

APPROFONDIR LES PRATIQUES CONSTRUCTIVES

Les pratiques constructives spécifiques aux bâtiments énergétiquement performants



Accueil

PRÉSENTATION DU FORMATEUR ET DES PARTICIPANTS - VOS ATTENTES ?

OBJECTIFS ET LIMITES DU MODULE 2

- Concevoir un bâtiment performant à un coût maîtrisé
- Connaître et respecter la RTCM
- Ce que la formation n'abordera pas

ORGANISATION

- Horaires, supports, état d'esprit

PARTENAIRES

- Cluster EMC
- GIZ

FORMATION EFFECTUE PAR :



Dispositif de formation à l'efficacité énergétique



Les contenus clés du module 1 :



QU'EST CE QU'UN BÂTIMENT ÉNERGÉTIQUEMENT PERFORMANT AU MAROC ?



Plan de la formation

- I. CONCEPTION DE L'ENVELOPPE
- II. ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET VENTILATION
- III. CONCEPTION GLOBALE D'UN BÂTIMENT PERFORMANT

Attention : tous les prix qui figurent dans la suite de ce document sont donnés à titre indicatif en valeur de septembre 2014.

Conception des parois opaques



Isolation de l'enveloppe

QUE PEUT-ON ISOLER ?

→ Les murs extérieurs

→ Les toitures

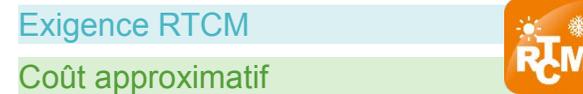
→ Les planchers bas

→ Les ponts thermiques

→ Les parois vitrées

PICTOGRAMMES RTCM, COÛT

A chaque solution constructive sera associé l'encart ci-dessous :



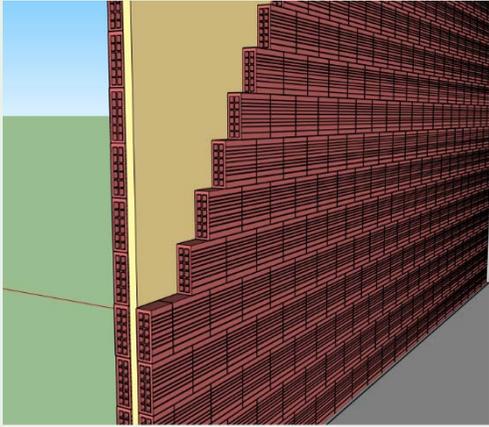
→ La première ligne rappelle l'exigence RTCM

→ La seconde donne une indication de coût fourni (F) ou fourni et posé (F&P) en Dh.



Isolation des murs extérieurs par l'intérieur (ITI)

Consiste à recouvrir les surfaces déperditives par des matériaux isolants sur la face intérieure des murs.

<i>Descriptif</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
 <p>Source : Emenda</p>	<ul style="list-style-type: none"> Mise en œuvre aisée car en intérieur, sans échafaudage. 	<ul style="list-style-type: none"> Performance thermique de l'enveloppe moindre car on ne traite pas les ponts thermiques dus aux refends et planchers intermédiaires. Diminution de la surface habitable. Diminution de l'inertie du bâti. Durabilité moyenne des performances thermiques. Risques de condensation dans l'isolant et de choc thermique dans la paroi.

NOTA : L'ISOLATION ENTRE PAROIS EST UNE VARIANTE DE L'ITI



Isolation par projection de polyuréthane

Épaisseur de 2 à 4 cm

110 DH/m² pour 4,5 cm d'épaisseur
projetée F&P (U = 0,62 W/m².K)



Source : Résidence Jacaranda– Al Omrane

Conception de
l'enveloppe

Étanchéité à l'air et
ventilation

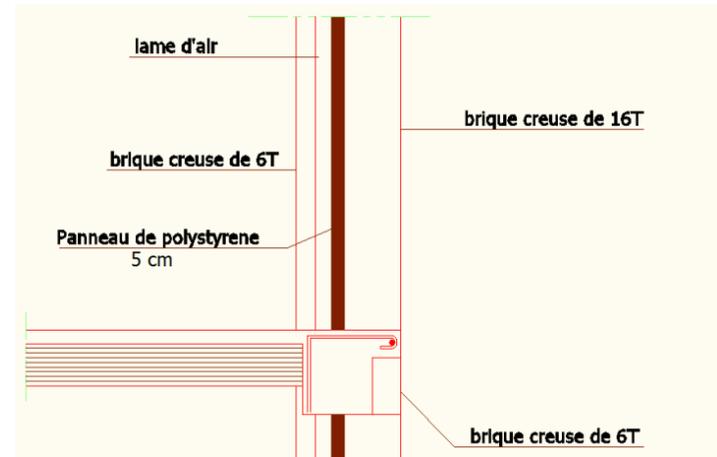
Conception globale

Isolation en panneaux de polystyrène



Épaisseur de 3 à 6 cm

30 DH/m² panneaux 5cm Fournis



Source : Projet Al Karama – Al Omrane

Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Autres possibilités

Épaisseur de 5 à 10 cm

98 à 113 DH/m² F&P



Épaisseur de 3 à 7 cm

82 à 115 DH/m² F&P



Épaisseur de 4 à 7 cm

Prix inconnu



Perlite



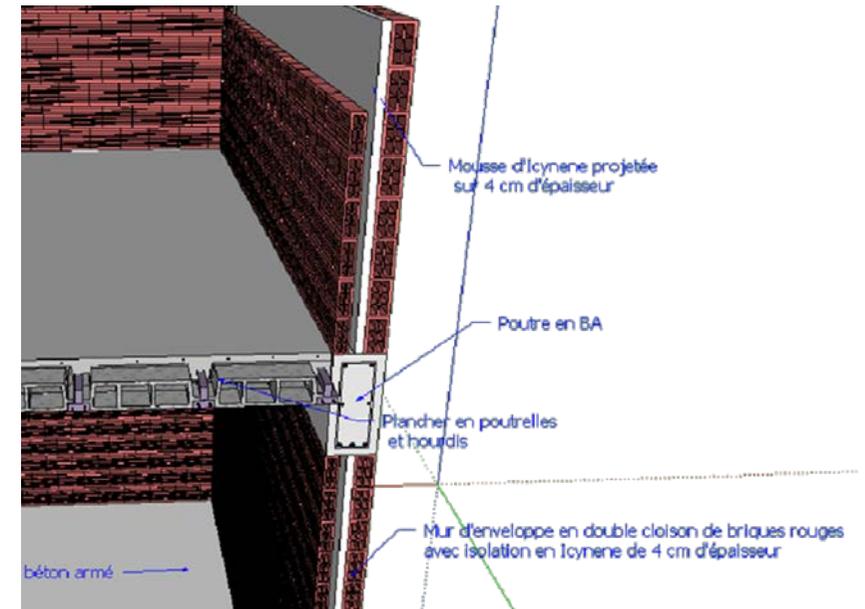
Source : Projet pilote FAL EL HANAA – El Fal

Laine de verre



Source : Projet pilote FAL EL HANAA – El Fal

Mousse de polyuréthane expansive



Source : Béton de Chanvre au Maroc

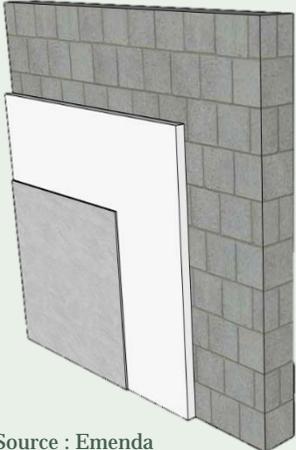
Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

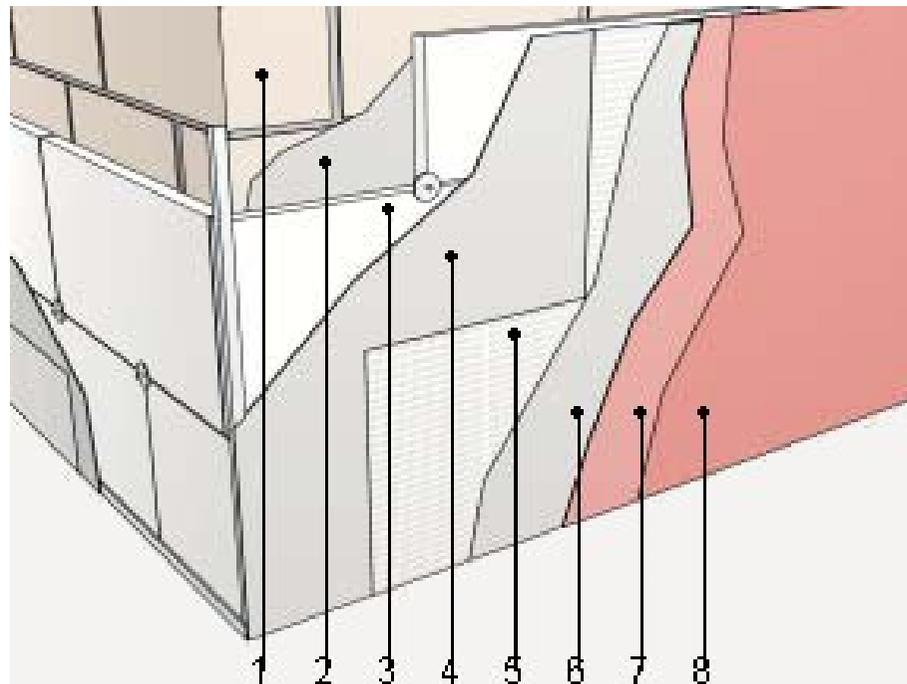
Isolation des murs extérieurs par l'extérieur

L'isolation par l'extérieur consiste à recouvrir les surfaces déperditives par des matériaux isolants sur la face extérieure des murs.

<i>Descriptif</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
 <p>Source : Emenda</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excellente performance thermique car on traite les ponts thermiques dus aux refends et planchers intermédiaires. • Protection de la façade contre les chocs thermiques. • Amélioration de l'inertie du bâtiment • Pas de diminution de la surface habitable 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût de mise en œuvre • Reste à traiter les ponts thermiques de liaison aux encadrements des baies, les planchers hauts et les balcons • Résistance mécanique en partie basse



Isolation par l'extérieur sous enduit



- 1: Support.
- 2: Mortier de base.
- 3: Isolation.
- 4: Mortier de base.
- 5: Maille.
- 6: Mortier de base.
- 7: Impression.
- 8: Mortier décoratif.

Source : Grupopuma

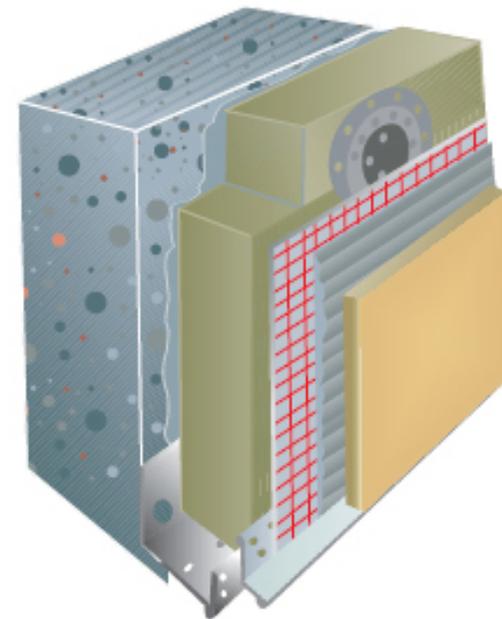
Isolation par l'extérieur sous enduit (suite)

Collé



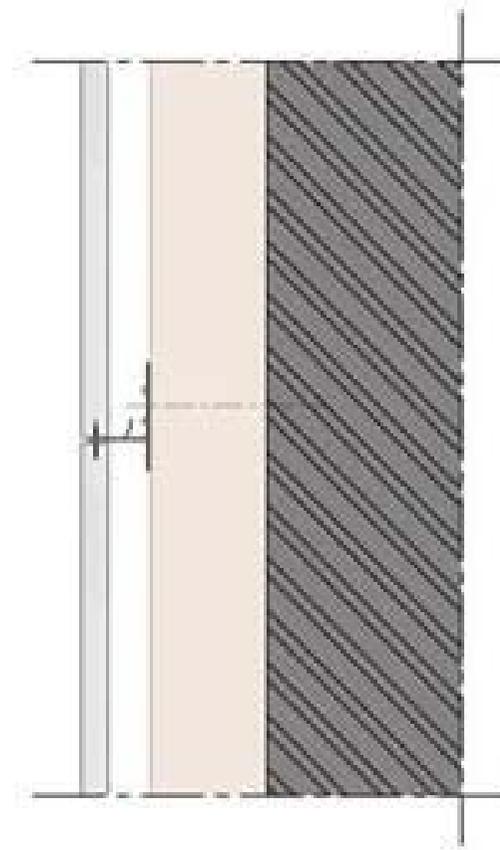
Source : Placo (Saint Gobain)

Agrafé



Source : Grupopuma

Isolation par l'extérieur sous bardage



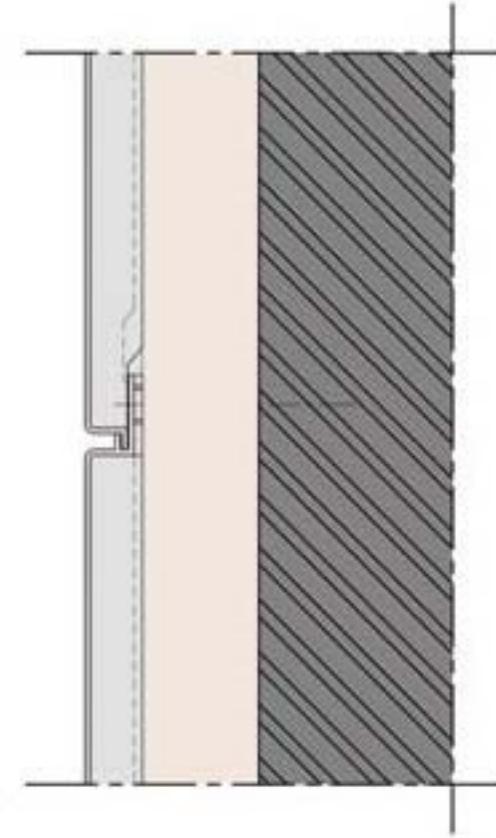
Source : Club Construire Durable – Groupe Le Moniteur

Conception de
l'enveloppe

Étanchéité à l'air et
ventilation

Conception globale

Isolation par l'extérieur sous vêtage



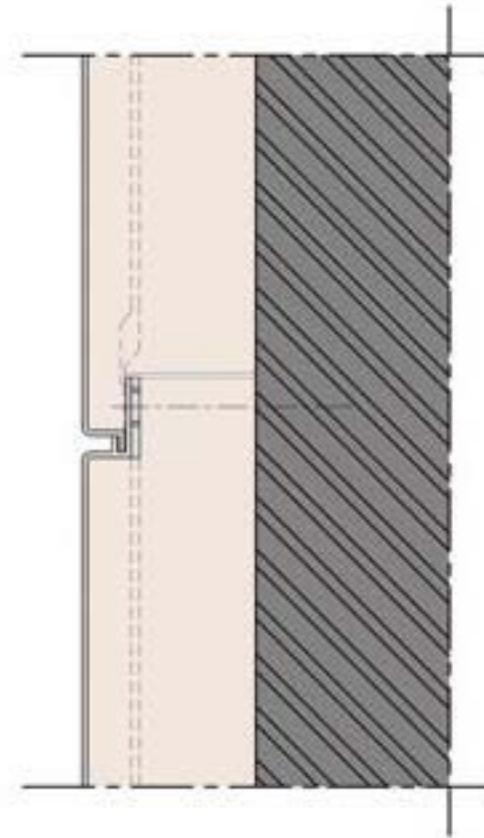
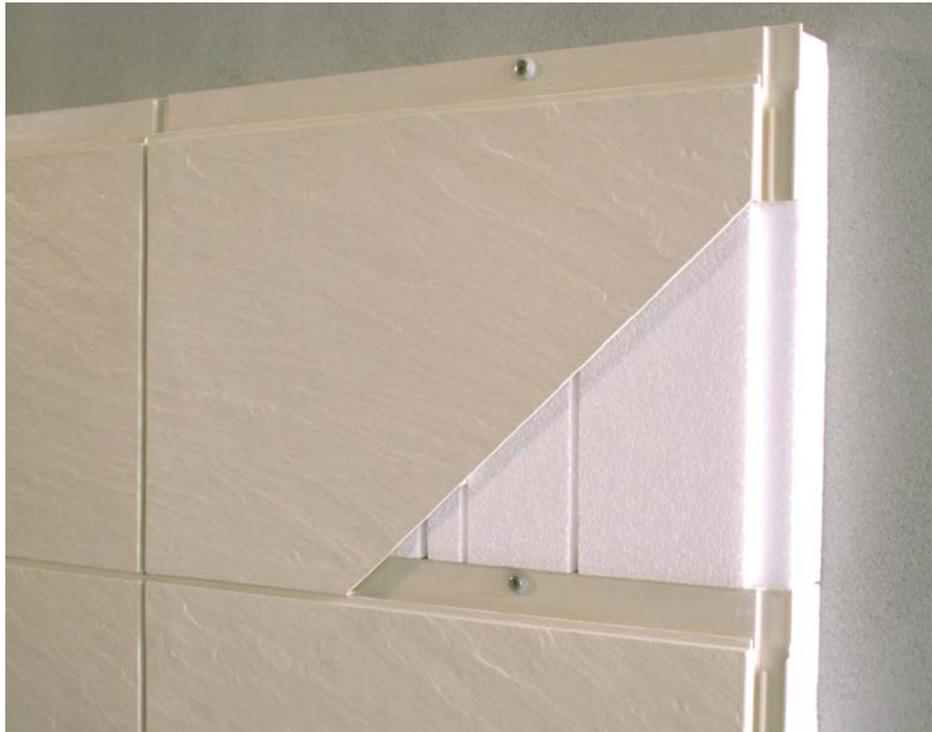
Source : Club Construire Durable – Groupe Le Moniteur

Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Isolation par l'extérieur sous vêtture



