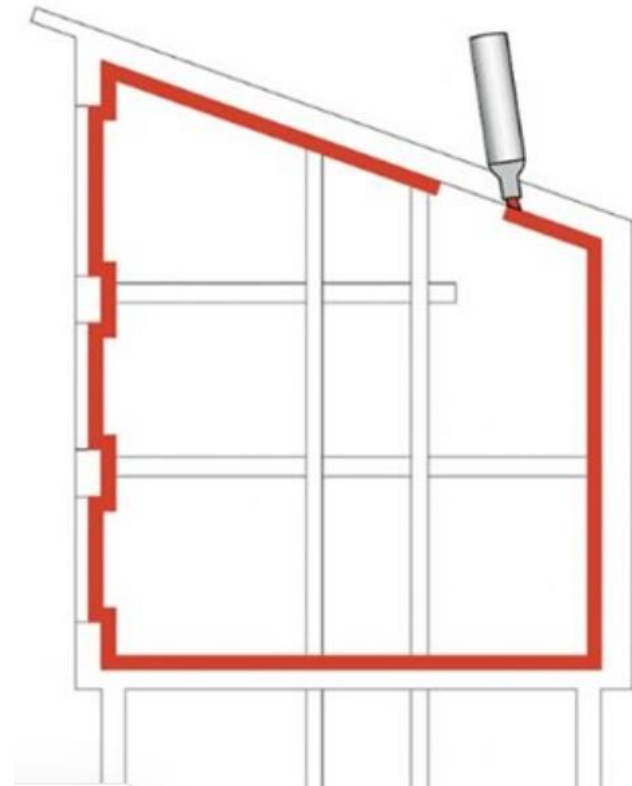
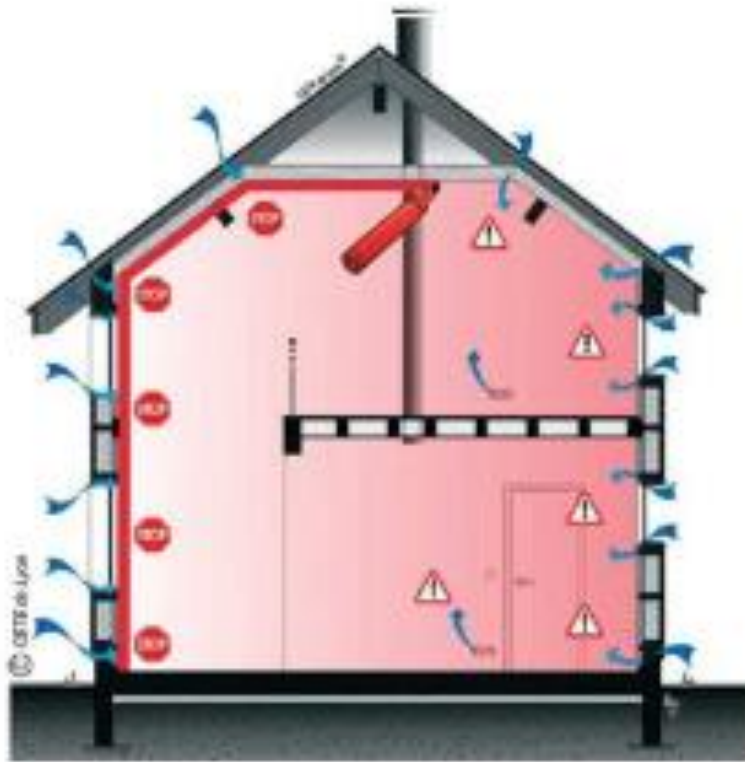


## 1 . Identification :

### - Plans et conception des bâtiments

#### Exemple de Bâtiment isolé par l'intérieur

#### Conception : Le trait continu



# Les ponts thermiques en rénovation

## 2 . TRAITEMENT

# Les ponts thermiques en rénovation

## 2 . TRAITEMENT

### Jonction murs refends

## 2 . Traitement : - solution ITE

Dans ce premier exemple, une maison style arcachonnaise à Arès (33) a été rénovée globalement. Pour les murs, une isolation extérieure en polystyrène a été mise en œuvre avec un travail sur les modénatures, les détails et sur l'enduit.



**AVANT RÉNOVATION : Maison style arcachonnaise à Arès (33) © ARCHENERGIE**



**APRÈS RÉNOVATION : rénovation globale de la maison © ARCHENERGIE**

## 2 . Traitement : - solution ITE

Dans ce deuxième exemple de réalisation par ARCHENERGIE, les murs de cette maison des années 50 à Andernos (33) ont été isolés avec un polystyrène ( $R=3,75m^2.K/W$ ) et une finition en enduit « taloché ». L'aspect esthétique de la maison a été conservé grâce à la reconstitution des colombages rouges, des colonnes et la fixation des tuiles collées sur un StoDéco. Les appuis de fenêtres contribuent également à l'esthétisme de la façade. Conçu à base de verres recyclés, ce matériau léger et durable assurera une étanchéité parfaite dans le temps.



Maison typique des années 50 à Andernos (33). Avant travaux (photo à gauche). Après travaux d'isolation extérieure en polystyrène (photo à droite). © ARCHENERGIE

## 2 . Traitement : - solution ITI avec découpe du refend



*Sur ce pavillon des années trente, les murs de refend (tapissés) ont pu être désolidarisés du mur de façade. Après étude, il s'est avéré possible de tronçonner le mur verticalement et d'insérer en continu les panneaux d'isolant et le pare-vapeur. ©AQC*



*Un vide a été créé entre les planchers intermédiaires et les murs. Cela permet de poser une membrane pare-vapeur en continu, et d'obtenir une continuité d'isolation entre les étages. ©AQC*

## 2 . Traitement : - solution ITI avec retour d'isolant

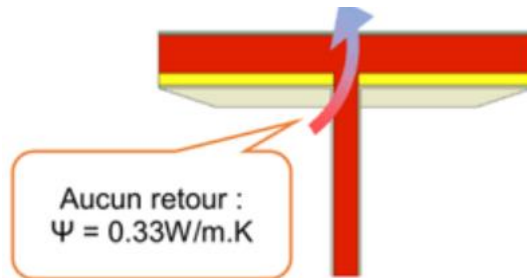
### Rallongement du trajet du pont thermique de type „boite dans la boîte“



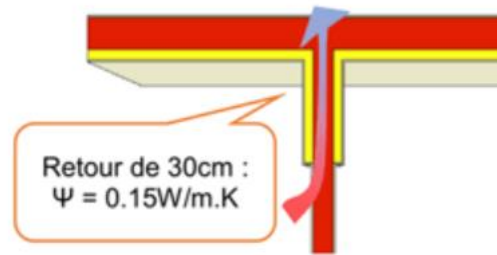
Un retour d'isolant sur 100 cm a été réalisé sur le contour du plancher haut et à l'intersection du mur de refend avec le mur extérieur. ©AQC



Dans cet immeuble industriel des années 30, les murs ont été isolés par l'intérieur. Des panneaux d'isolant à base de fibres végétales ont été posés sur la périphérie en sous-face du plancher haut. ©AQC



Aucun retour :  
 $\Psi = 0.33\text{W/m.K}$



Retour de 30cm :  
 $\Psi = 0.15\text{W/m.K}$

## 2 . Traitement : - solution ITI avec création d'enveloppe intérieure

### Solution de rénovation lourde en cas de façades anciennes à conserver



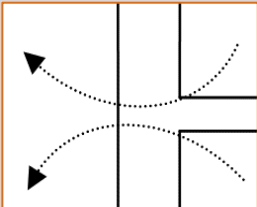
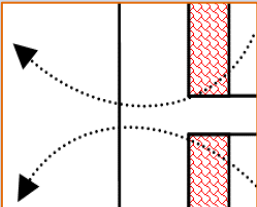
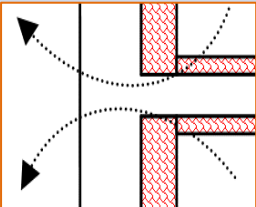
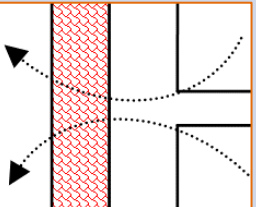
*Dans un bâtiment existant très vétuste et afin d'atteindre un niveau de performance élevé, mise en œuvre d'une nouvelle enveloppe ossature bois préfabriquée en atelier à l'intérieur de l'ancienne enveloppe en brique.*



*Réalisation d'une nouvelle enveloppe en ossature poteau-poutre métallique en retrait de la façade en pierre. L'espace entre les parois a permis d'insérer des brises-soleil motorisés. ©AQC*



## 2 . Traitement : - solutions de liaisons dalle façade

	Etat existant (sans isolation)	Isolation par intérieur (ITI)	Isolation „boîte dans la boîte“	Isolation par extérieur (ITE)*
Croquis				
$\psi$ W/(m.K)	<b>0,75</b>	<b>0,91</b> (+21%) <i>Attention aux pathologies</i>	<b>0,56</b> (-25%)	<b>0,05</b> (-93%)