Source : Club Construire Durable – Groupe Le Moniteur

Conception de
l'enveloppe

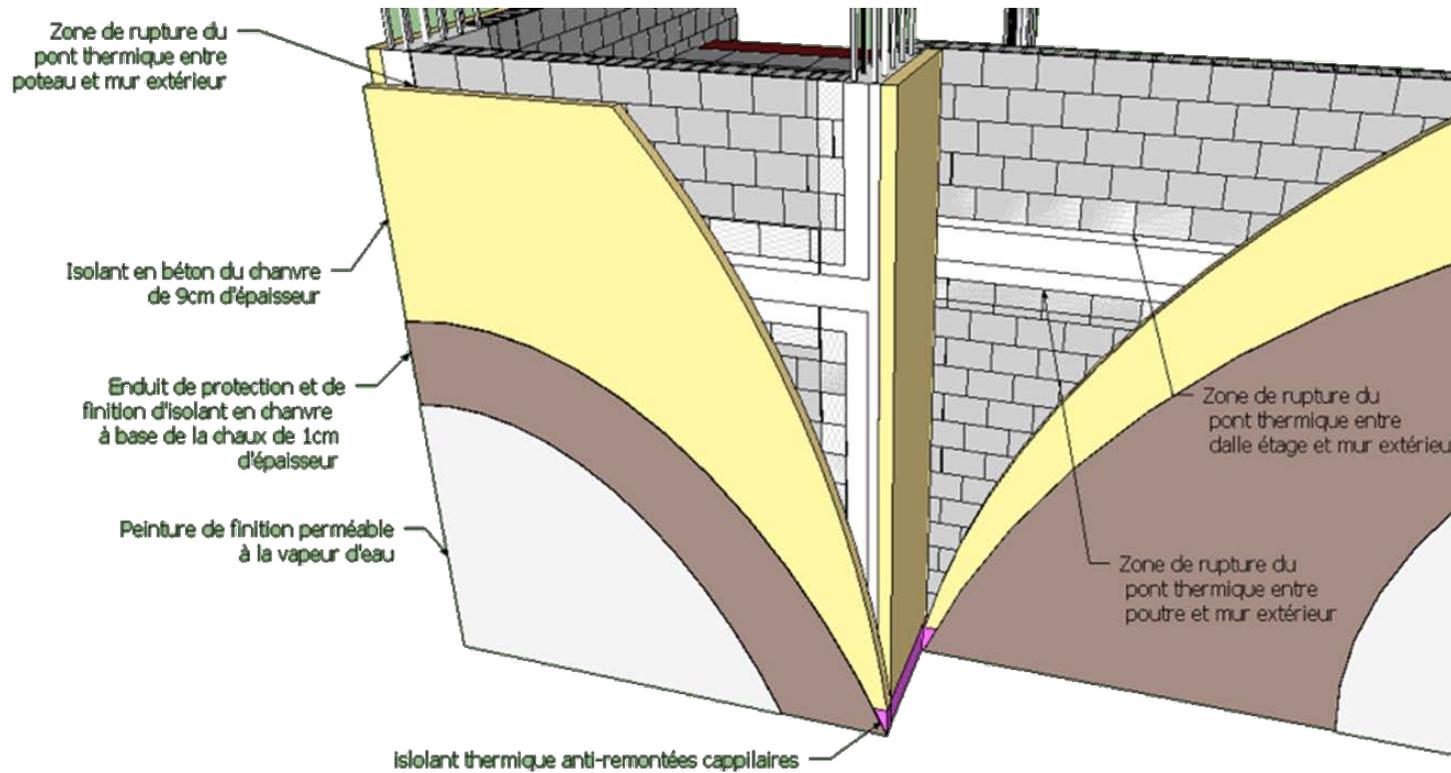
Étanchéité à l'air et
ventilation

Conception globale

Isolation par l'extérieur par béton de chanvre

Épaisseur de 6 à 13 cm

275 Dh/m² pour 10 cm d'épaisseur F&P



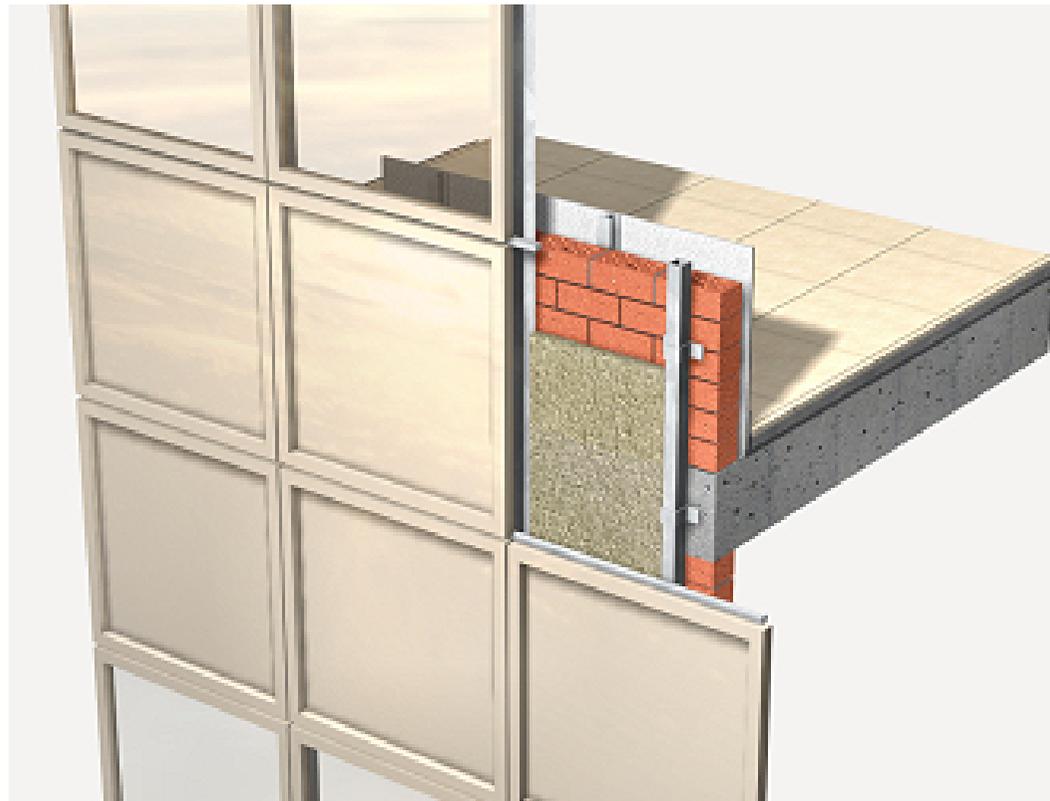
Source : Béton de Chanvre au Maroc

Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Isolation par l'extérieur sous mur rideau



Source : Cype

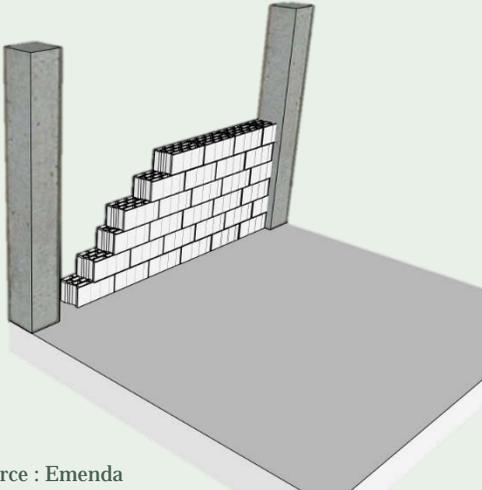
Conception de
l'enveloppe

Étanchéité à l'air et
ventilation

Conception globale

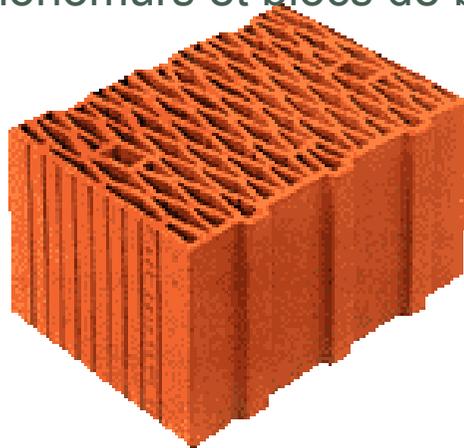
Isolation des murs extérieurs par isolation répartie

Ce système est basé sur un bloc de maçonnerie avec des propriétés isolantes. L'isolation de la paroi finie est uniquement apportée par ce bloc maçonné sans rajouter d'isolation.

<i>Descriptif</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
 <p>Source : Emenda</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre aisée car en intérieur, sans échafaudage. • Bonne durabilité des performances thermiques • Pas de diminution de la surface habitable • Pas de risques de condensation dans l'isolant. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de traitement des ponts thermiques dus aux refends et planchers intermédiaires. • N'apporte pas d'inertie au bâtiment. • Moins performant qu'un isolant à épaisseur égale.

Blocs d'isolation répartie

Les deux principales catégories de bloc d'isolation répartie sont les briques monomurs et blocs de béton de granulats légers



Brique monomur



Bloc de granulats légers

<i>R (m².K/W)</i>	<i>Prix HT</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>	<i>Commentaires</i>
Environ 2,1 m ² .K/W mais peut considérablement varier selon les produits.	Aucun fournisseur recensé à ce jour au Maroc	<ul style="list-style-type: none"> • Insensible à l'humidité, aux rongeurs et ininflammable • A la fois un matériau de construction et un isolant • Bonne durabilité 	<ul style="list-style-type: none"> • Moindre performance phonique • Non recyclable • Energie grise importante : 450 kWh/m³ • Imperméable à l'humidité 	<ul style="list-style-type: none"> • Toutes les briques monomur et blocs isolants n'ont pas les mêmes propriétés thermiques • Nécessite une mise en œuvre par joints minces et à sec donc un savoir faire spécifique

Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

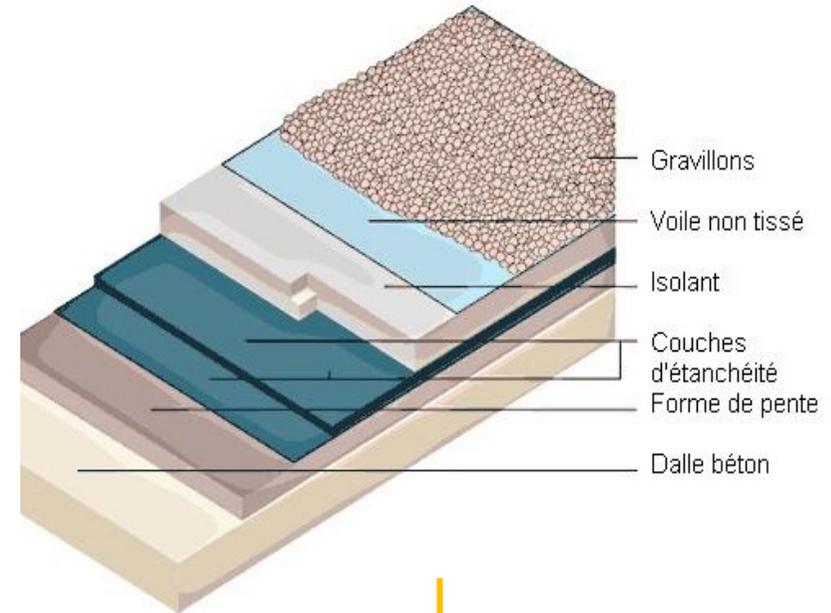
Isolation des toitures terrasse

Isolation sous étanchéité



Polystyrène, perlite expansé
(bonne résistance à la compression)

Isolation au-dessus étanchéité



Polystyrène extrudé



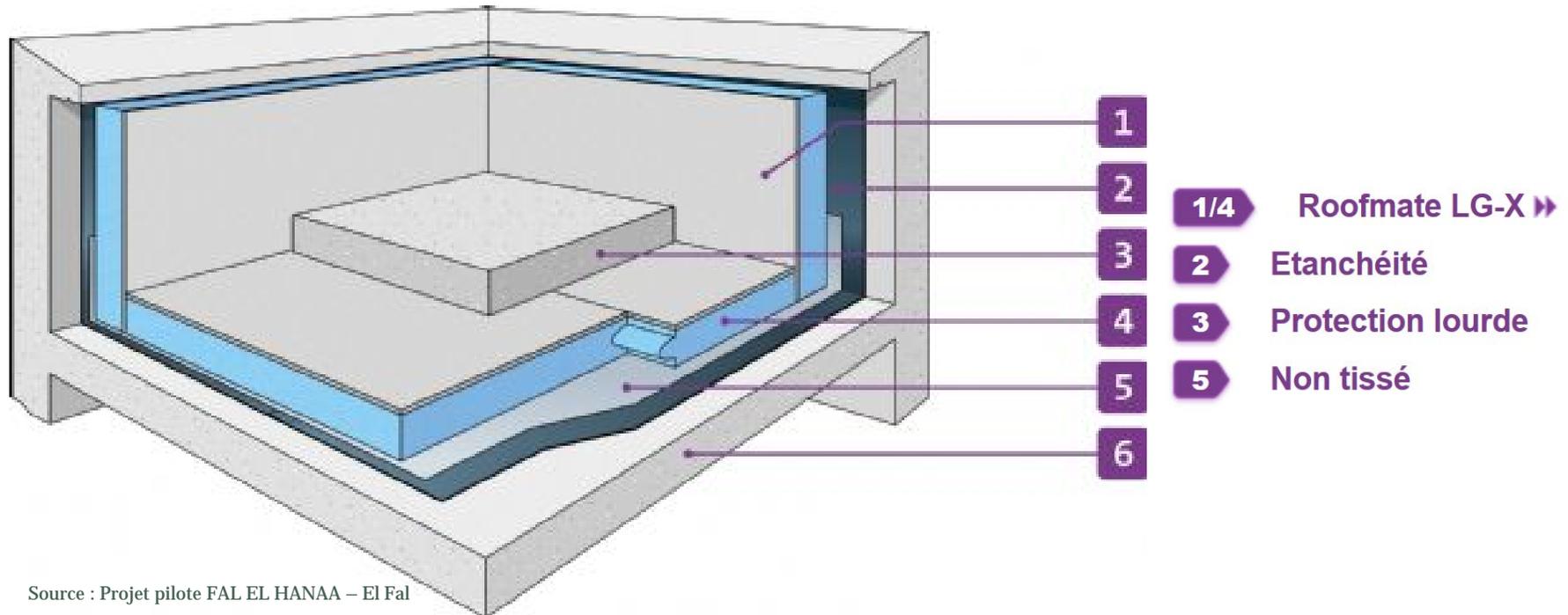
Exemple opération pilote

Isolation de 4 cm $U=0,66W/m^2.K$

Pas d'indication de coût disponible



Isolation en polystyrène extrudé au-dessus de l'étanchéité



Conception de l'enveloppe

Etanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Exemple opération pilote