# Les ponts thermiques en rénovation

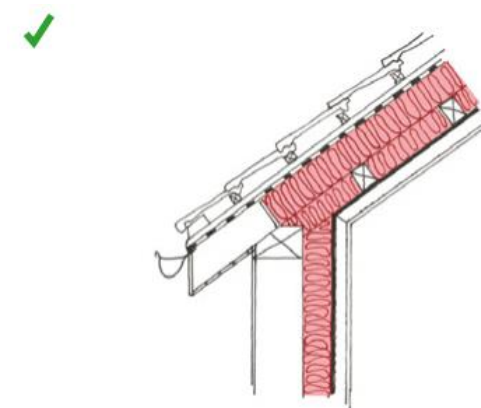
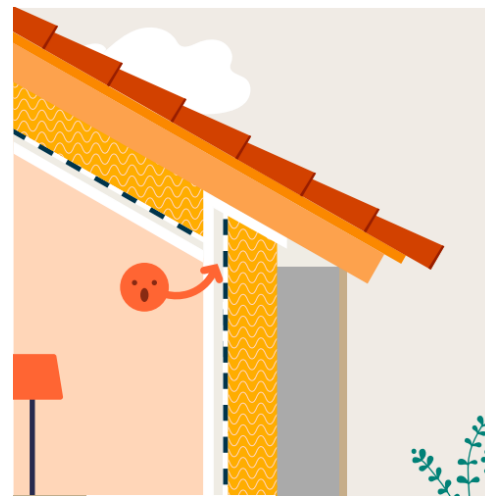
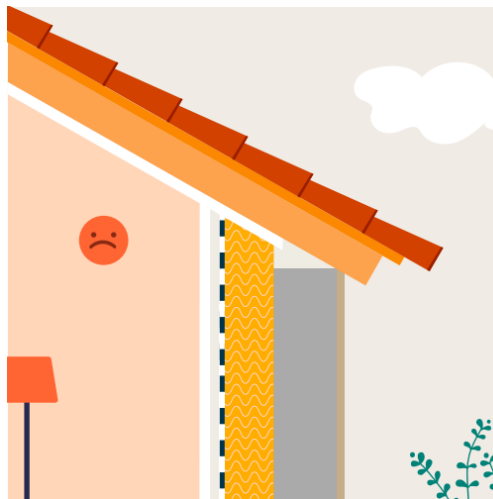
## 2 . TRAITEMENT

**Jonction murs toiture (ITI et ITE)**

## 2 . Traitement : - solutions de liaisons murs toiture ITI, isolation rampants ou faux plafond

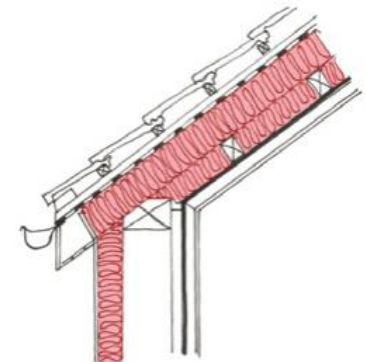
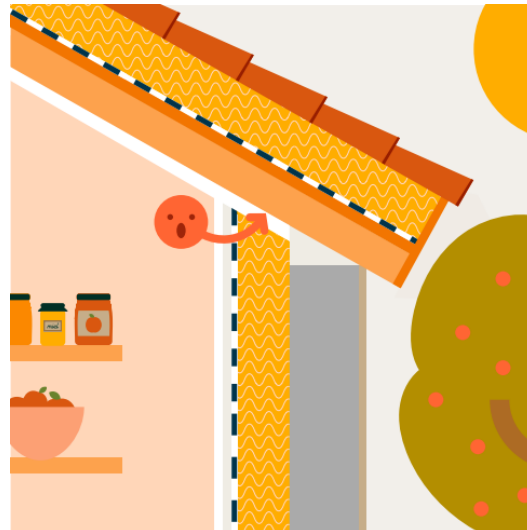
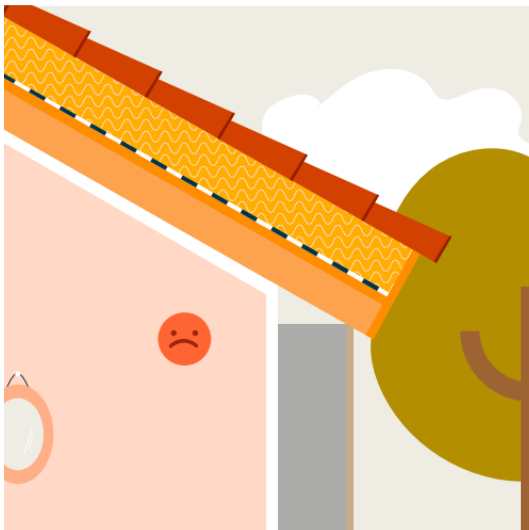
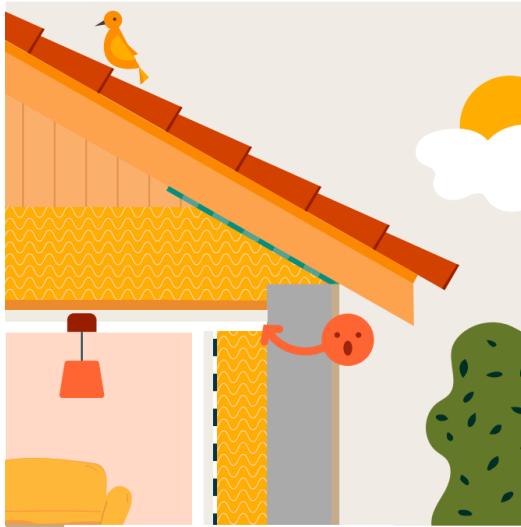


Photo de non conformité au référentiel qualité Dorémi  
(source : Dorémi)



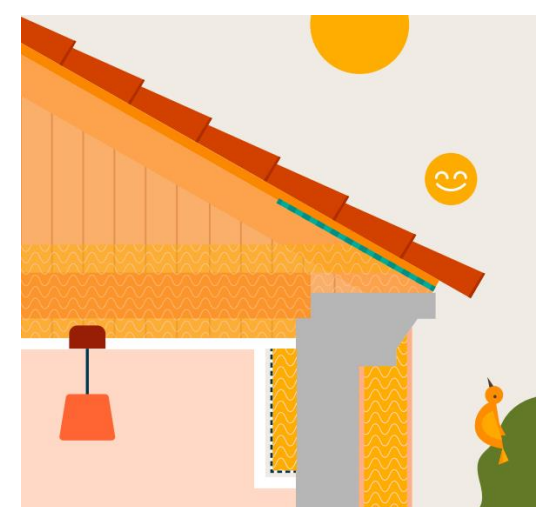
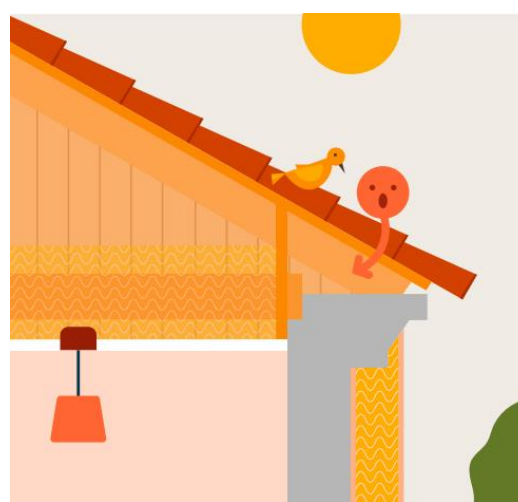
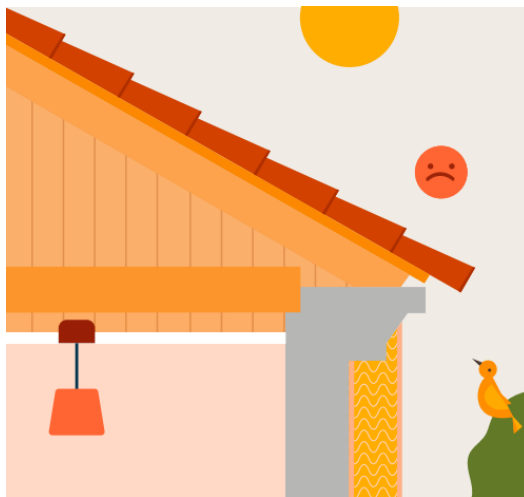
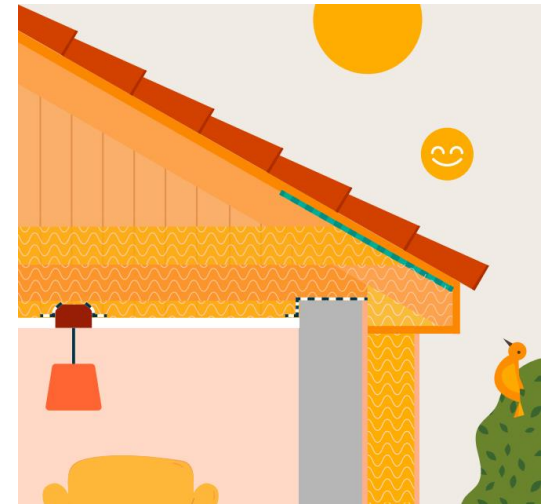
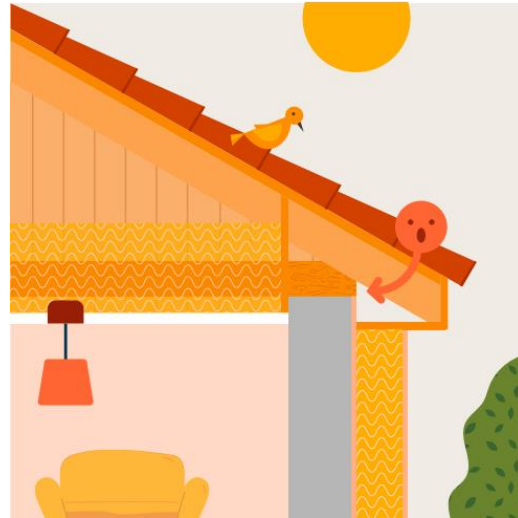
*Dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur, l'isolation est posée de façon continue à la jonction mur/rampant.* ©AQC

## 2 . Traitement : - solutions de liaisons murs toiture ITI toutes configurations



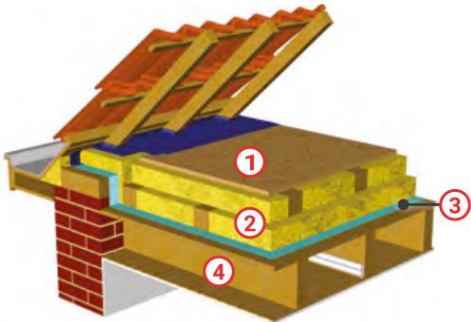
Dans le cas d'une isolation thermique par l'extérieur, l'isolation est posée de façon continue à la jonction mur/rampant. ©AQC

## 2 . Traitement : - solutions de liaisons murs avec ITE, débord de toit maçonné

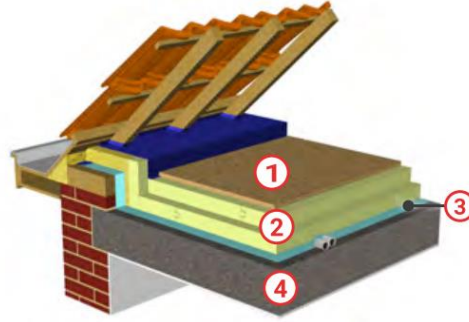


## 2 . Traitement : - solutions de liaisons murs avec ITI, différents types de planchers

Le choix de la technique d'isolation du plancher du grenier se fera en fonction de la situation existante. En effet, certaines techniques sont plus adaptées selon le matériau du plancher.



© Dialoog vzw



© Dialoog vzw

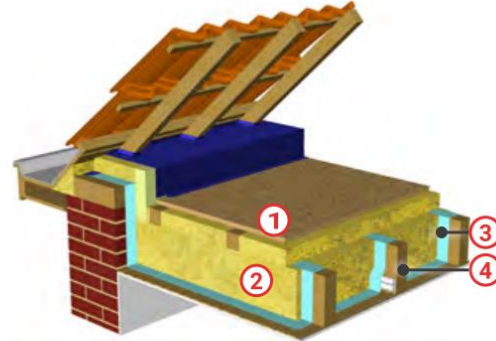
Isoler sur un plancher en bois ou en béton

- ① Finition de sol
- ② Isolant
- ③ Pare-vapeur
- ④ Structure existante en bois ou béton
- ⑤ Finition de plafond



© Dialoog vzw

Isoler dans l'épaisseur de la structure bois en intervenant par le **dessous**

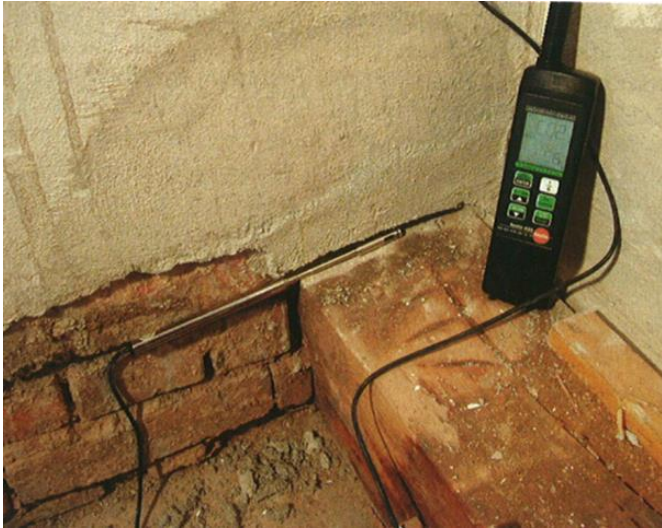


© Dialoog vzw

Isoler dans l'épaisseur de la structure bois en intervenant par le **dessus**

## 2 . Traitement : - importance du traitement des têtes de poutre / panne sablière

### Problématique des têtes de poutre



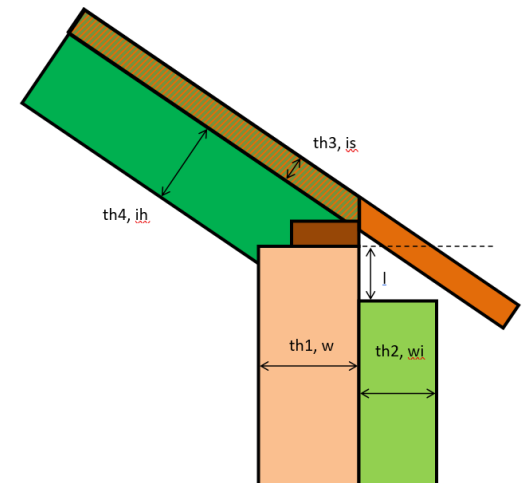
Quand est-ce que le bois pourrit ?

Conditions pour le développement de champignons qui détruisent le bois :

- Humidité relative  $>95\%HR$  pendant plusieurs semaines
- Teneur en eau dans le bois  $>25\%m$
- Température entre  $-5^{\circ}C$  et  $+45^{\circ}C$



L'ensemble du remplissage existant (gravas, sable, plâtre) entre solives a été cureté. Un isolant à base de fibres végétales a été mis en œuvre en remplacement afin de répondre aux besoins thermiques et acoustiques. ©AQC



# Les ponts thermiques en rénovation

## 2 . TRAITEMENT

Jonction pieds de mur en iTE et ITI

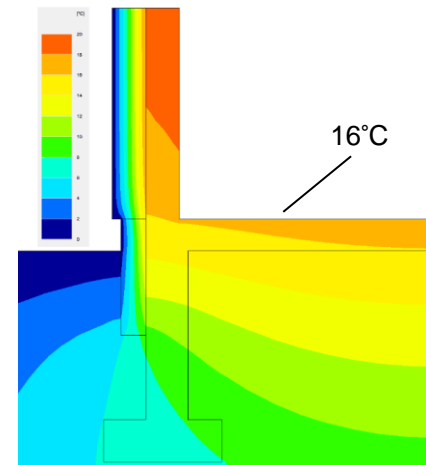
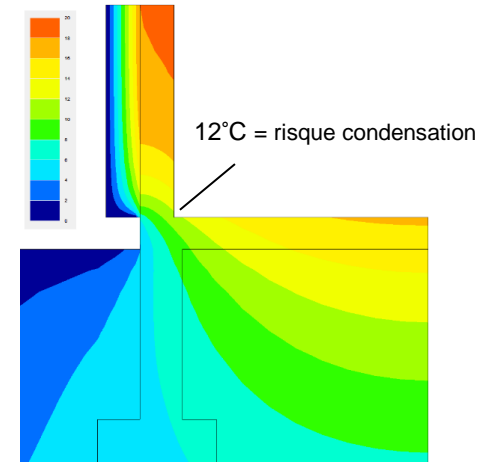
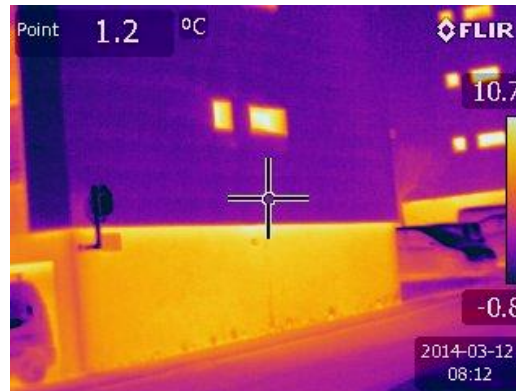