Épaisseur de 3 à 5 cm

110 DH/m² pour 4,5 cm d'épaisseur
projetée F&P



Isolation en mousse de polyuréthane projetée



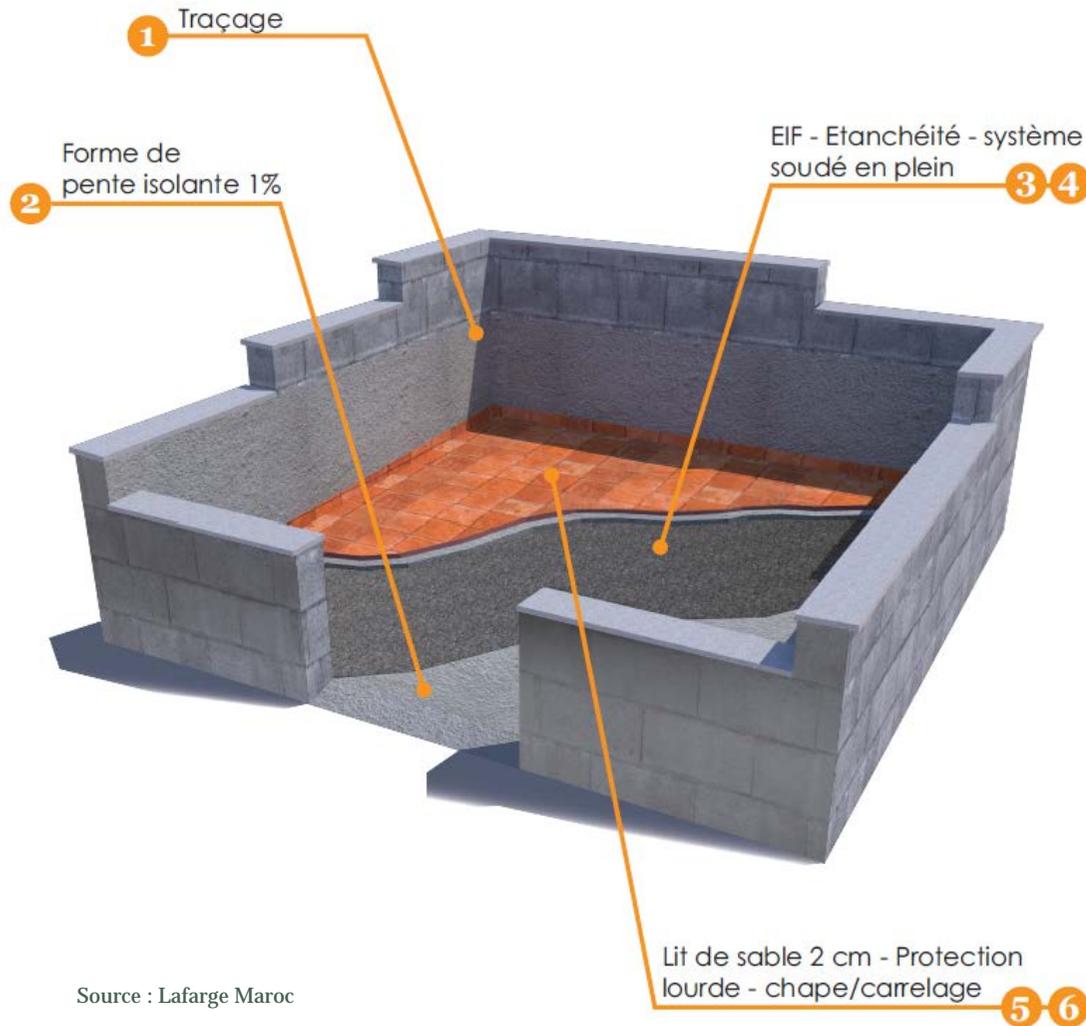
Source : Projet Al Karama – Al Omrane

Conception de
l'enveloppe

Étanchéité à l'air et
ventilation

Conception globale

Isolation par forme de pente en béton léger



20 à 30 cm d'épaisseur

Pas d'indication de coût disponible

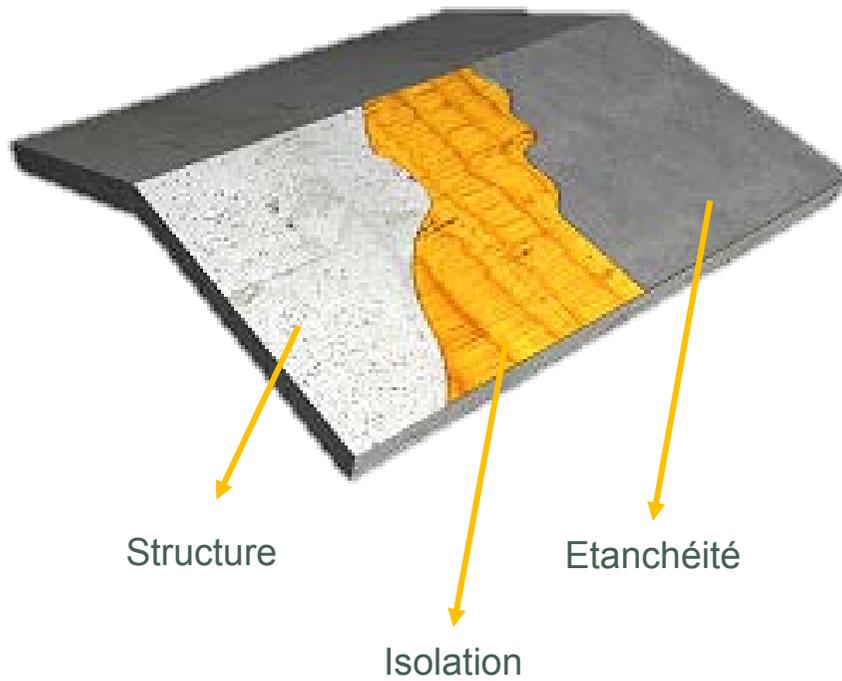


Source : Lafarge Maroc

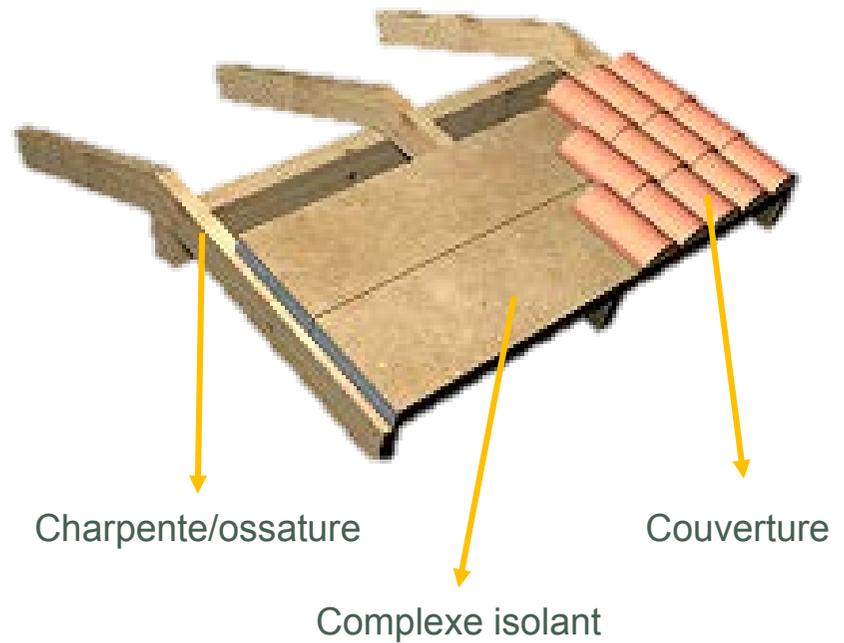


Isolation des toitures inclinées

Sur support plan



Sur ossature structurale

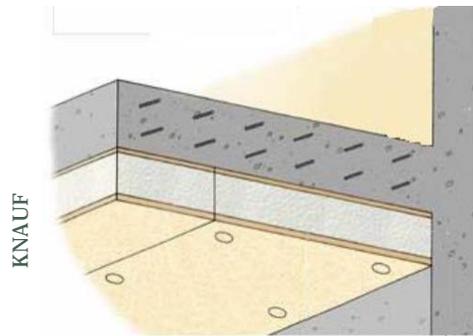


Source : Cype



Isolation des planchers bas

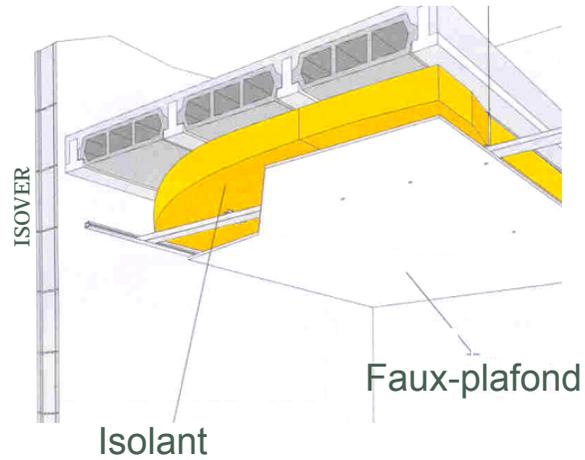
Panneaux



Panneaux rigides préfabriqués,
hourdis isolants

Polystyrène

Faux-plafond



Laines minérales

Projection



Laines minérales, polyuréthane

Source : Xales



Exemple opération pilote

Isolation des planchers sur terre-plein en polyuréthane projeté

4,3 cm d'épaisseur $U=0,65\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

Exigence RTCM : $U<0,49\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

Pas d'indication de coût disponible



Source : Projet Al Karama – Al Omrane

Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Exemple

Isolation en hourdis polystyrène et blocs de coffrage isolants

4,3 cm d'épaisseur $U=0,65\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

Exigence RTCM : $U<0,49\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

Pas d'indication de coût disponible



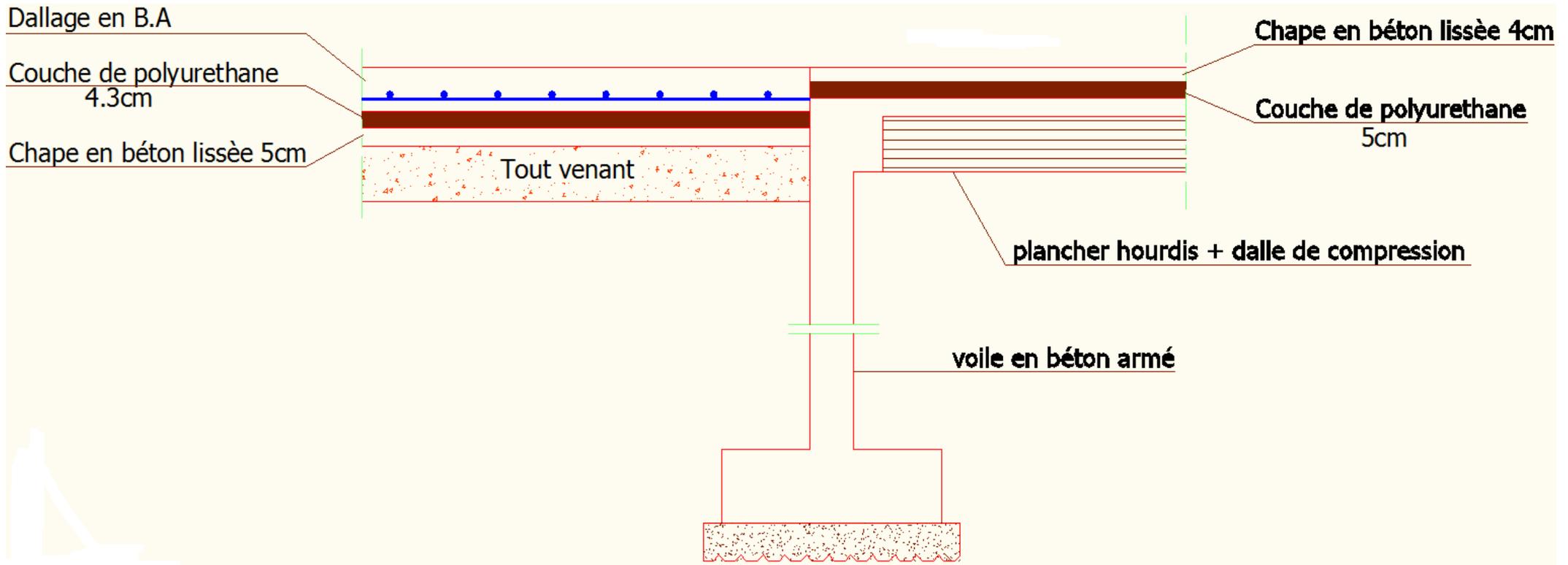
Source : Mabebloc

Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Exemple opération pilote (suite)



Source : Projet Al Karama – Al Omrane



Conception des parois vitrées



Isolation des parois vitrées



Source : CYPE

Simple vitrage



Source : CYPE

Double vitrage

Avantages

- Diminution de l'effet de paroi froide
- Atténuation des bruits extérieurs
- Diminution des consommations d'énergie
- Diminution de la condensation sur le vitrage

Inconvénients

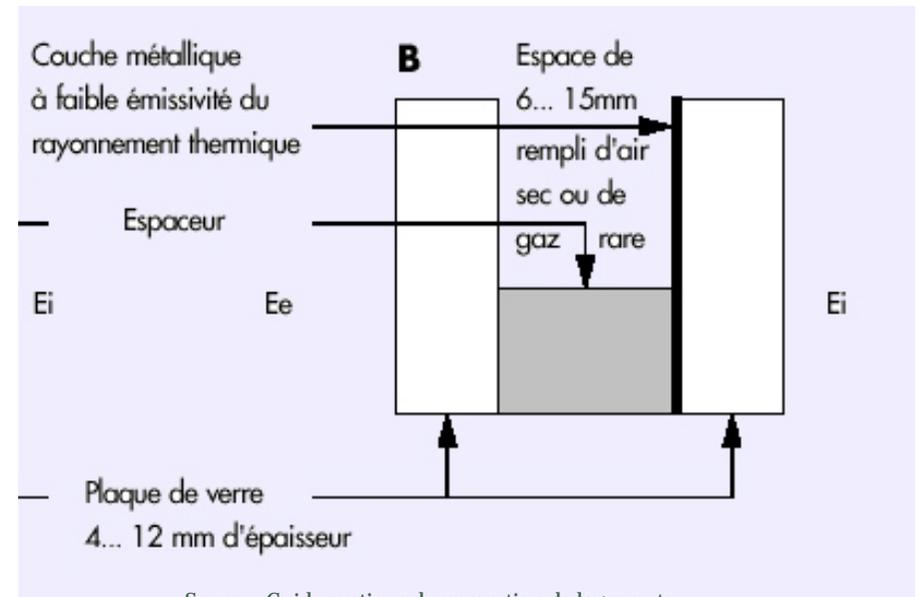
- Augmentation du poids de la menuiserie
- Augmentation du prix de la menuiserie



Les caractéristiques des doubles vitrages

LES DOUBLES VITRAGES SONT DE PERFORMANCES INÉGALES

- Choix de l'épaisseur de l'espace entre les verres
- Choix de l'épaisseur des verres
- Choix du gaz intercalaire (air, argon, krypton...)
- Choix de l'espaceur
- Avec ou sans couche à faible émissivité ...

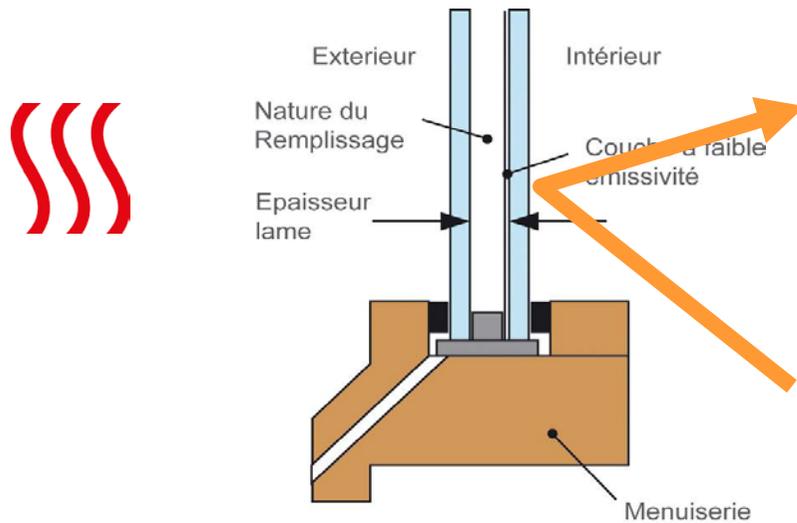


Source : Guide pratique de conception de logements économes en énergies – ANME

Positionnement de la couche à faible émissivité

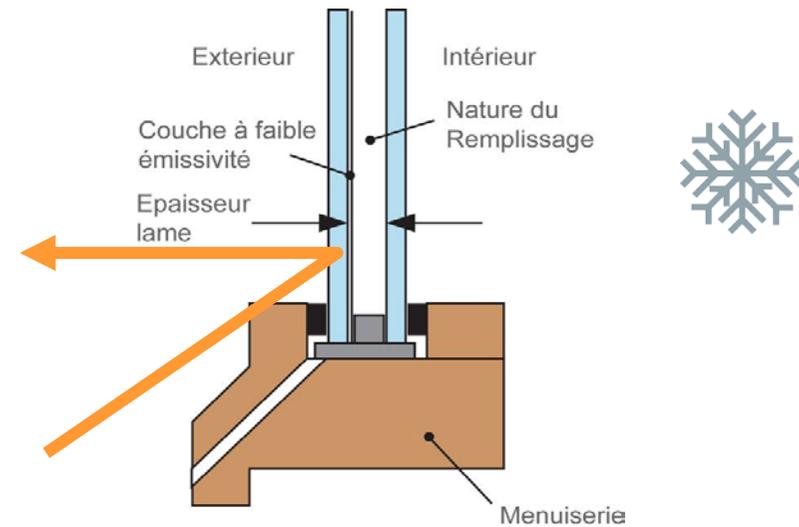
Côté intérieur

Vitrages à Isolation Renforcée: évite que la chaleur ne s'échappe vers l'extérieur.



Côté extérieur

Vitrages réfléchissants: diminue les apports de chaleur vers l'intérieur : efficacité en été



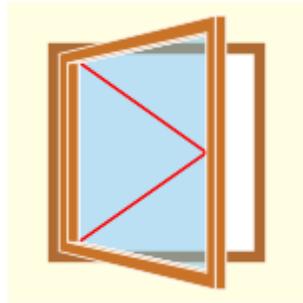
Source : Xales

Conception de l'enveloppe

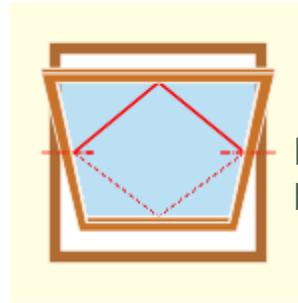
Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

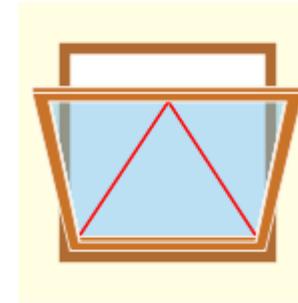
Les différents types d'ouvrants



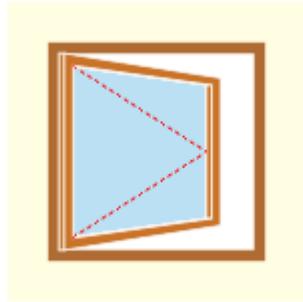
A la française



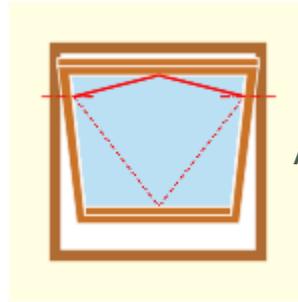
Pivotant à axe horizontal



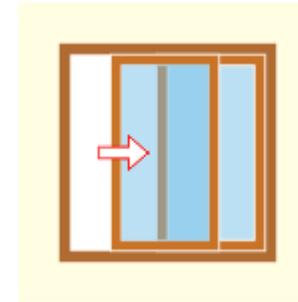
Basculante



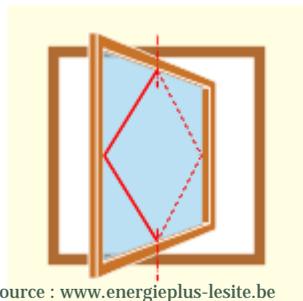
A l'anglaise



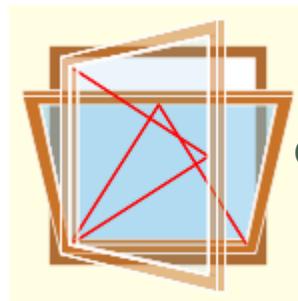
A visière



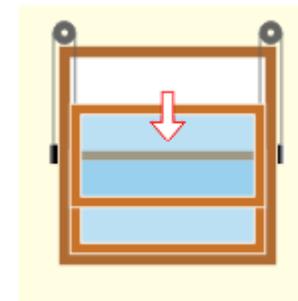
Couissante



Pivotant simple



Oscillo-battant



A guillotine

Source : www.energieplus-lesite.be

Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Profilés des menuiseries

PVC

- Sensibilité aux fluctuations des températures (surtout pour les couleurs)
- Risque de jaunissement aux UV
- fabrication à partir de phtalates, dérivés chlorés (toxicité)

BOIS

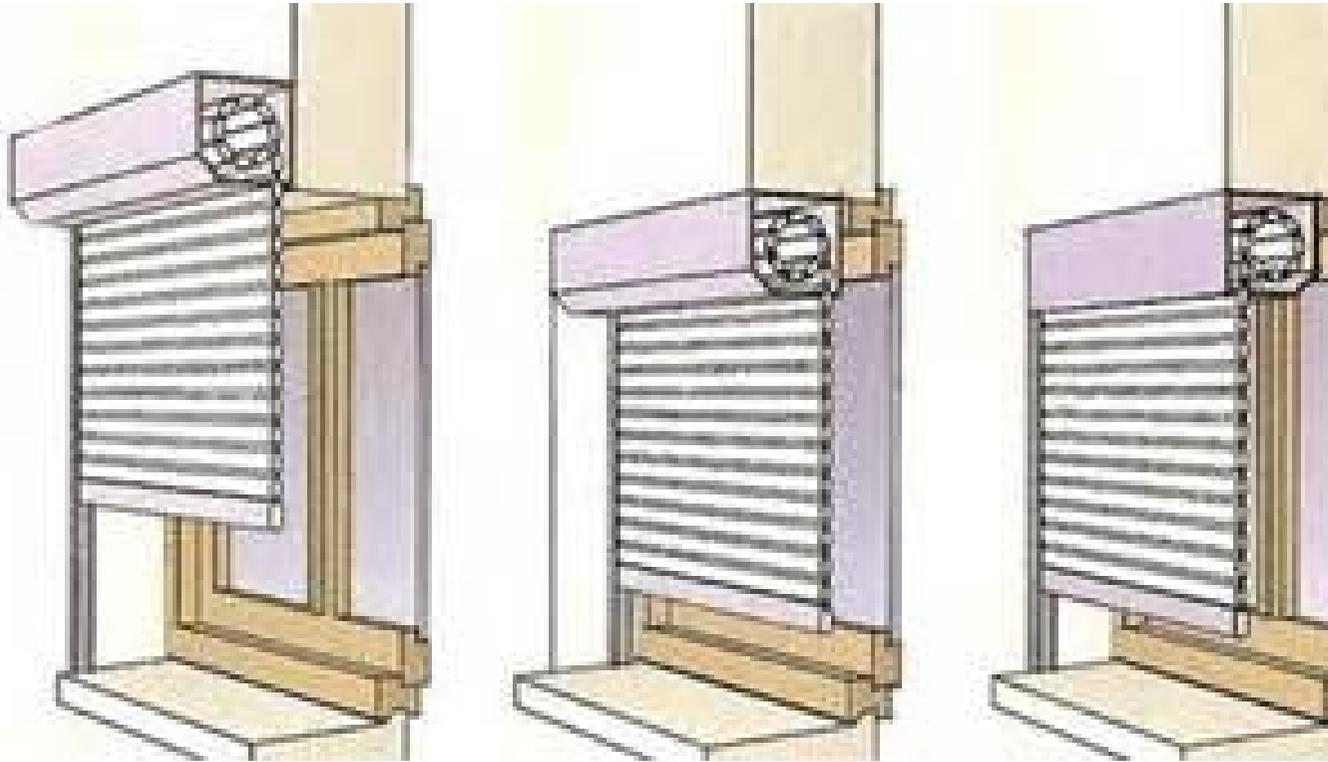
- Isolation supérieure à l'aluminium
- Faible dilatation thermique
- Besoin d'entretien fréquent (sauf traitement spécifique)