## 2 . Traitement : - solutions de pieds de murs

### Rénovation – ITE – plancher / façade

Traitement du nez de dalle

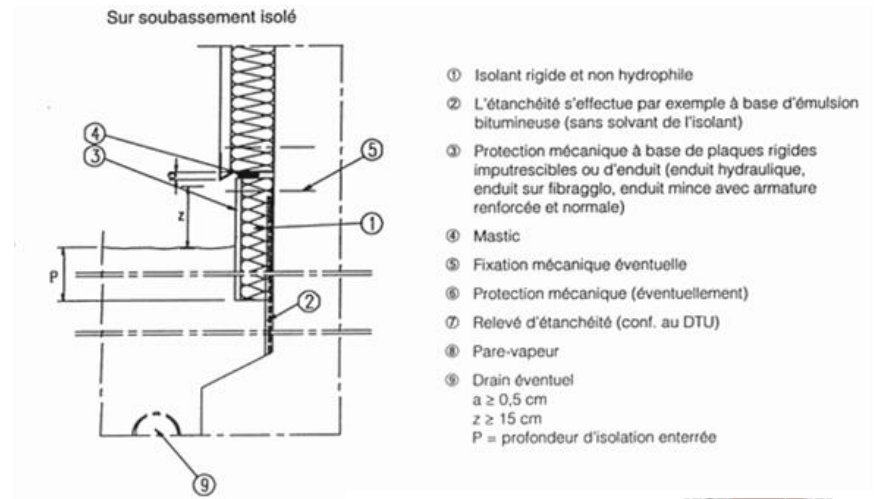
=> Descente d'isolant 30 à 60 cm = nécessité de creuser



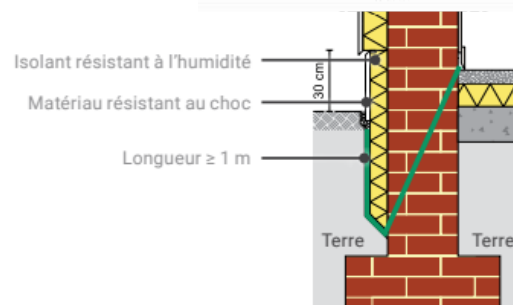
## 2 . Traitement : - solutions de pieds de murs

### Rénovation – ITE – plancher / façade

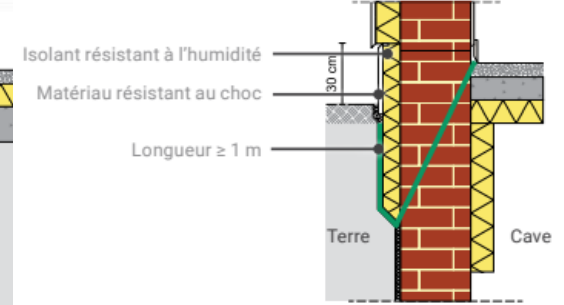
	Descente d'isolant		Sans descente
	Sous-chape	En sous-face	
Schémas			
Remarques	Descente d'isolant parfois délicate à mettre en oeuvre		Risque pathologique
Performance thermique			



L'isolation du soubassement a été réalisée par la mise en place d'un isolant imputrescible. ©AQC



Dalle sur sol  
© Dialog vzw



Dalle sur cave  
© Dialog vzw

## 2 . Traitement : - solutions de liaisons murs avec ITI, différents types de planchers

### Pieds de mur en ITI, liaison dalle mur



Traitement thermique du soubassement du mur par l'intérieur au moyen d'une dalle en béton de chaux-pouzzolane. Celle-ci repose sur un hérisson sur drain ventilé. ©AQC



# Les ponts thermiques en rénovation

## 2 . TRAITEMENT

### Acrotères

## 2 . Traitement : - solutions de liaisons acrotères

### Traitement des ponts thermiques des acrotères en ITE

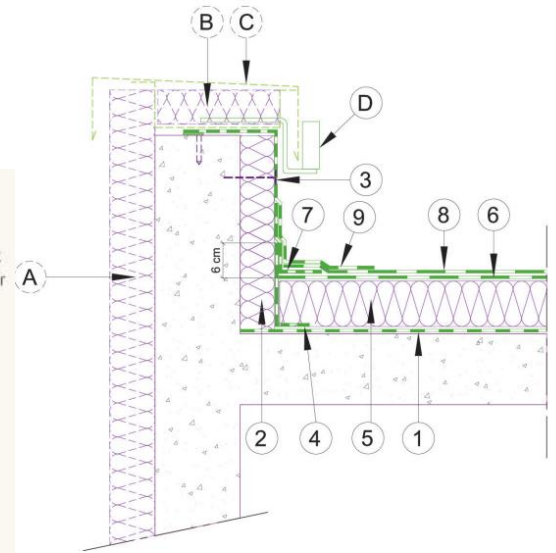
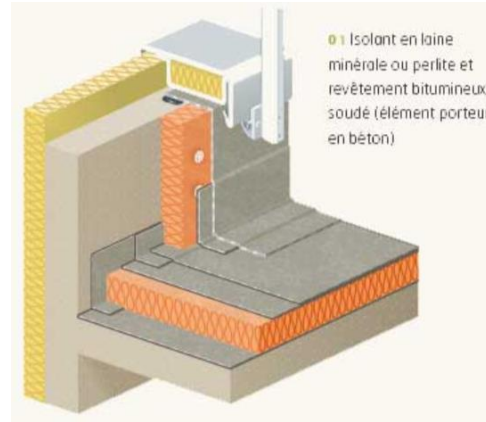
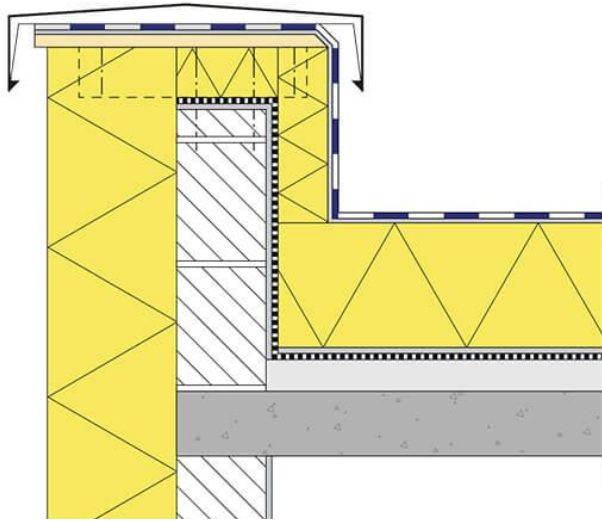
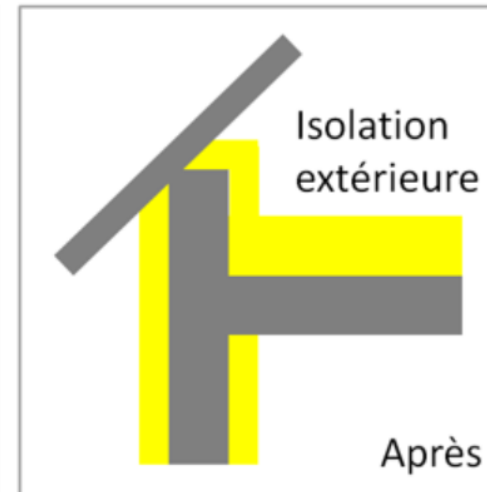
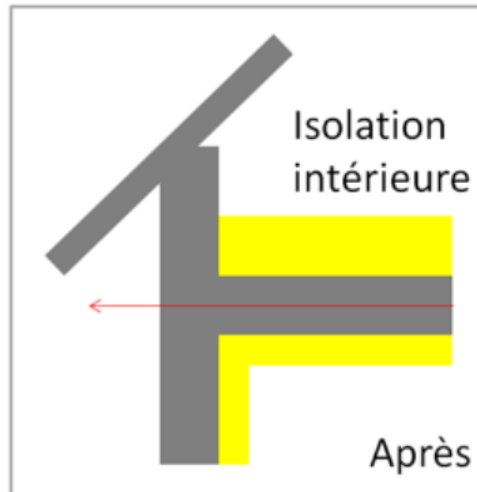
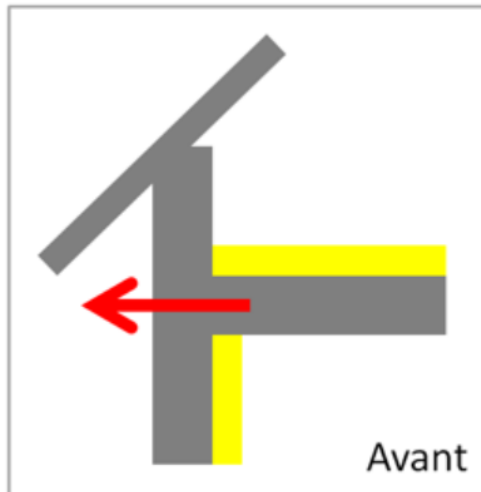


Figure 1 - Relevé d'étanchéité sur isolant apte à recevoir un revêtement bitumineux soudé (laine minérale et perlite) apparent

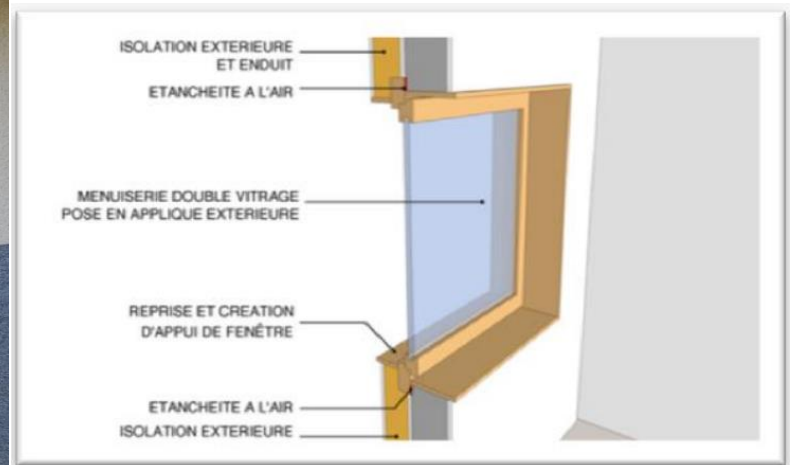


# Les ponts thermiques en rénovation

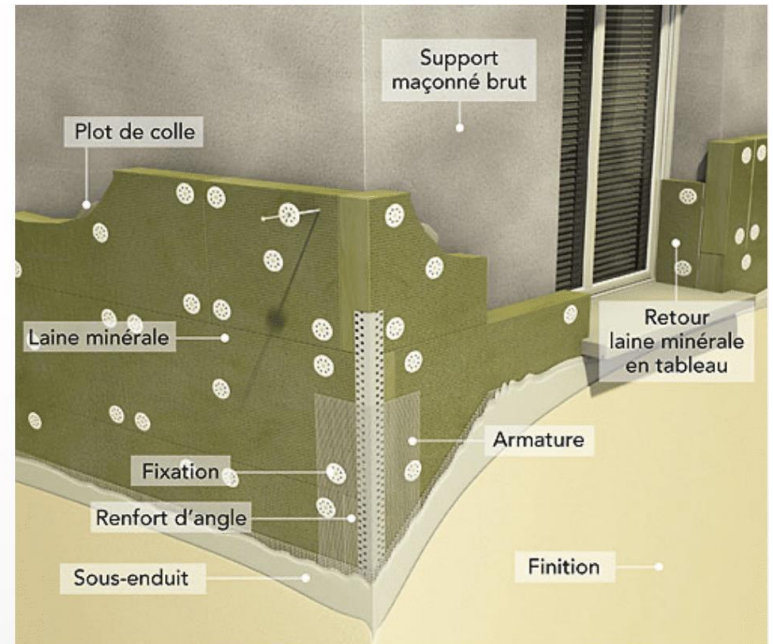
## 2 . TRAITEMENT

**Jonctions Menuiseries (portes, fenêtres, appuis de fenêtres)**

## 2 . traitement : - solution ITE, retour en tableau de l'isolant et/ou pose des menuiseries dans le plan de l'isolant

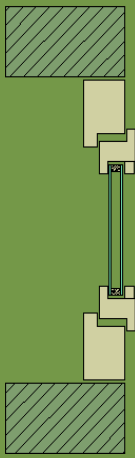
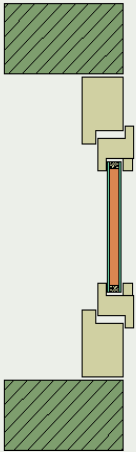
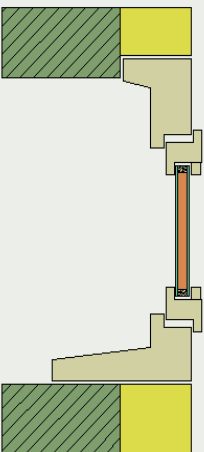
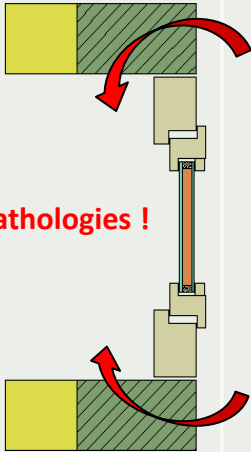
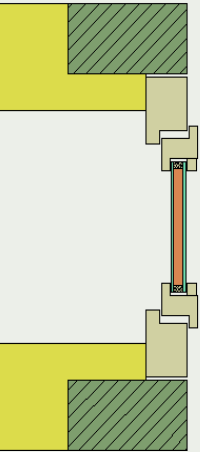
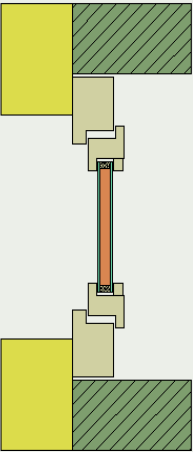


## 2 . traitement : - solution ITE, retour en tableau de l'isolant et/ou pose des menuiseries dans le plan de l'isolant





## 2 . Traitement : - solution ITE, retour en tableau de l'isolant et/ou pose des menuiseries dans le plan de l'isolant

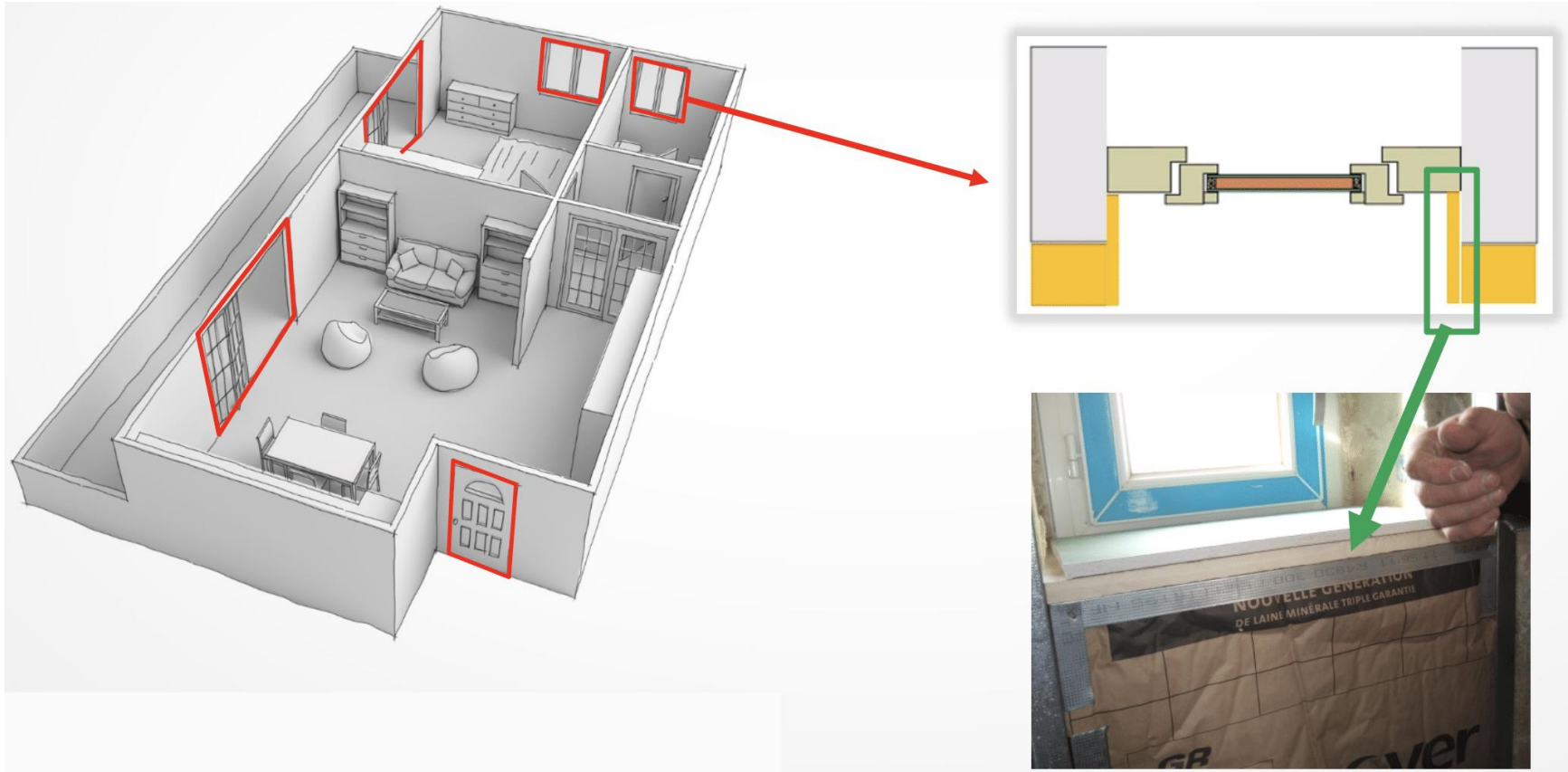
Mur non isolé		Mur isolé <sup>(1)</sup> : ITI ou ITE			
Initial (DV ancien)	Remplacement des baies <sup>(2)</sup>	ITI + Baies	ITE + baies Sans retour tab.	ITE + baies avec retour tab.	ITE + baies Nu extérieur
					