ALU

- Sensibilité aux fluctuations des températures (dilatation)
- Recyclable mais énergivore
- Faible capacité isolante
- Forte résistance, non toxique et ininflammable
- Nécessite peu d'entretien



Coffres de volets roulants



cas n°1 : pose en façade, enroulement extérieur
cas n°2 : pose sous linteau, enroulement extérieur
cas n°3 : pose sous linteau, enroulement intérieur



Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Inertie et déphasage thermique



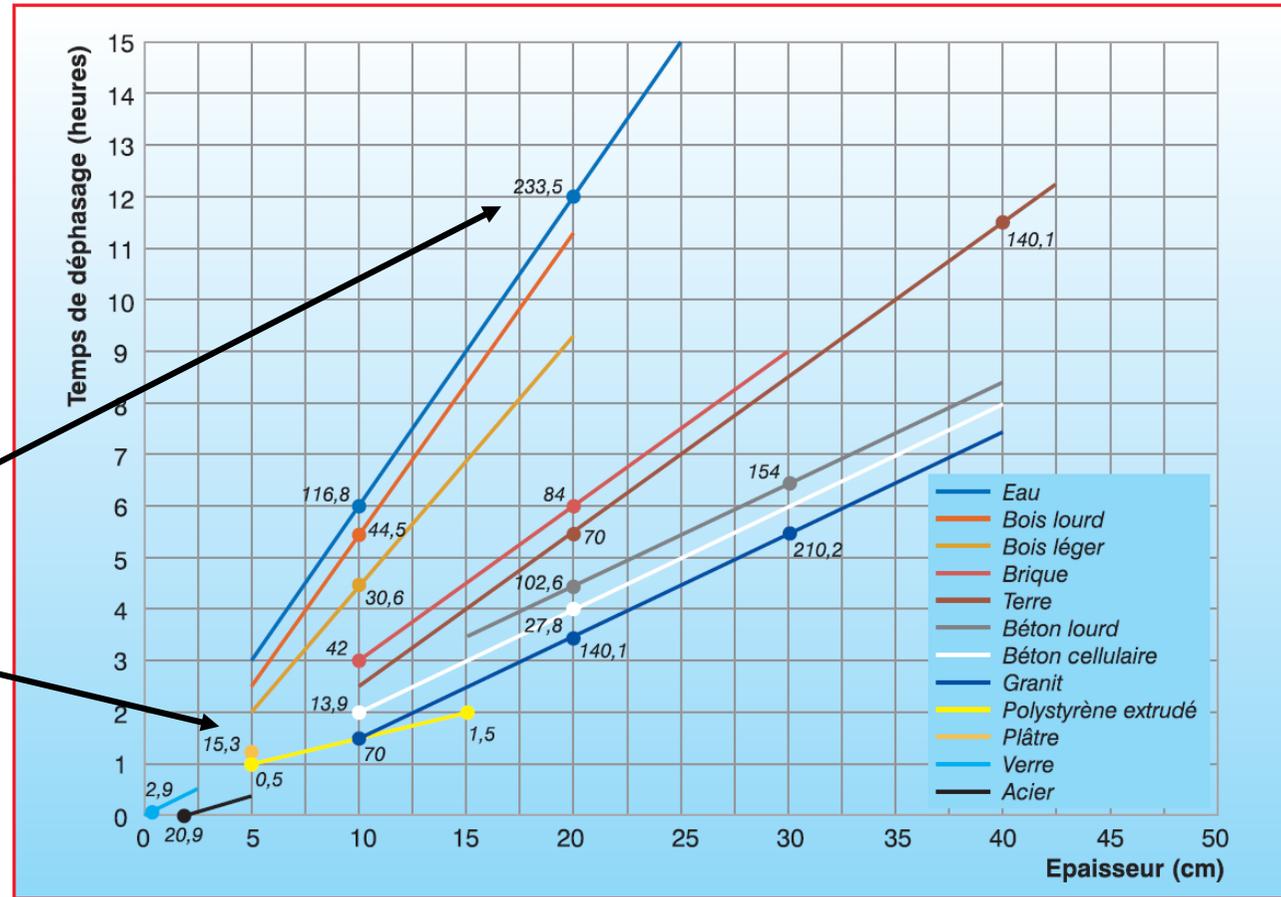
L'inertie thermique

Temps de déphasage de divers matériaux en fonction de leur épaisseur

L'inertie mesure la capacité d'un matériau à accumuler de la chaleur et à la restituer après un certain temps.

Ce laps de temps, c'est le temps de déphasage.

Sur la figure ci-contre sont indiquées les quantités de chaleur accumulées par les matériaux en Wh/m².K



Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique – A. Liebard A. De Herde - 2005

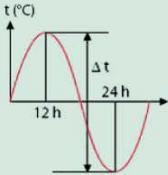
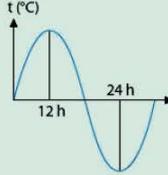
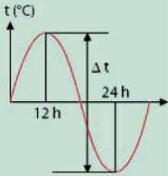
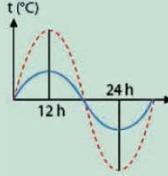
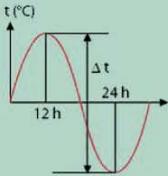
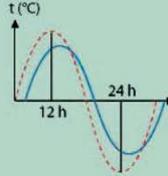
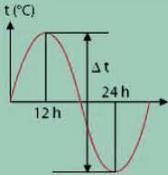
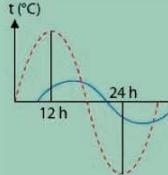
L'inertie thermique d'une paroi

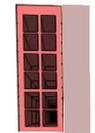
Inertie thermique de divers parois

C'est le déphasage et l'amortissement de température

Elle dépend :

- De l'inertie des matériaux qui la compose
- De l'épaisseur de ces matériaux
- Et de l'ordre dans lequel ces matériaux sont positionnés dans la paroi

Température extérieure	Type de parois	Température intérieure
	Maçonnerie en briques simple cloisons ou en agglos sans isolation	
	Maçonnerie en simple cloison (briques ou agglos, avec isolation par l'extérieur)	
	Maçonnerie en double-cloison sans isolation	
	Maçonnerie en double-cloison avec isolation	



Ext.



Source : Guide maghrébin des matériaux d'isolation thermique des bâtiments - REME - 2010

Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

L'inertie thermique d'une paroi



Les déphasage et l'amortissement constituent « l'inertie thermique ».

L'inertie est caractérisée par 2 propriétés physiques des matériaux :

- La diffusivité thermique (a) qui correspond à la vitesse d'avancement d'une onde de chaleur dans le matériau

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$$

- L'effusivité thermique (b) qui correspond à la capacité d'un matériau à absorber ou à restituer une puissance thermique

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$$

Pour réduire l'amplitude de température les parois du bâtiment doivent avoir **une faible diffusivité et une forte effusivité.**

λ : conductivité thermique du matériau (W/m.K)

ρ : masse volumique du matériau (kg/m³)

c : chaleur massique du matériau (Wh/K.kg)



Végétalisation des parois

IL EXISTE DEUX GRANDS TYPES DE VÉGÉTALISATION :

- **La toiture végétalisée** qui est un aménagement de verdure composé de matériaux et de végétaux installés sur le sommet d'un bâtiment.
- **Le mur végétal** pouvant être aménagé aussi bien à l'extérieur d'un bâtiment (contre une façade par exemple), ou bien à l'intérieur d'un bâtiment.



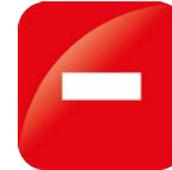
- 1 Élément porteur
- 2 Complexe isolant
- 3 Etanchéité
- 4 Drainage
- 5 Filtre
- 6 Substrat
- 7 Végétation
- 8 Evacuation pluviale
- 9 Bande pourtour
- 10 Dispositif de séparation



Source : <http://www.vegetalid.fr>



Végétalisation des parois



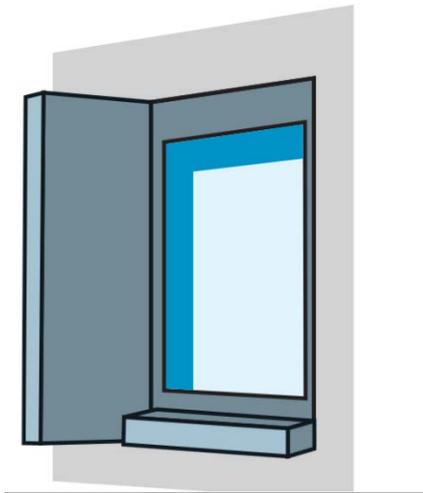
Avantages	Inconvénients
Protège la paroi du rayonnement solaire (moins de surchauffe) et des intempéries (durée de vie de l'étanchéité ou du parement plus élevée)	Le choix des végétaux est restreint (arrosage, entretien, adapté à l'environnement, vigilance sur les racines compatibles avec le système d'étanchéité...)
Limite l'imperméabilisation des sols	Coût d'investissement puis nécessite de l'entretien
Favorise la biodiversité	Ajoute de la masse et doit donc être compatible avec la structure porteuse
Améliore la la qualité de l'air et la filtration des eaux pluviales	Les murs végétaux nécessitent un système d'arrosage



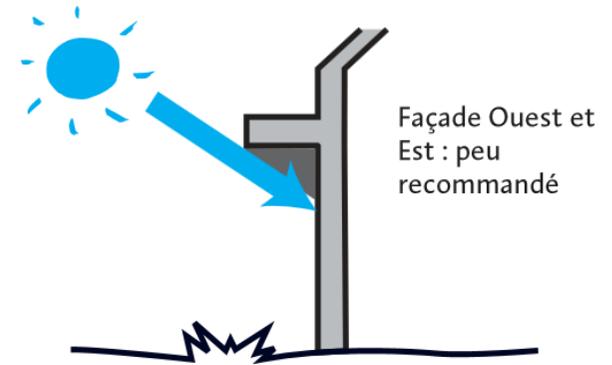
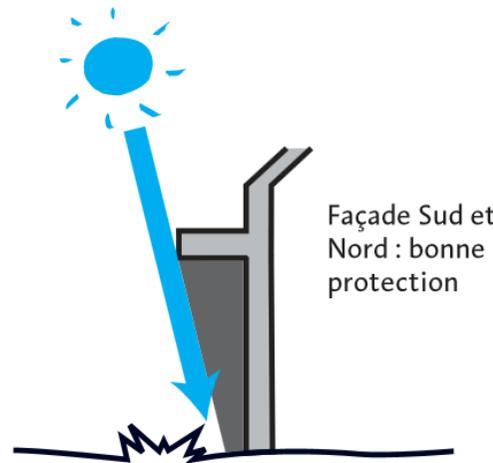
Protections solaires



Protections solaires verticales et horizontales



VERTICALES

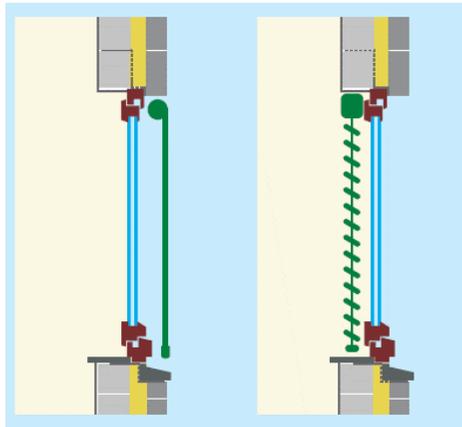


HORIZONTALES

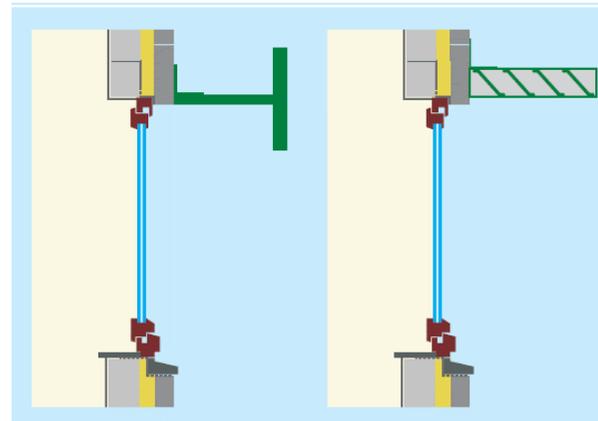
Source : guide pour la performance énergétique en milieu amazonien - ADEME - 2010



Protections solaires mobiles et fixes



MOBILE



FIXE

Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique – A. Liebard A. De Herde - 2005



Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Exercice : dimensionnement d'un auvent



Exercice de dimensionnement d'un auvent



Facteur solaire d'une paroi opaque

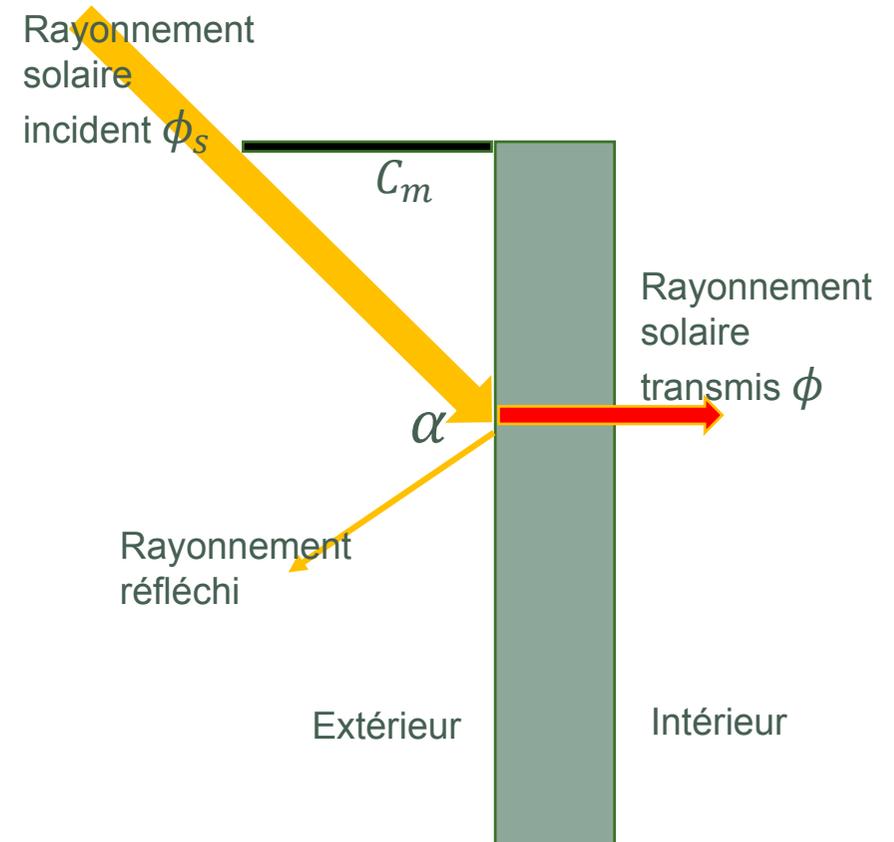


LE FLUX SOLAIRE Φ TRANSMIS PAR UNE PAROI OPAQUE DÉPEND DE 4 PARAMÈTRES :

- Le facteur d'absorption de la paroi α (sans unité)
- Le coefficient de masque c_m (sans unité)
- La coefficient de transmission thermique de la paroi U ($W/m^2.K$)
- h_e le coefficient de convection thermique extérieur ($W/m^2.K$)

$$\phi = \frac{\alpha \cdot U}{h_e \cdot C_m} \cdot \phi_s$$

Facteur solaire de la paroi



LE FACTEUR SOLAIRE DE LA PAROI OPAQUE EXPRIME LE % D'ÉNERGIE SOLAIRE TRANSMISE À L'AMBIANCE INTÉRIEURE



Conception de l'enveloppe

Etanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Coefficient α d'une paroi opaque



Couleur	Coefficient d'absorption α
Miroir parfait	1
Enduit clair	0,35
Bois clair	0,6
Béton sale	0,80

APPLICATION NUMÉRIQUE :

On fait les hypothèses suivantes :

$$C_m = 0,40$$

$$h_e = 10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

Le mur a un $U = 4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ et un enduit ciment sale

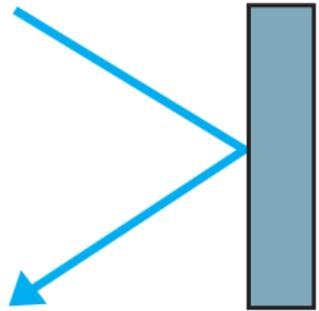
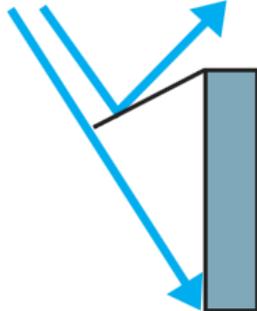
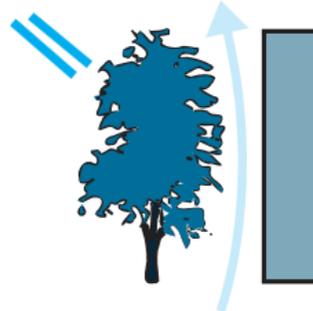
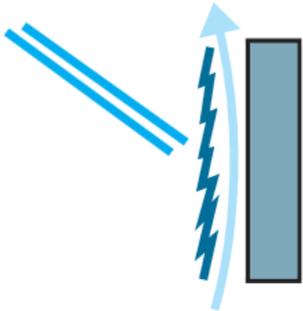
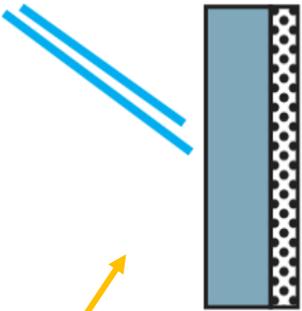
$$FS_{opaque} = \frac{\alpha \cdot U}{h_e \cdot C_m}$$

Source : Les éléments techniques du projet de la réglementation thermique du bâtiment au Maroc - 2011



Protection solaire d'une paroi opaque



				
Couleur de mur claire	Déborder de toiture, auvent	Végétalisation	Bardage ventilé	Isolation

Source : guide pour la performance énergétique en milieu amazonien - ADEME - 2010



Dans ce cas, l'isolation thermique par l'intérieur augmente les risques de surchauffe de la paroi et de choc thermique. Attention donc au choix des matériaux, aux couleurs de parements ainsi qu'aux protections solaires et masques à mettre en œuvre.