<b>100%</b>	<b>75%</b>		<b>25%</b>	<b>20%</b>	<b>15%</b>

\*façades sur « maille type » (3,5x2,5) baies (1,2x1,5)

<sup>(1)</sup> ITI : 12 cm, R = 4,0 m<sup>2</sup>K/W - ITE : 16 cm, R = 5,0 m<sup>2</sup>K/W

<sup>(2)</sup> Baie, U<sub>w</sub> = 1,2 W/(m<sup>2</sup>K)

## 2 . Traitement : - solution ITI, retour en tableau de l'isolant intérieur et/ou pose des menuiseries dans le plan de l'isolant



# Les ponts thermiques en rénovation

## 2 . TRAITEMENT

Jonctions balcons, loggias, escaliers

## 2 . Traitement : Loggias et retraits de façades

### Loggias transformées en pièces à vivre ou en jardin d'hiver, création de sas d'entrée



Les loggias ont été vitrées pour réaliser un jardin d'hiver et permettre une amélioration du confort thermique et acoustique. Le confort d'été n'a pas été dégradé grâce à la présence des arbres à feuilles caduques le long de la façade. ©AQC



Le système de double arcade a permis la création d'une zone de circulation vitrée à l'abri des intempéries. ©AQC



La cage d'escalier, espace non chauffé, était séparée de la rue par une porte cochère monumentale, non isolée. Un sas d'entrée a été créé. Le confort thermique, acoustique et la sécurisation de l'immeuble sont ainsi améliorés. ©AQC

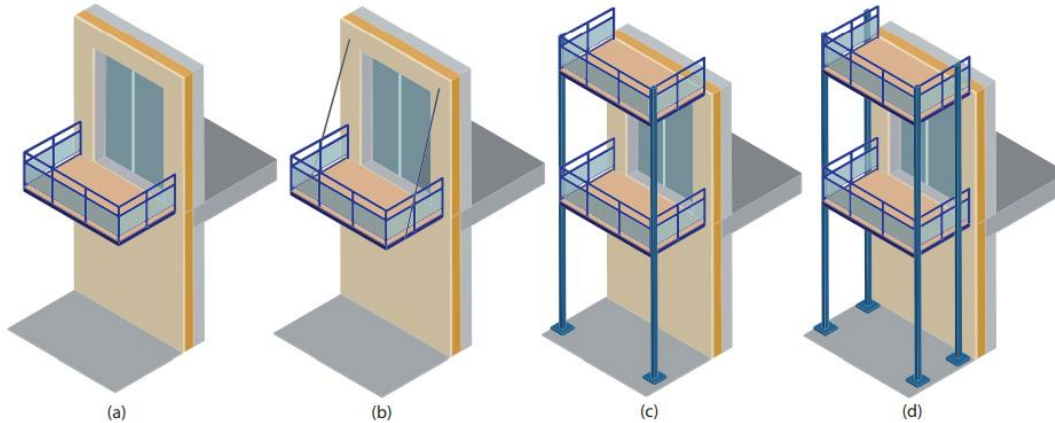
## 2 . Traitement : balcons coupés et désolidarisés en ITE

### - Balcons métalliques rapportés

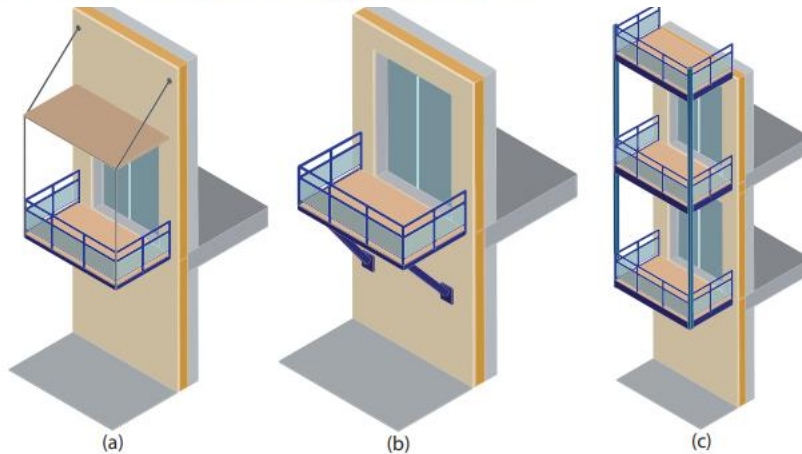
Balcons suspendus

Balcons avec suspentes

Balcons autoportés



▲ Figure 1 – Conceptions courantes de balcons métalliques rapportés



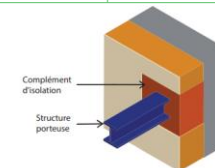
▲ Figure 2 – Conceptions alternatives

Balcons sur bracons

Balcons sur cadres encastrés

Type de fixation	Dimensions (mm)	Epaisseur de l'isolation extérieur (mm) ; $0,035 \leq \lambda \leq 0,045 \text{ W/(m.K)}$	Pont thermique $\chi$ (W/K)
IPE + Platine d'about	IPE120	100	0.19
	IPE120	140	0.17
	IPE120	180	0.15
	IPE160	100	0.27
	IPE160	140	0.25
	IPE160	180	0.23
	IPE200	100	0.34
	IPE200	140	0.32
	IPE200	180	0.30
HEB + Platine d'about	HEB100	100	0.28
	HEB100	140	0.26
	HEB100	180	0.24
	HEB120	100	0.35
	HEB120	140	0.33
	HEB120	180	0.31
	HEB160	100	0.48
	HEB160	140	0.46
	HEB160	180	0.44

Type de fixation	Dimensions (mm)	Epaisseur de l'isolation extérieur (mm) ; $0,035 \leq \lambda \leq 0,045 \text{ W/(m.K)}$	Pont thermique $\chi$ (W/K)
Tube + Platine d'about	120x80x5	100	0.31
	120x80x5	140	0.29
	120x80x5	180	0.27
	160x80x6	100	0.39
	160x80x6	140	0.36
	160x80x6	180	0.34
	200x120x6	100	0.52
	200x120x6	140	0.5
	200x120x6	180	0.48
Cornière (Largeur x épaisseur, en mm)	120x5	100	0.10
	120x5	140	0.095
	120x5	180	0.09
	120x10	100	0.13
	120x10	140	0.125
	120x10	180	0.12



▲ Figure 5 – Mise en œuvre d'un complément d'isolation autour de la structure (et entre les semelles pour les profilés ouverts).

## 2 . Traitement : balcons coupés et désolidarisés en ITE

### - Balcons métalliques rapportés

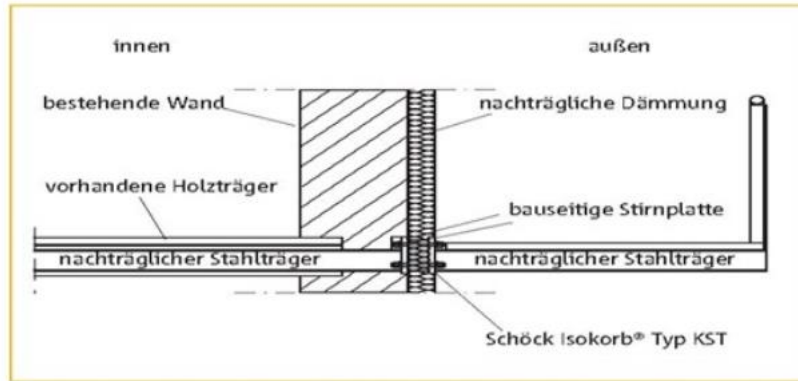
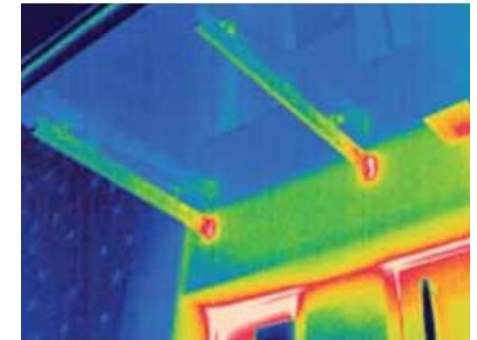
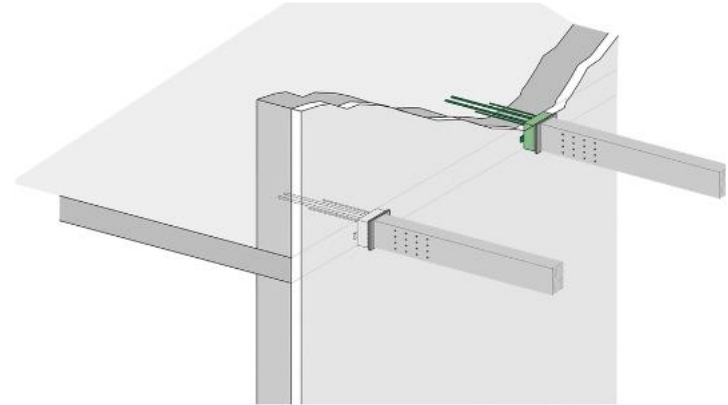