Maitrise des ponts thermiques

RÉFÉRENCES NORMATIVES :

NM 12683 : Ponts thermiques dans les bâtiments – Coefficient de transmission thermique linéique – Méthode simplifiée et valeurs par défaut ;

NM 10211-2 : : Ponts thermiques dans les bâtiments – Calcul des flux thermiques et des températures superficielles



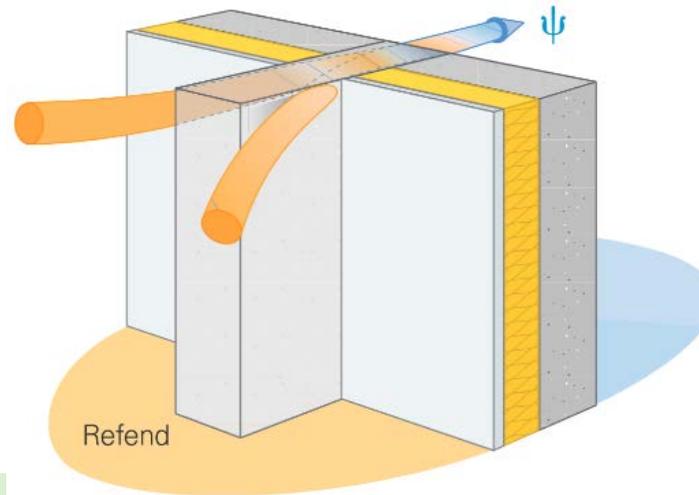
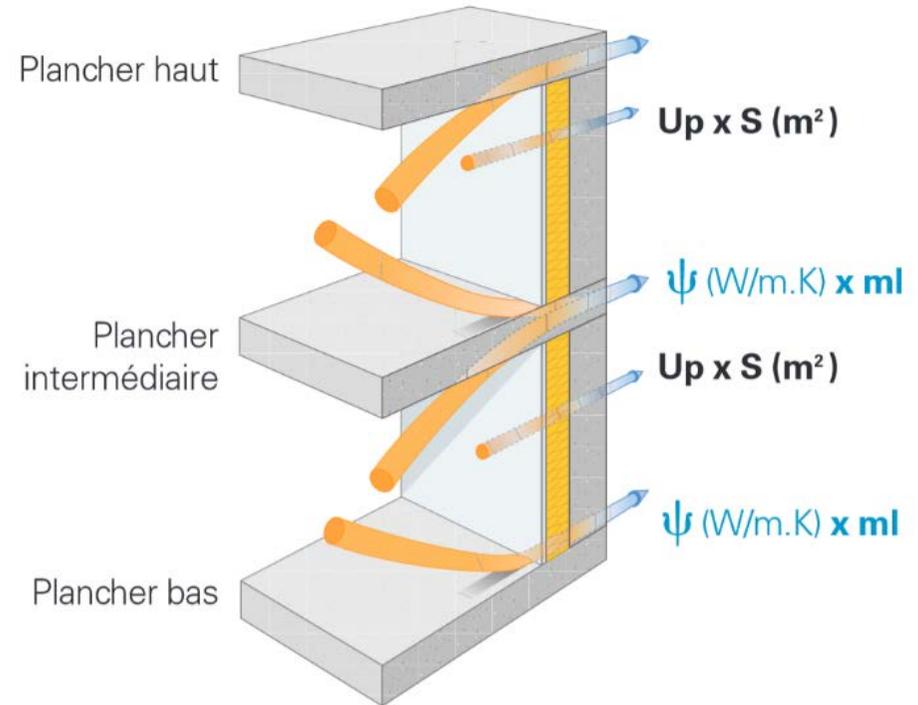
Ponts thermiques structurels

Ils sont dus aux liaisons structurelles.

Les ponts thermiques peuvent être :

→ Linéiques : ψ [W/m.K]
Refends, planchers

Ces ponts thermiques créent des flux d'énergie qui s'ajoutent à ceux au travers des parois.



source : La thermique du bâtiment – Isover

Ponts thermiques intégrés

Les ponts thermiques linéiques intégrés sont dus à des inhomogénéités dans la composition même des parois.

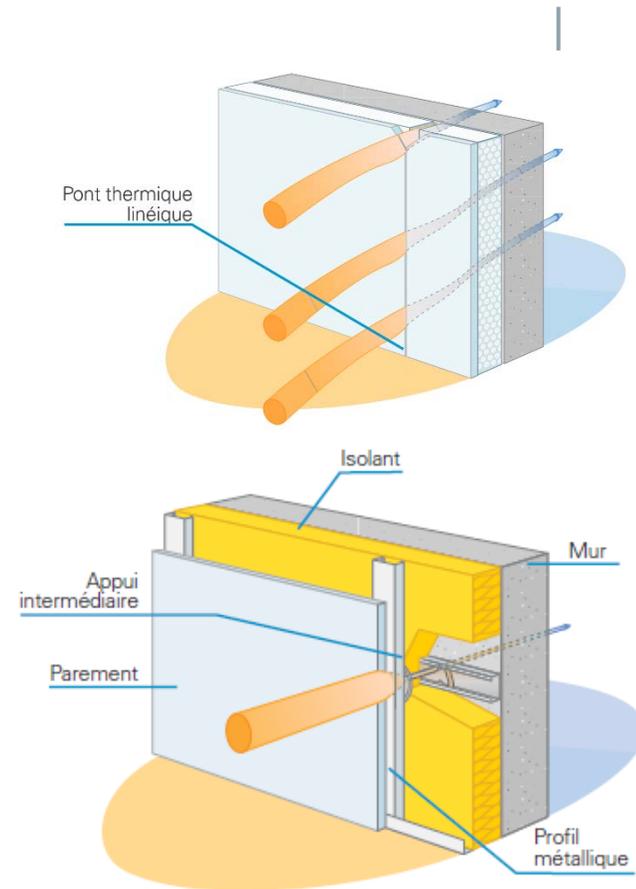
Ils influent directement sur le coefficient U de la paroi et augmentent le flux d'énergie qui passe au travers.

Ils peuvent être :

→ Linéiques : ψ [W/m.K]
Refends, planchers

→ Ponctuels: χ [W/K]
Traversée de l'enveloppe par des poutres, poteaux ...

Ils NE S'AJOUTENT donc PAS aux flux d'énergie traversant les parois.



Exemple de la cause d'un pont thermique ponctuel.
L'appui intermédiaire servant d'entretoise entre la fourrure verticale et le mur.

Source : La thermique du bâtiment – Isover

Ponts thermiques

Le flux d'énergie passant dans un pont thermique linéique se calcule donc par la formule :

$$\phi [W] = \Psi \times L_{pont\ thermique} \times \Delta T$$

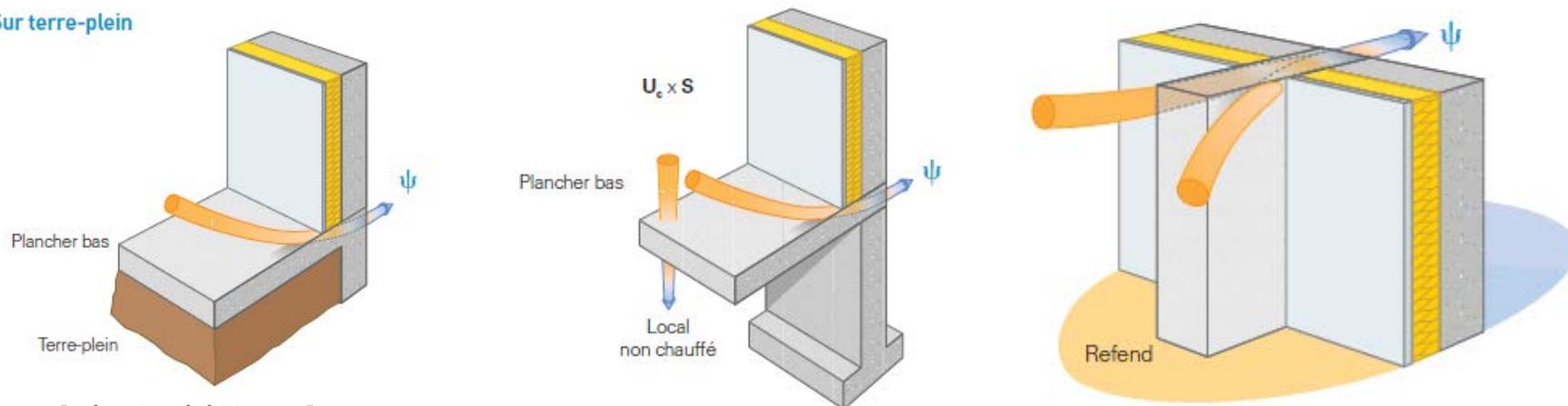
Avec :

Ψ : la conductivité du pont thermique en W/m.K

$L_{pont\ thermique}$: la longueur en mètre du pont thermique

ΔT : La différence de température entre l'intérieur et l'extérieur

Sur terre-plein



Source : La thermique du bâtiment – Isover

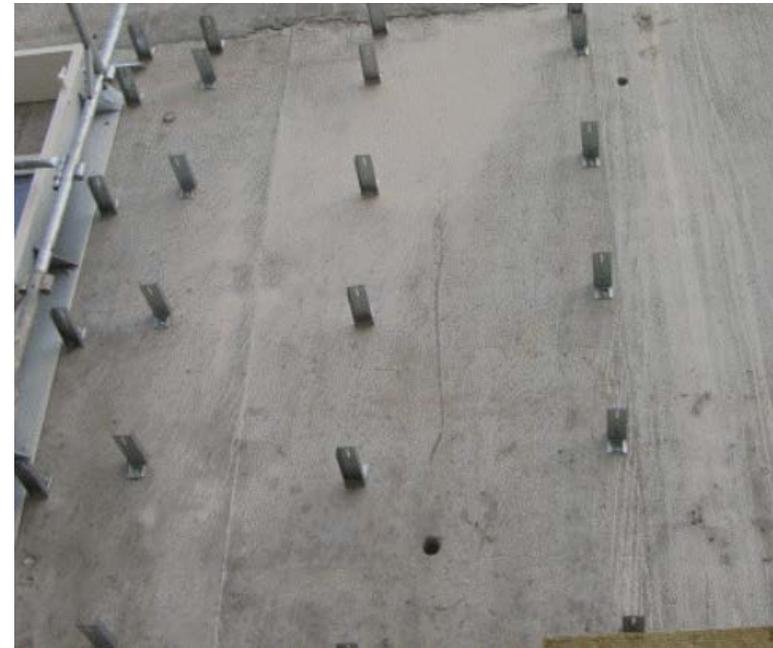
Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Les ponts thermiques ponctuels

Les pattes de fixation des parements intérieurs ou extérieurs sont un exemple de pont thermique ponctuel récurrent lorsque l'on isole par l'extérieur.



Source : Enertech

Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Les ponts thermiques ponctuels

Dans le cas d'une ITE, attention à l'ajout de systèmes ultérieurement tels que paraboles, climatiseurs, protections solaires...

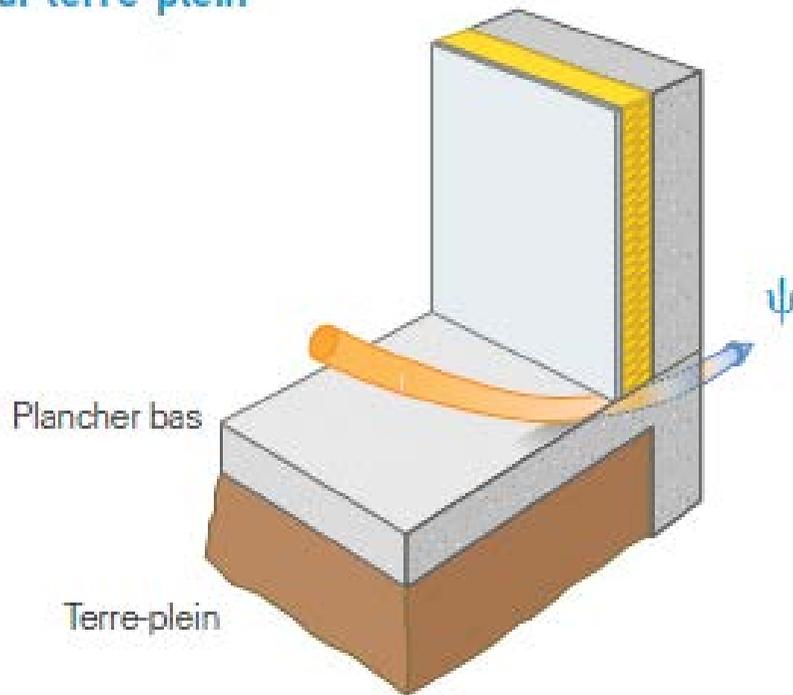


Source : La Vie Eco – 27/12/2012

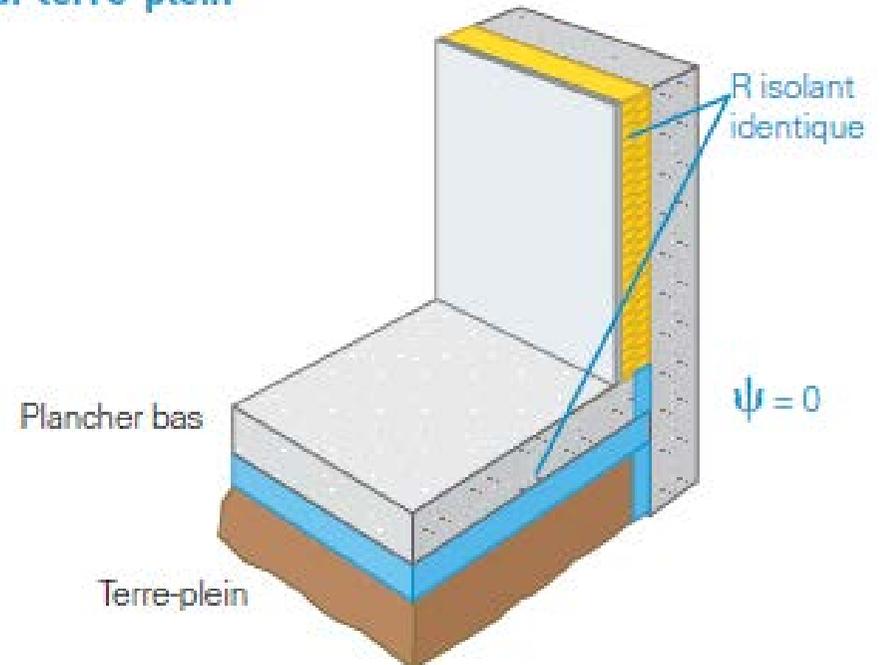
Les ponts thermiques linéiques

Le pont thermique de plancher bas sur terre-plein en isolation par l'intérieur.

Sur terre-plein



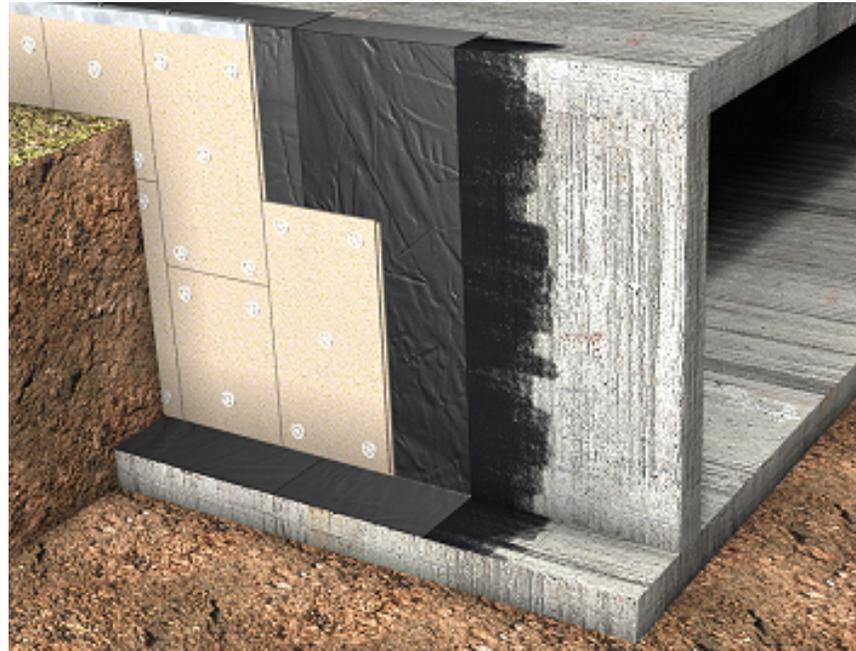
Sur terre-plein



Source : La thermique du bâtiment - Isover

Les ponts thermiques linéiques

On peut également procéder par isolation des soubassements avec des panneaux d'isolant adaptés (polystyrène, polyuréthane...).



Source : Cype

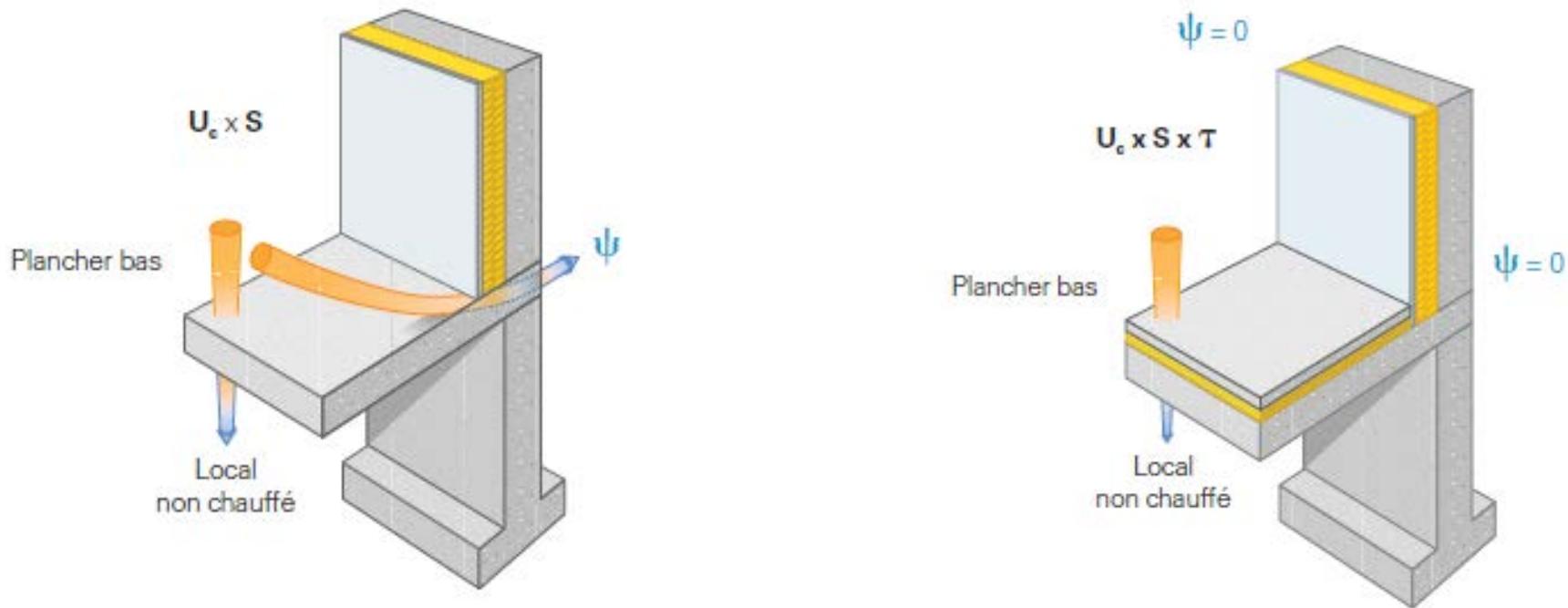
Conception de
l'enveloppe

Étanchéité à l'air et
ventilation

Conception globale

Les ponts thermiques linéiques

Le pont thermique entre le mur extérieur et le plancher bas sur vide sanitaire.

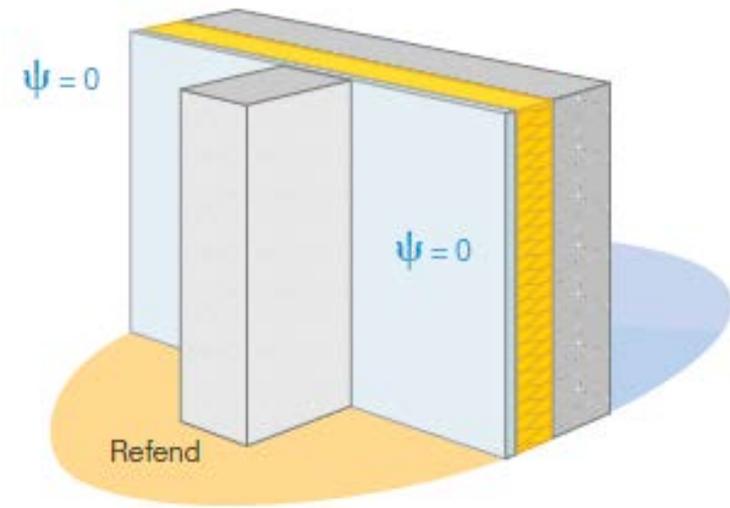
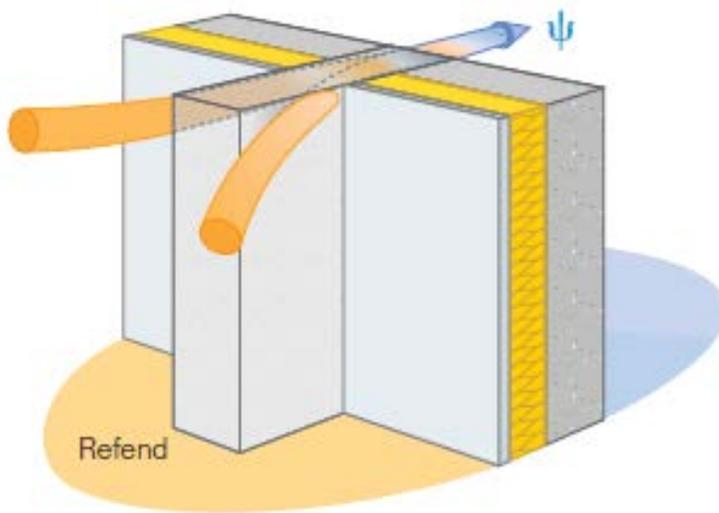


Source : La thermique du bâtiment - Isover



Les ponts thermiques linéiques

Le pont thermique entre le mur extérieur et le refend intérieur.



Source : La thermique du bâtiment - Isover

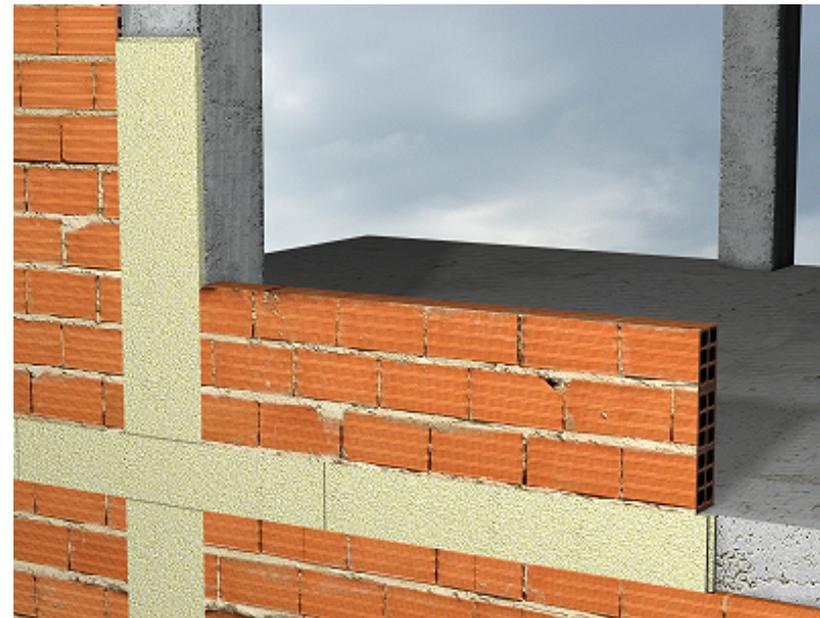
Conception de
l'enveloppe

Étanchéité à l'air et
ventilation

Conception globale

Les ponts thermiques linéiques

Isolation des rives de planchers et des poteaux de façade avec du polystyrène extrudé



Source : Cype

Conception de
l'enveloppe

Étanchéité à l'air et
ventilation

Conception globale

Les ponts thermiques linéiques



Source : Agence Qualité Construction

Balcons sur structure désolidarisée
afin d'éviter les ponts thermiques

Gestion de l'humidité dans les parois

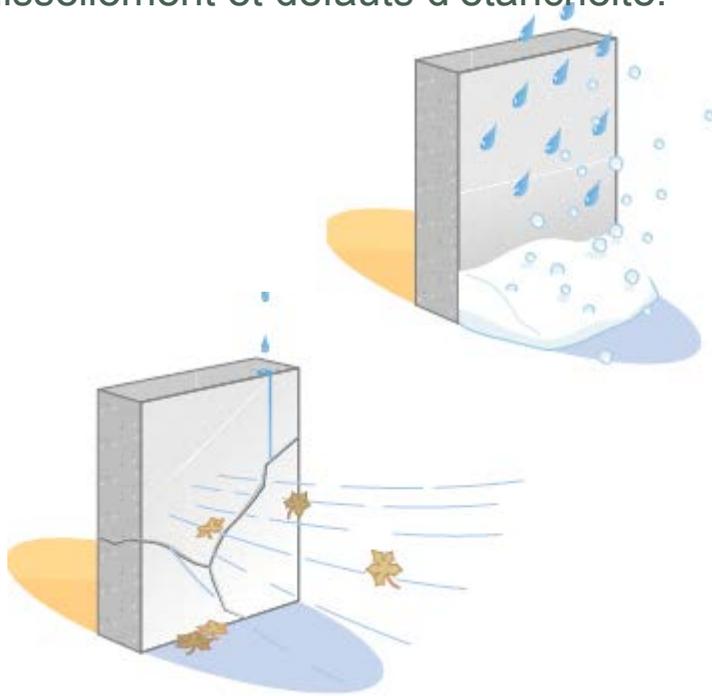
RÉFÉRENCES NORMATIVES :

NM 13788 : Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments – température superficielles intérieure permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse ;



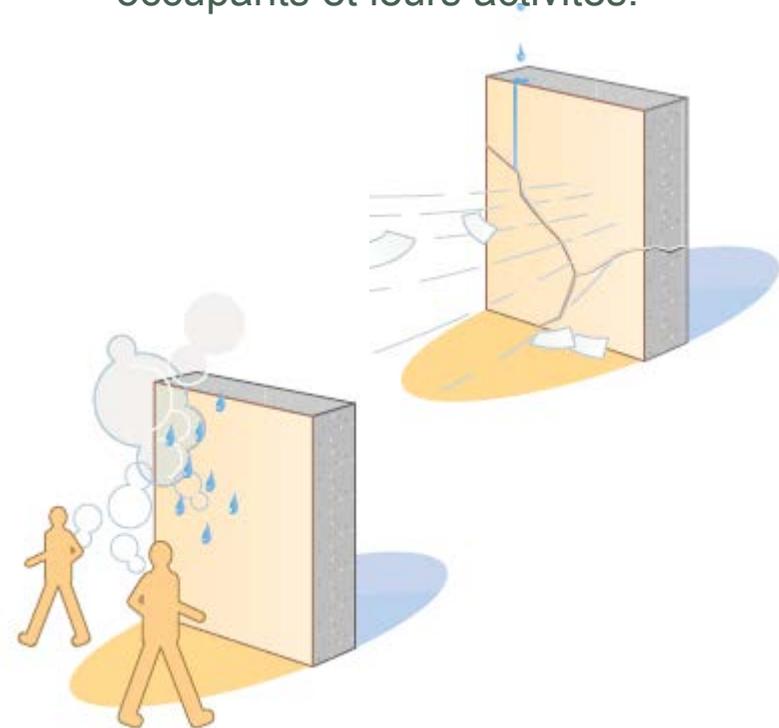
Les sources d'humidité dans les parois

Elle vient de l'extérieur par la ruissellement et défauts d'étanchéité.



Dans ce cas il faut s'en protéger

Elle vient de l'intérieur par les occupants et leurs activités.

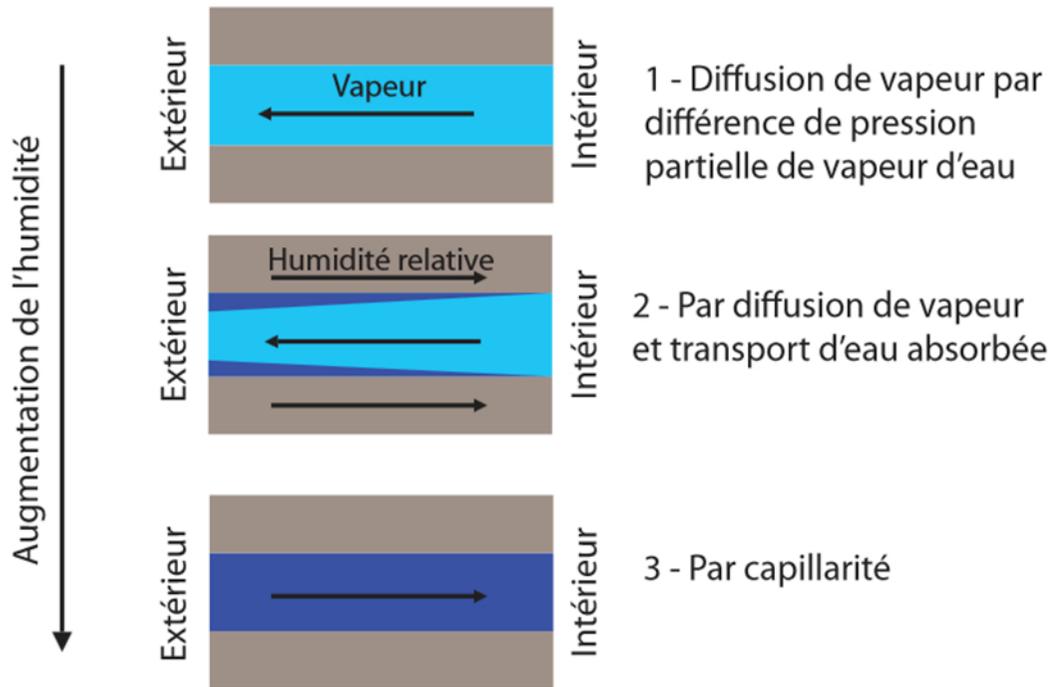


Dans ce cas il faut l'évacuer

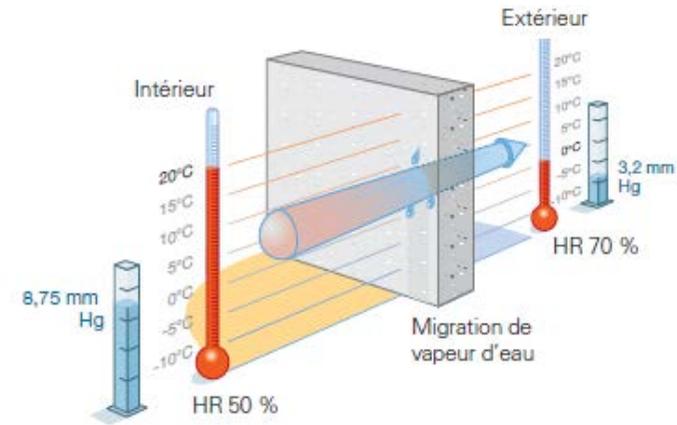
Source : La thermique du bâtiment - Isover



Les modes de transfert de l'humidité dans les parois



■ Eau ■ Vapeur



Source : La thermique du bâtiment - Isover

Source : Enertech



Caractéristiques des matériaux : perspiration et hygroscopicité

NM EN12086
NM EN 12572



Perspiration des matériaux

La perspiration caractérise la capacité d'un matériau à laisser l'humidité le traverser.

On caractérise la perspiration d'un matériau par le coefficient μ (sans unité).

On caractérise ensuite la perspiration d'un paroi par le coefficient S_d (m).

$$S_d = \mu \times \text{Épaisseur du matériau}$$

Désignation	S_d (m)
Membrane pare – vapeur (< 1 mm)	> 5 à 18
Polystyrène 12 cm	3,6
Brique standard 7 cm	2,6
Parpaing 20 cm	2
Laine de verre 10 cm	0,1

Membrane se plaçant dans une paroi coté chaud pour éviter la diffusion de vapeur d'eau.



Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

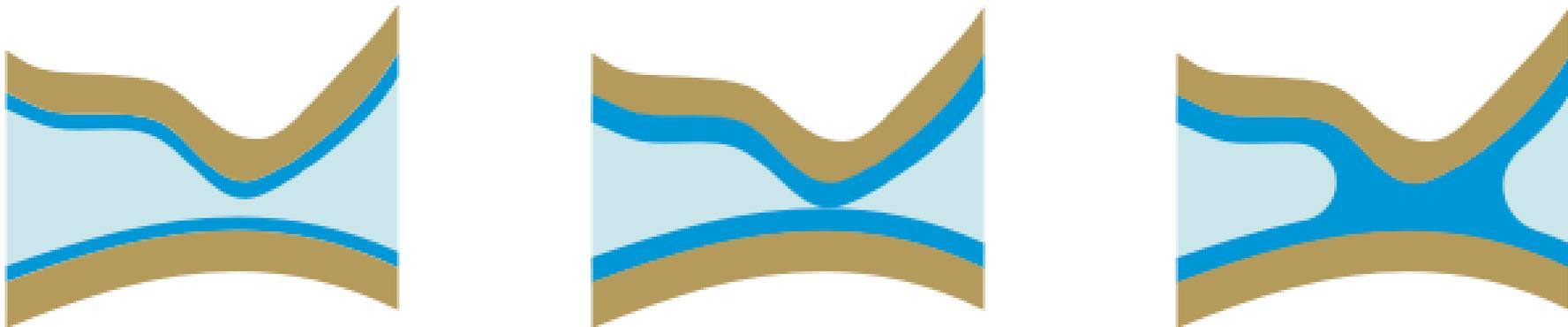
Conception globale

Hygroscopicité des matériaux

Un matériau hygroscopique est un matériau qui a tendance à absorber l'humidité de l'air.

Prenons l'exemple ci-dessous :

- Matière solide
- Air
- Couche d'eau absorbée



Condensation capillaire

Source : energieplus-lesite.be



Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

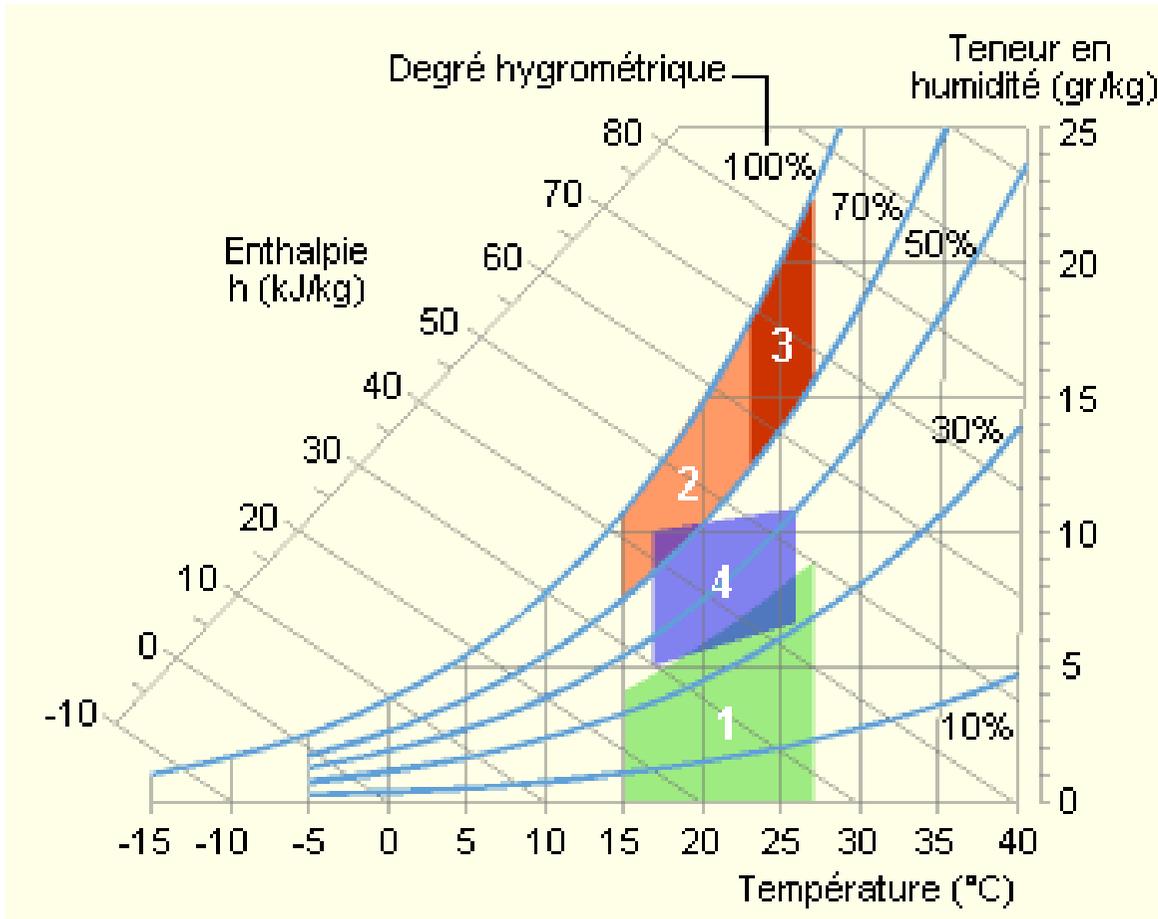
Rappel des définitions

CERTAINS PARAMÈTRES SONT FONDAMENTAUX POUR DÉCRIRE LE COMPORTEMENT HYGROTHERMIQUE D'UN BÂTIMENT :

- L'enthalpie : c'est l'énergie totale d'une système thermodynamique
- L'humidité relative : aussi appelée degré d'hygrométrie
- L'humidité spécifique : aussi appelée teneur en humidité
- La température : qui s'exprime en °C ou en Kelvin



Rappel des définitions



1. Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.

2. et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.