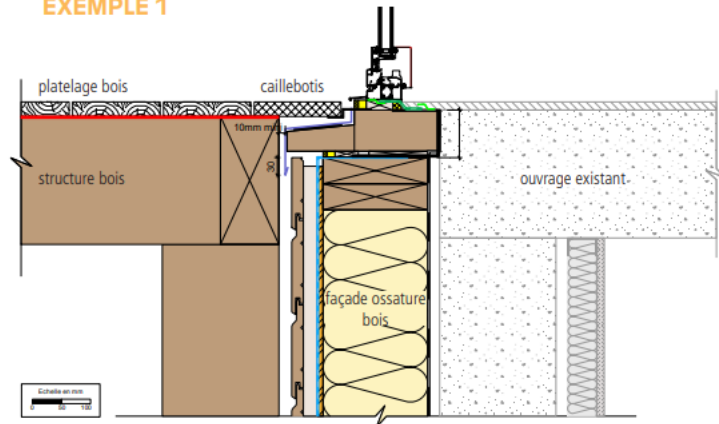
Abbildung 5: Schöck Isokorb® Typ KST beim Anwendungsfall Sanierung/nachträgliche Balkonmontage





## 2 . Traitement : balcons coupés et désolidarisés en ITE

### - Balcons bois rapportés autoportants

EXEMPLE 1



#### COMPLÉMENT LÉGENDE

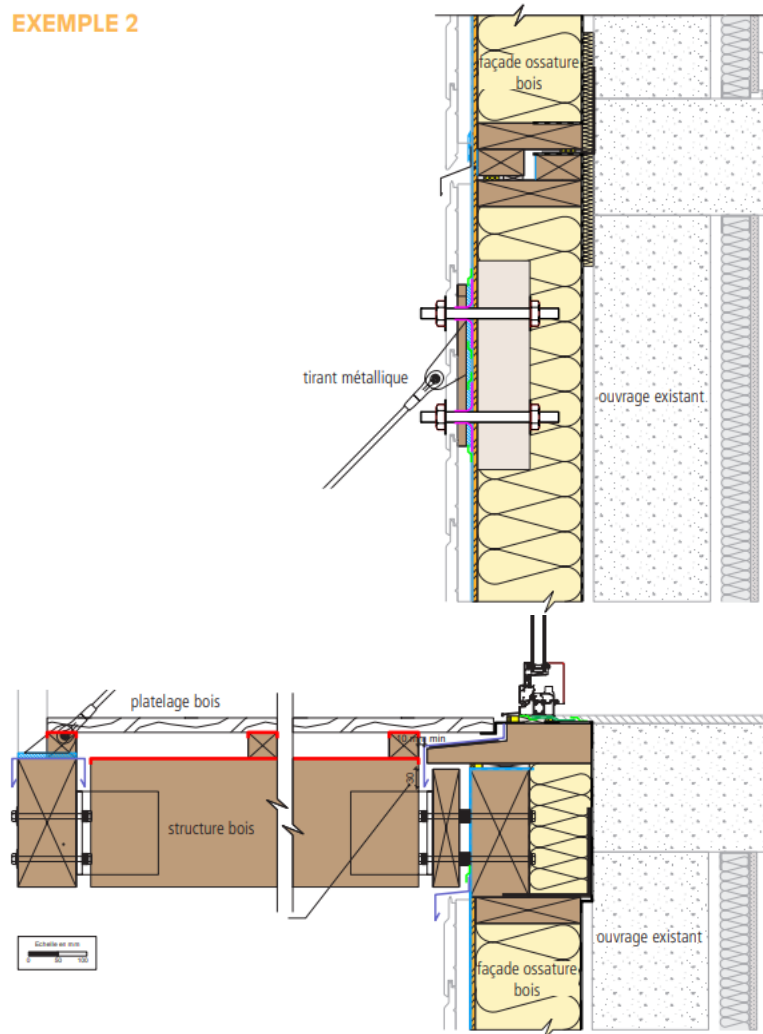
-  Dispositif d'étanchéité
-  Bandes bitumineuses pour protéger la structure



## 2 . Traitement : balcons coupés et désolidarisés en ITE

### - Balcons bois rapportés fixés à l'existant

#### EXEMPLE 2



*Pour garantir la continuité de l'étanchéité à l'eau de la façade, le film pare pluie est continu derrière la structure porteuse.*



*Le décalage des balcons évite les nuisances entre niveaux.*

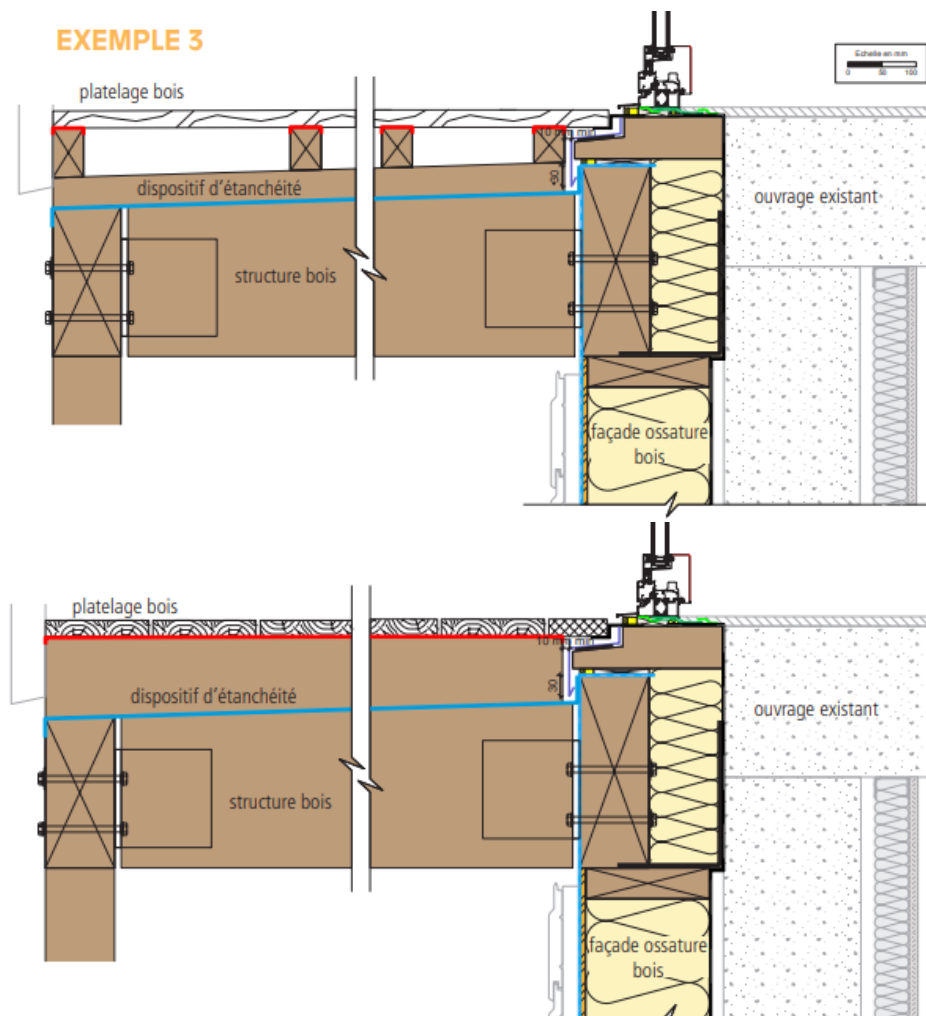


*L'étanchéité à l'eau est continue derrière la fixation du tirant.*



## 2 . Traitement : balcons coupés et désolidarisés en ITE

### - Balcons bois rapportés fixés à l'existant



*Quand les lames bois sont perpendiculaires à la façade, elles peuvent faire le lien avec le seuil de la menuiserie. Si le porte-à-faux est important, il est alors possible de mettre une cale sous les lames.*

## 2 . Traitement : escaliers coupés et désolidarisés en ITE



*Pour mettre en œuvre une isolation par l'extérieur continue, l'escalier existant a été tronçonné au niveau de la jonction avec le mur de façade et remplacé par un escalier neuf désolidarisé. ©AQC*