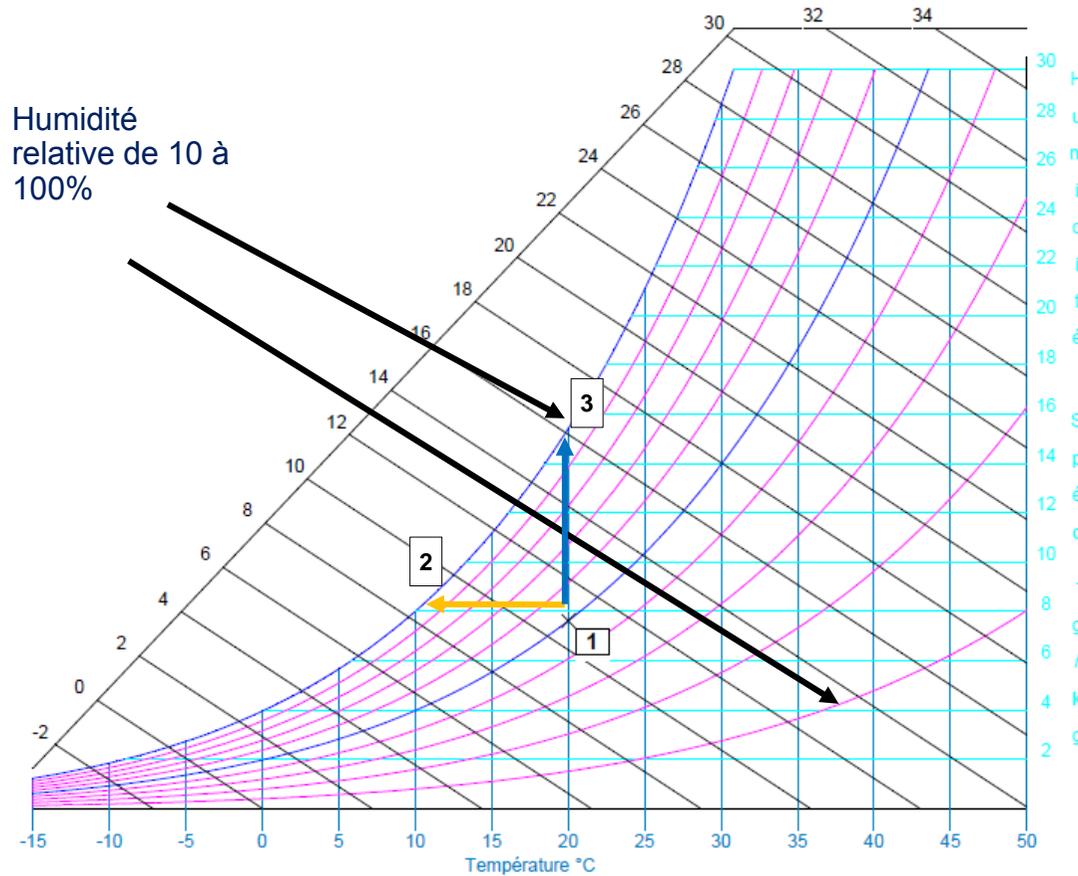
3. Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.

4. Polygone de confort hygrothermique.

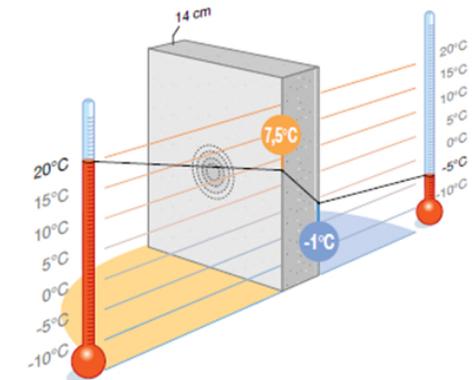
Source : www.energieplus-lesite.be



Le diagramme de l'air humide (ou psychrométrique)

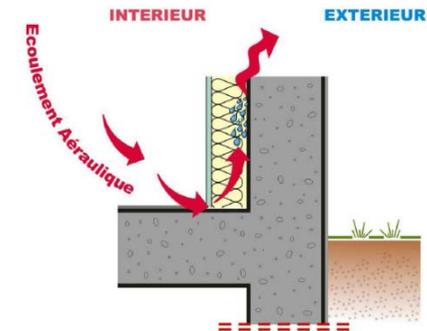


Chute de température dans une paroi non isolée



Source : La thermique du bâtiment - Isover

Diminution de la Température → Augmentation de l'Humidité Relative → Condensation → Moisissures et Oxydations



Source : Perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments - CETE Lyon - 2006

Conception de l'enveloppe

Etanchéité à l'air et ventilation

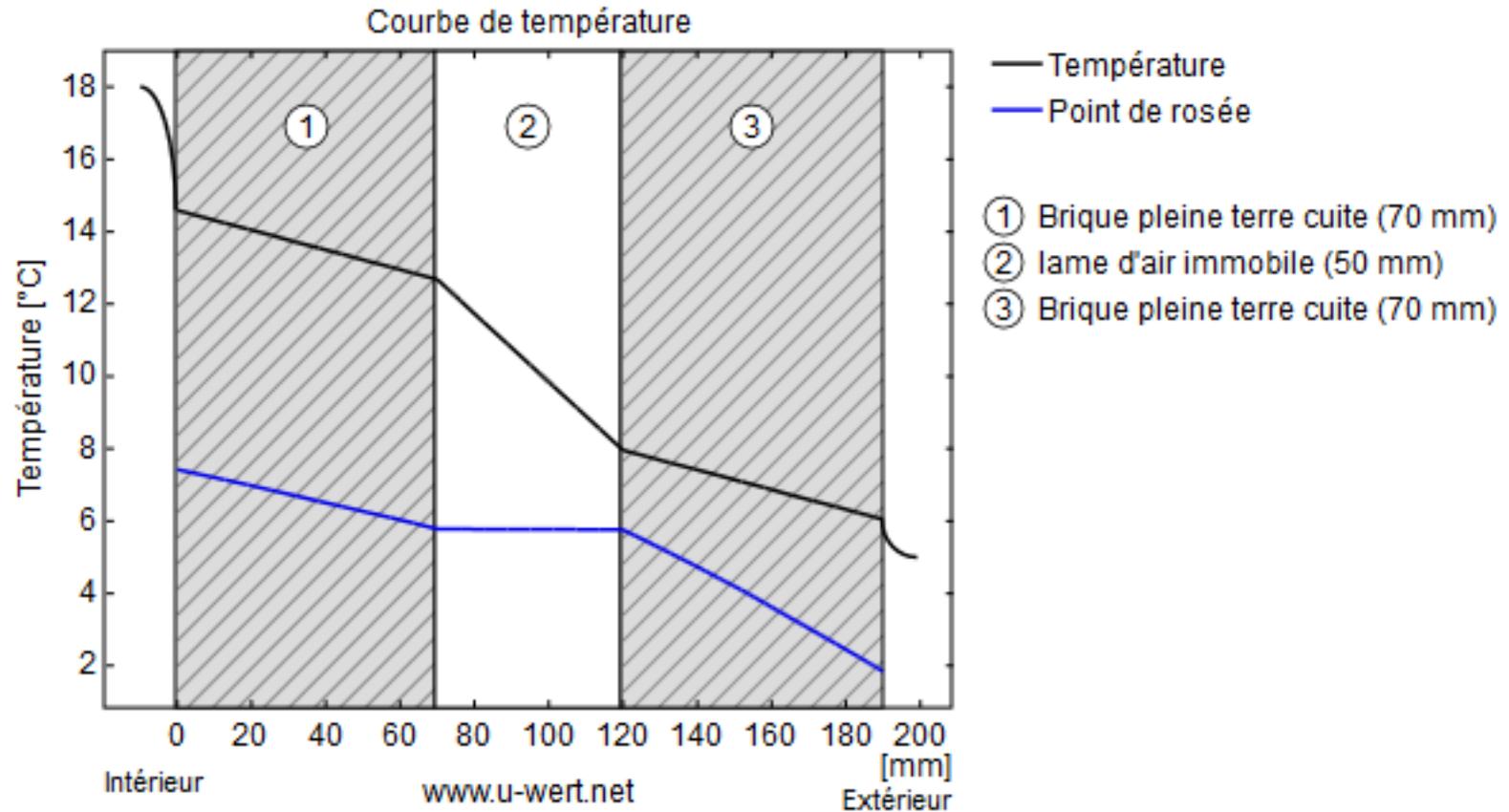
Conception globale

Méthode Glaser (logiciel U-paroi)

1^{ÈRE} ÉTUDE DE CAS :

Climat intérieur : 18 °C et HR = 50%

Climat extérieur : 5°C et HR = 80%

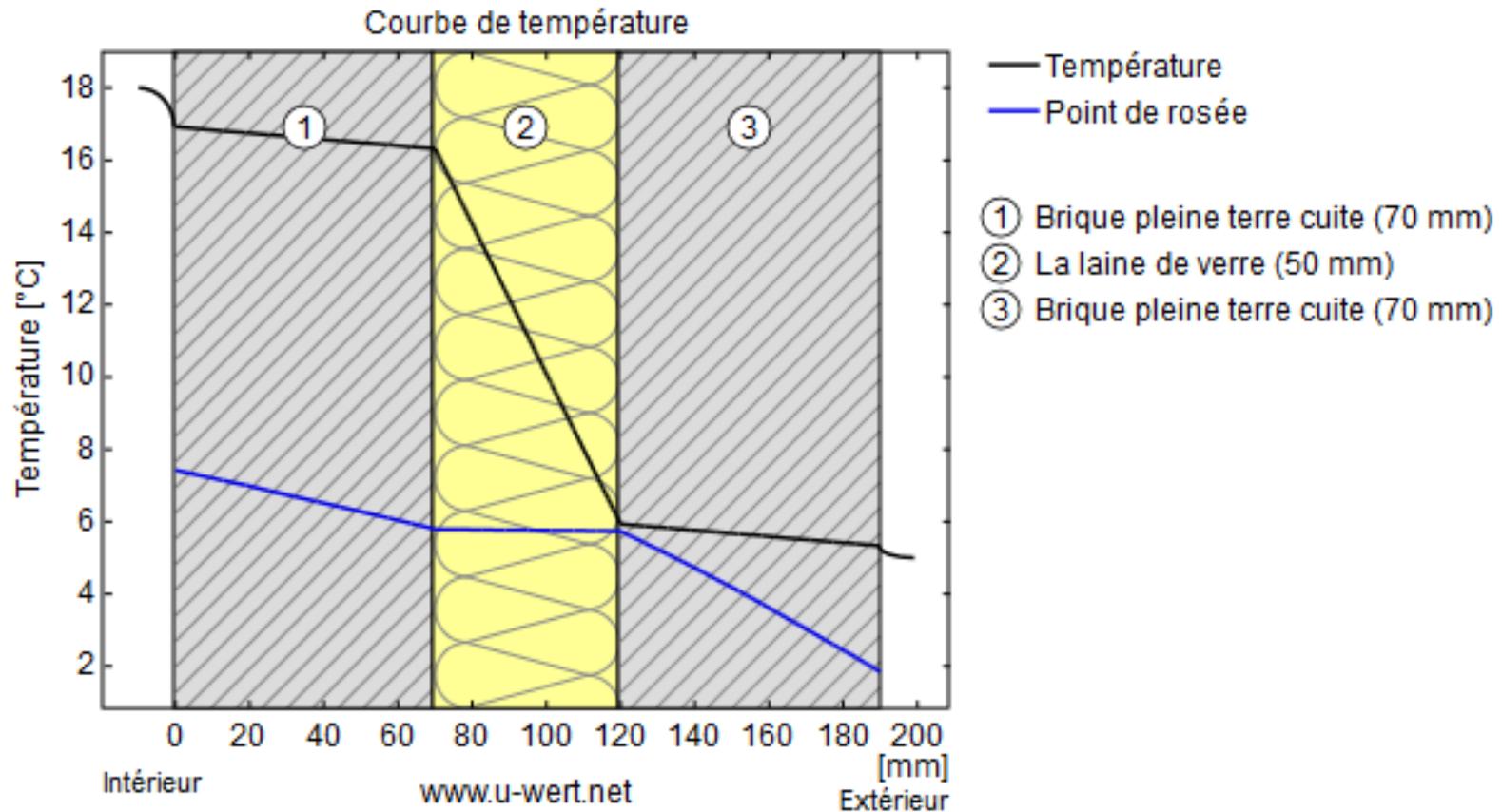


Méthode Glaser

2ND ÉTUDE DE CAS :

Climat intérieur : 18 °C et HR = 50%

Climat extérieur : 5°C et HR = 80%

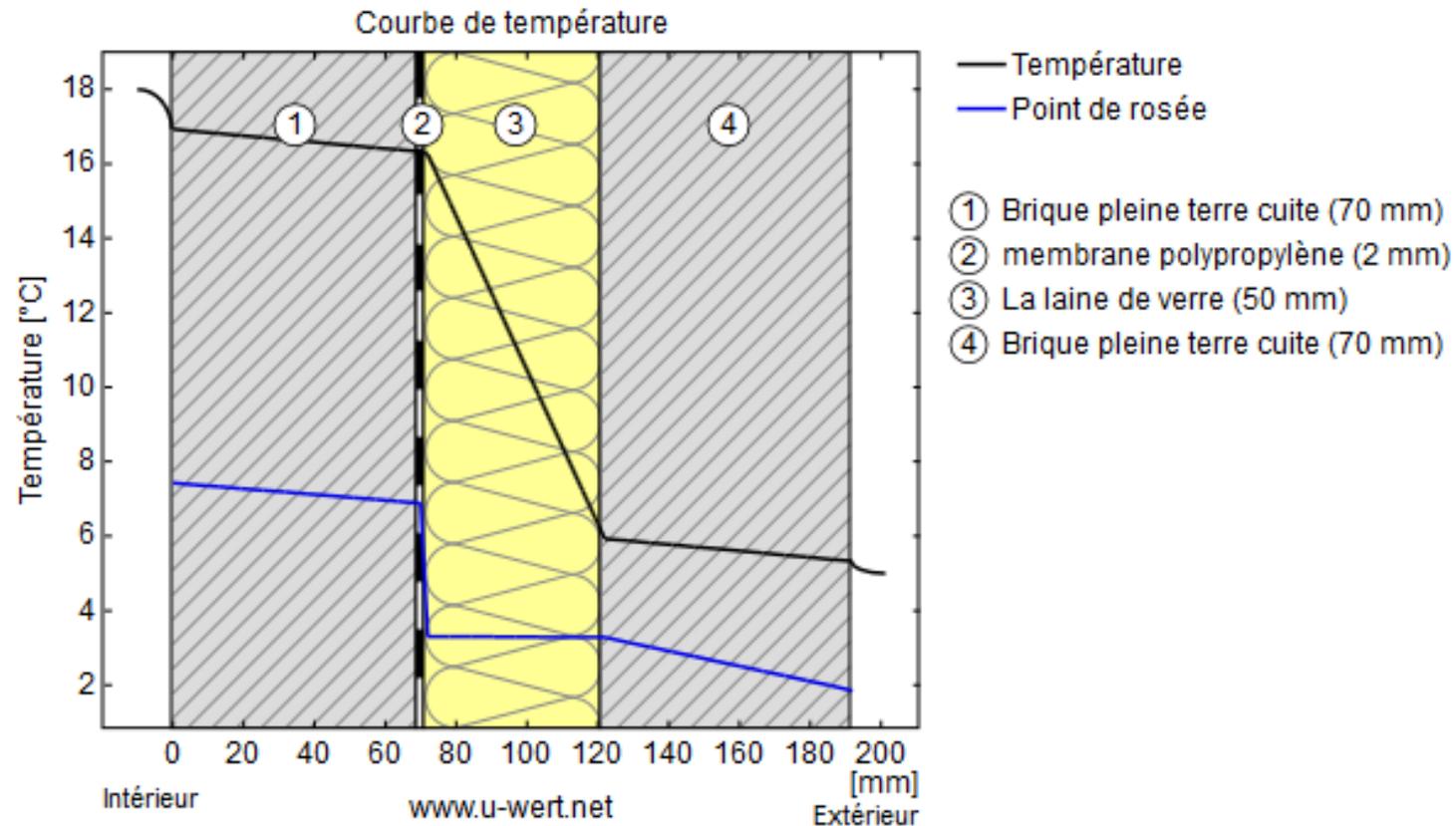


Méthode Glaser

3^{ÈME} ÉTUDE DE CAS :

Climat intérieur : 18 °C et HR = 50%

Climat extérieur : 5°C et HR = 80%

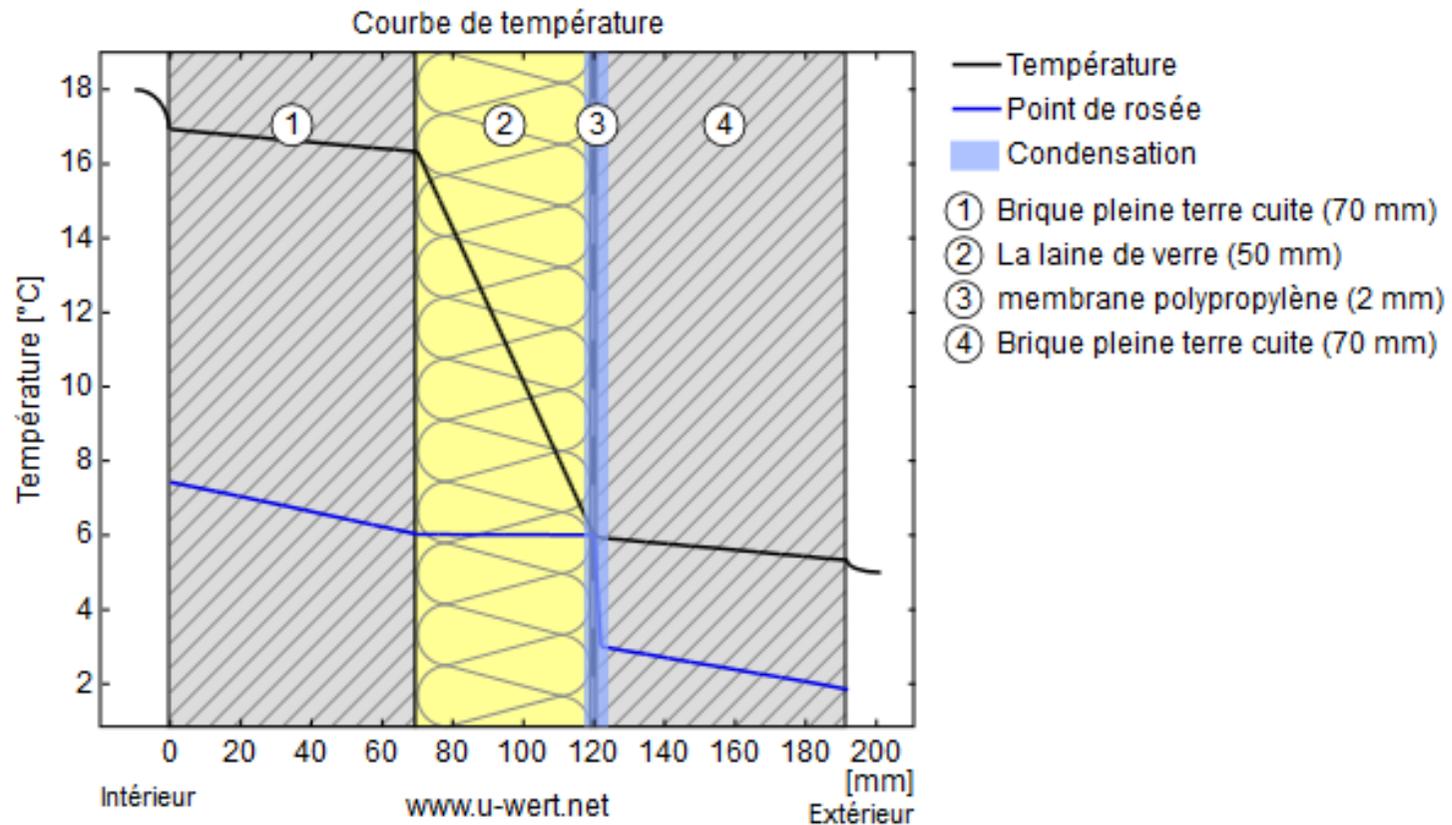


Méthode Glaser

4ÈME ÉTUDE DE CAS :