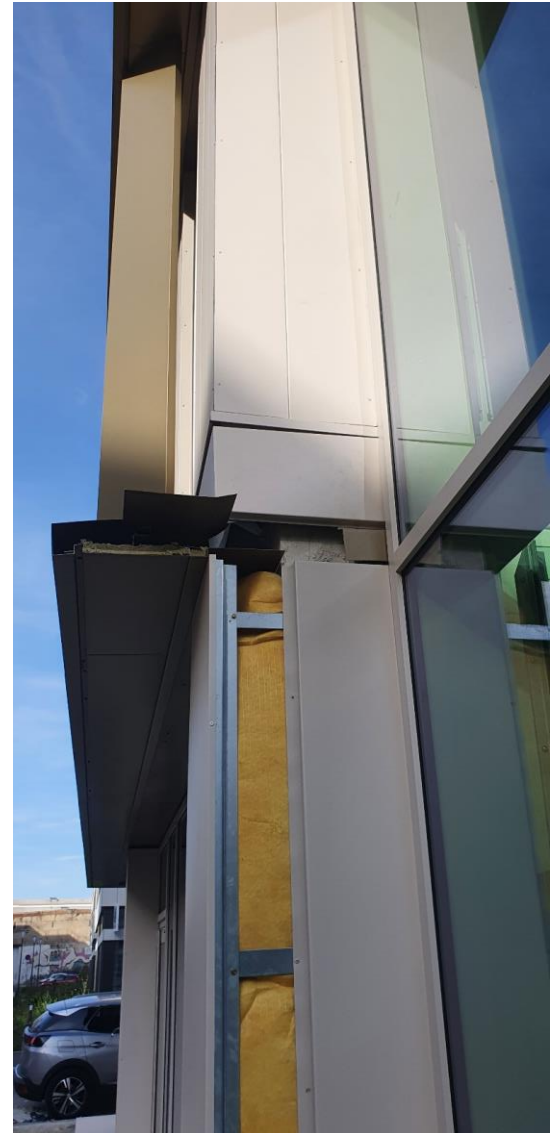
# **Les ponts thermiques en rénovation**

## **2 . TRAITEMENT**

### **Jonctions ponctuelles en façade**

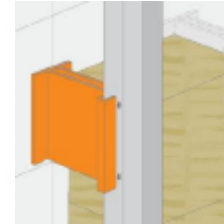
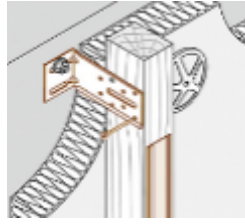
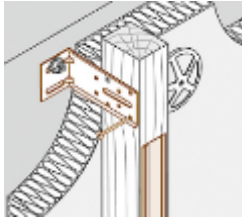
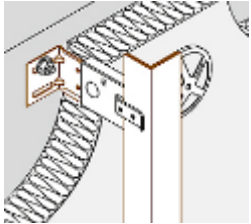
## 2 . Traitement : Façades et fixations de bardages

Les écueils à éviter !



## 2 . Traitement : Façades et fixations de bardages

### COMPARATIF DES $\chi$ À ÉPAISSEUR D'ISOLANT CONSTANTE (20CM)



		Montant alu. Equerres alu.	Montant bois Equerres alu.	Montant bois Equerres acier	Equerre Composite	Enduit
Ponts thermiques structurelles	Linéique $\Psi$ (W/m.K)	0,003	0,007	0,007	0	0
	Ponctuel $\chi$ (W/m.K)	0,098	0,053	0,027	0,009	0
<b>Up (W/m<sup>2</sup>.K)</b>		<b>0,30</b>	<b>0,25</b>	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>	<b>0,17</b>
Amplification (Uc/Up)		44%	32%	22%	7%	0%

*Hypothèses :*

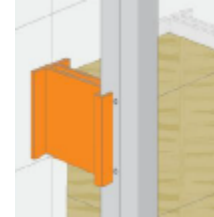
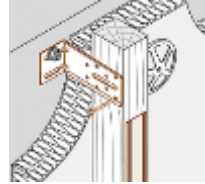
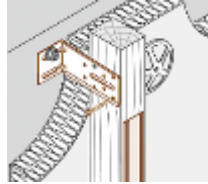
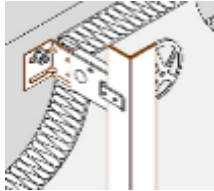
*Valeurs  $\Psi$  et  $\chi$  issus de calcul CSTB*

*Isolant : 20cm  $\lambda = 0,036$ W/m.K*

*Montant : 1,67m/m<sup>2</sup> / Patte : 1,27/m<sup>2</sup>*

## 2 . Traitement : Façades et fixations de bardages

### COMPARATIF À PERFORMANCE CONSTANTE (UP 0,30W/m<sup>2</sup>.K)



		Montant alu. Equerres alu.	Montant bois Equerres alu.	Montant bois Equerres acier	Equerre Composite	Enduit
Ponts thermiques structurelles	Linéique $\Psi$ (W/m.K)	0,003	0,011	0,013	0	0
	Ponctuel $X$ (W/m.K)	0,098	0,054	0,031	0,010	0
Epaisseur d'isolant (cm)		20	16	15	12	11

*Hypothèses :*

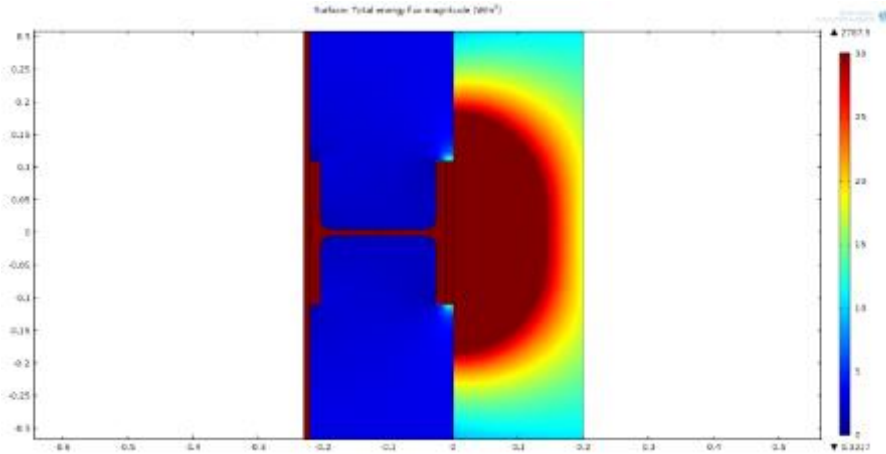
*Valeurs  $\Psi$  et  $X$  issus du calcul CSTB*

*Isolant :  $\lambda = 0,036$ W/m.K*

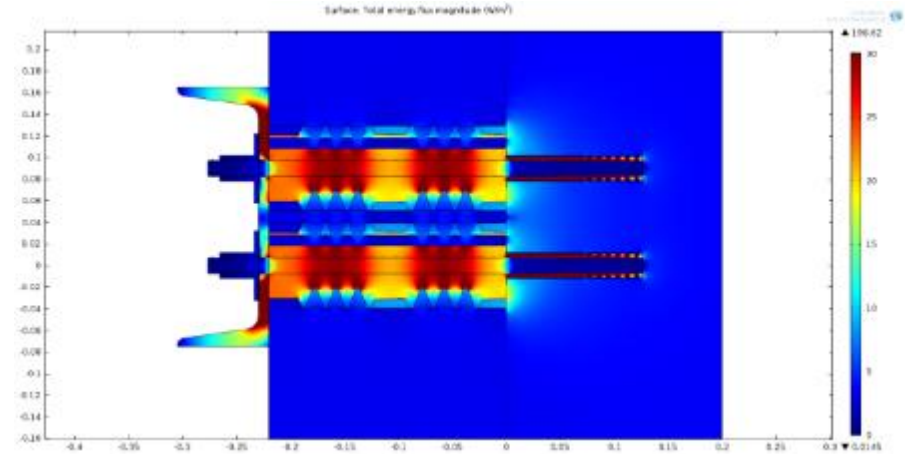
*Montant : 1,67m/m<sup>2</sup> / Patte : 1,27/m<sup>2</sup>*

## 2 . Traitement : Façades et fixations de bardages

### Flux thermique et concentration de flux



Solution traditionnelle  
réalisée à partir d'un profilé  
HEB 220 :  $\chi = 0,56 \text{ W/K}$



Utilisation de rupteurs thermiques  
composite  
ITF 16220 :  $\chi = 0,00541 \text{ W/K}$

**Les rupteurs thermiques composites sont  
100 X plus performants !**

**Pourquoi le traitement des ponts thermiques ?**

**LE MESSAGE A RETENIR**



## Traiter les ponts thermiques c'est :

- **Agir sur les rejets de CO2**
- **Réduire l'endettement des occupants et améliorer le confort**
- **Augmenter la qualité de l'air intérieur et réduire les risques sanitaires**
- **Améliorer le confort des occupants**
- **Préserver le patrimoine bâti**

## **Les limites du traitement des ponts thermiques :**

- **Techniques (faisabilité, avis techniques, agréments etc... des solutions)**
- **Réglementaires : Structure, Acoustique, Feu, Sismicité, Etanchéité**
- **Financières (pertinence économique : rénovation globale vs éléments par éléments) impact sur le court et le long terme**
- **Environnementales (bilan carbone des rénovations lourdes)**

**Merci pour votre attention.**

**Raphael Kieffer, consultant en stratégies d'entreprise, [raphael.kieffer911@gmail.com](mailto:raphael.kieffer911@gmail.com)**