Climat intérieur : 18 °C et HR = 50%

Climat extérieur : 5°C et HR = 80%

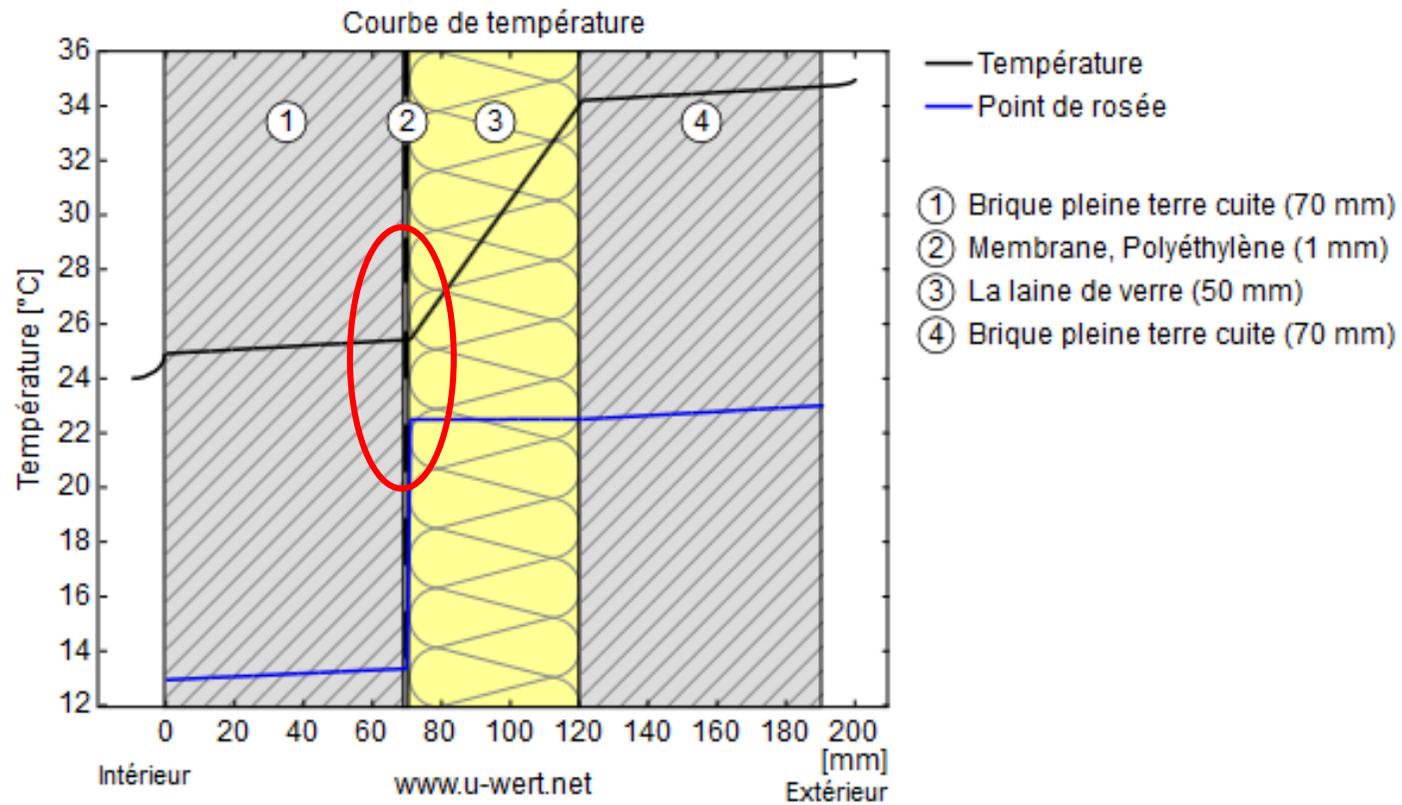


Méthode Glaser

5ÈME ÉTUDE DE CAS :

Climat intérieur : 24°C et HR = 50%

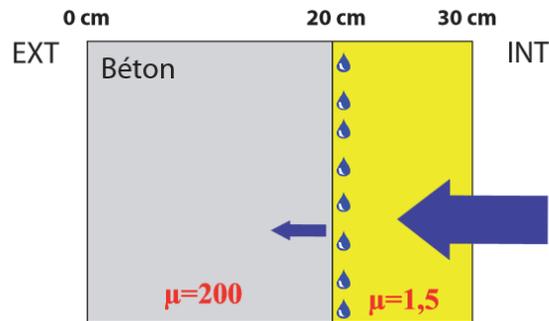
Climat extérieur : 35°C et HR = 50%



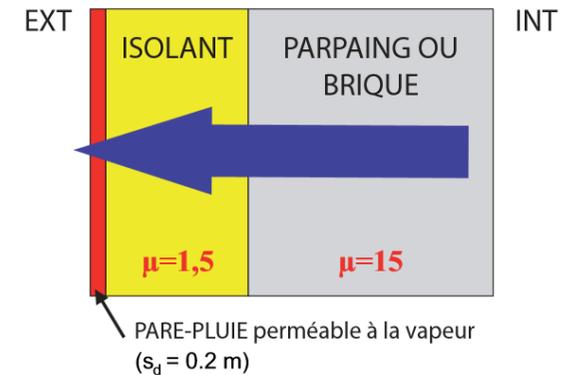
La gestion de l'hygrométrie dans les parois

La diffusion horizontale de la vapeur d'eau.

Dans le cas d'une ITI



Dans le cas d'une ITE



Dans le cas d'une toiture terrasse



Figure 10 : Exemple de toiture terrasse en b ton.

Les bonnes pratiques:

- μ décroissant de l'ambiance chaude vers la froide
- Dans le cas d'une ITI : lame d'air entre le mur et l'isolant
- Une seule barrière pare-vapeur dans la paroi

Source : Enertech



Les risques de l'humidité dans les parois

L'HUMIDITÉ DANS LES PAROIS ENTRAÎNE DE NOMBREUX PROBLÈMES :

- Condensation
- Problèmes mécaniques
- Gonflement du bois, effritement du plâtre, perte de résistance...
- Moisissures
- Dégradation des propriétés thermiques
- Les isolants hygroscopiques tels que les laines minérales perdent leur propriété isolante dans des conditions d'humidité trop importantes.
- Ecaillage des revêtements, gel, putréfaction des isolants végétaux etc...

Type de paroi	Bonne ventilation	Mauvaise ventilation
Int. → Ext. (Vapeur d'eau)	Risques limités et faibles	Risque de condensation sur les murs, de moisissures
(Diagramme)	Risque de condensation sur les murs, de moisissures	Risque de condensation à l'intérieur des parois
(Diagramme)	Risques limités et faibles	Risque de condensation sur les murs, de moisissures
(Diagramme)	Risque de condensation sur les murs, moisissures	Risque de condensation à l'intérieur des parois
Int. → Ext. (Vapeur d'eau)	Risques limités et faibles	Risque de condensation sur les murs, moisissures
(Diagramme)	Risque de condensation sur les murs, moisissures	Risque de condensation à l'intérieur des parois
(Diagramme)	Risques limités et faibles	Risque de condensation sur les murs, moisissures
(Diagramme)	Risque de condensation sur les murs, de moisissures	Risque de condensation à l'intérieur des parois
(Diagramme)	Risques limités et faibles	Risque de condensation sur les murs, de moisissures

Source : Agence Qualité Construction

Source : Enertech



Synthèse

QUELLES NOTIONS AVONS-NOUS ABORDÉES ?

- LES MODES D'ISOLATION DES PAROIS
- GESTION DE LA LUMIÈRE ET DES APPORTS SOLAIRES
- DIMENSIONNEMENT D'UNE PROTECTION SOLAIRE (POUR LES PAROIS VITRÉES MAIS AUSSI OPAQUE LORSQUE CELA EST NÉCESSAIRE).
- IDENTIFICATION ET TRAITEMENT DES PONTS THERMIQUES
- GESTION DES TRANSFERTS DE VAPEUR D'EAU



Synthèse

QU'AVEZ-VOUS RETENU DE LA SESSION PRÉCÉDENTE?

A VOUS DE JOUER !



Eclairage naturel

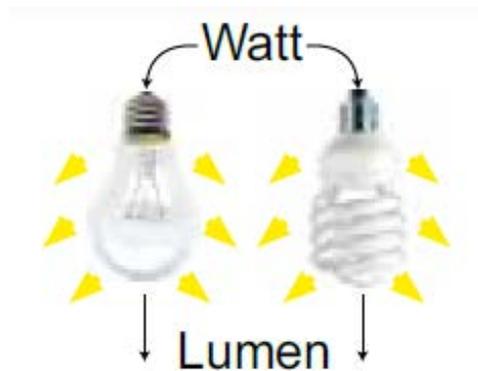


Les notions fondamentales

→ Le flux lumineux :

Quantité de lumière émise par une source lumineuse dans toutes les directions de l'espace

S'exprime en Lumen (symbole : lm)



Source : Manuel technique de l'éclairage – ADEREE - 2014

Conception de
l'enveloppe

Étanchéité à l'air et
ventilation

Conception globale

Les notions fondamentales

→ L'éclairage

Le rapport entre le flux lumineux reçu par un élément de la surface et l'aire de cet élément

S'exprime en lux (symbole : lx) ou lumen/m² (lm/m²)



Figure 3. Éclairage

Source : Manuel technique de l'éclairage – ADEREE - 2014

Conception de
l'enveloppe

Étanchéité à l'air et
ventilation

Conception globale

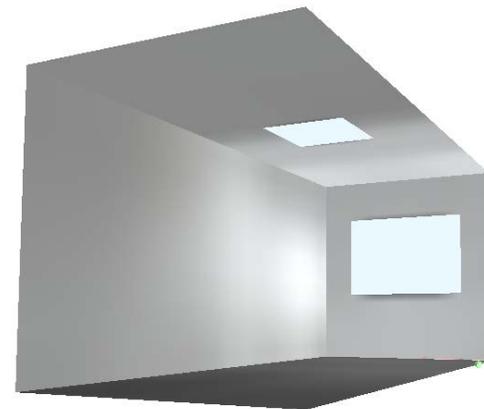
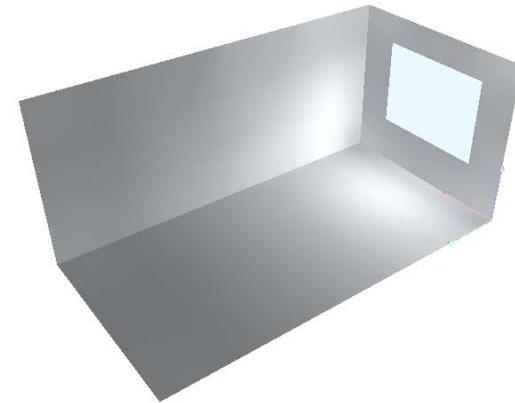
Le Facteur de Lumière du Jour (FLJ)

Afin de déterminer une relation entre l'éclairage intérieur (en un point de la pièce) et la disponibilité de la lumière du jour à l'extérieur d'un bâtiment en site dégagé, la notion de Facteur de Lumière du Jour est utilisée :

$$FLJ [\%] = \frac{Eclairage_{intérieure}}{Eclairage_{extérieure}}$$

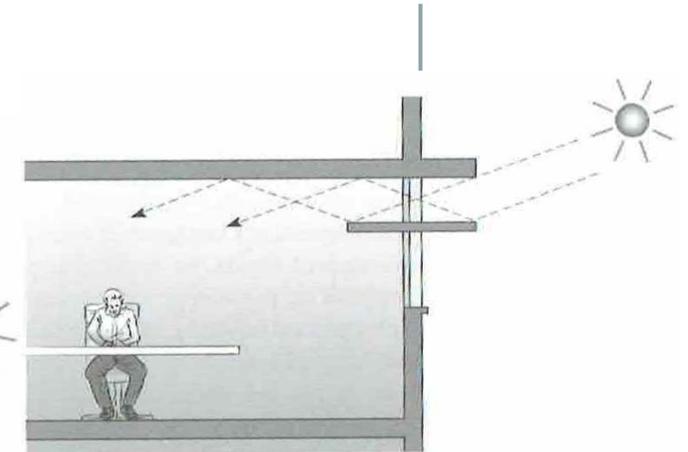
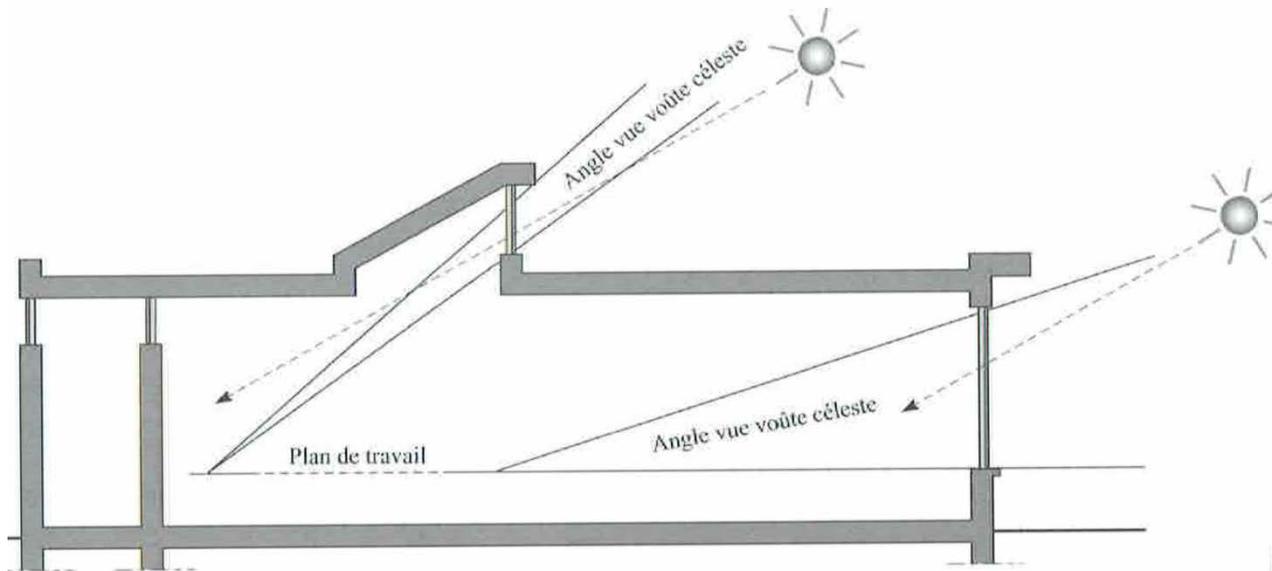
Les FLJ dépendent des caractéristiques :

- Des menuiseries (coefficient TI, dimensions, position, forme...)
- Des parois intérieures (couleurs, réflexion..)

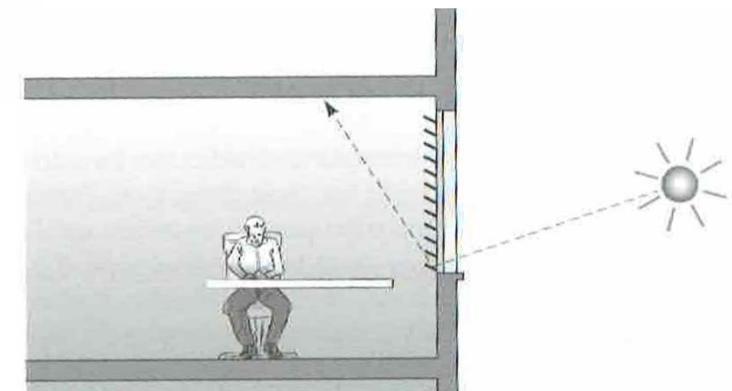


Source : Emenda – Modélisation réalisée sous Dialux

L'éclairage naturel



Light shelves



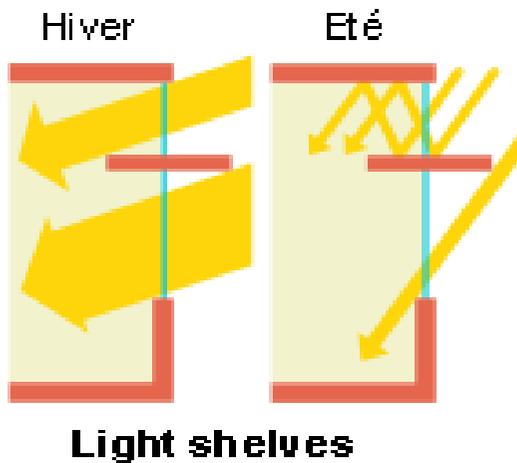
Store réfléchissant couplé à un plafond clair et réfléchissant

ORGANISATION DES ESPACES ET DES VOLUMES

- Limiter la profondeur des pièces
- Ménager des ouverture en toiture
- Préférer les menuiseries haute avec une allège
- Opter pour des revêtements intérieurs clairs

Source : Concevoir des bâtiments bioclimatiques – P. Fernandez P. Lavigne – Ed. Le Moniteur - 2009

Dispositifs d'éclairage naturel : light shelves



Source : energieplus-lesite.be



Source : Wallace Roberts & Todd, LLC Architect: Partridge Architects

Les light shelves permettent des économies d'éclairage artificiel.

Ainsi, on réduit à la fois les consommations électriques et les besoins de climatisation (car on diminue les apports internes apportés par l'éclairage).



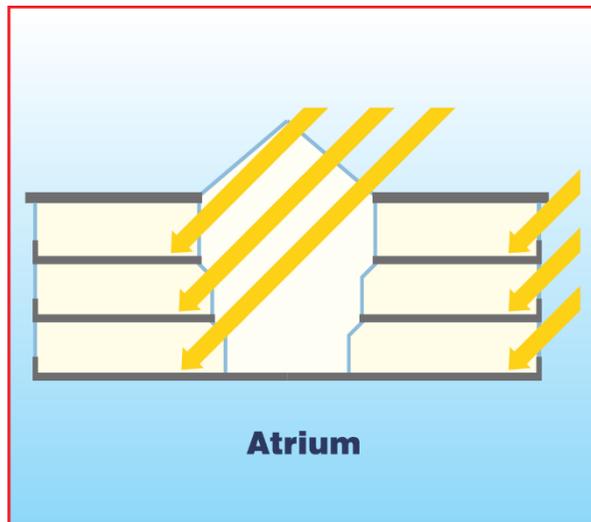
Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

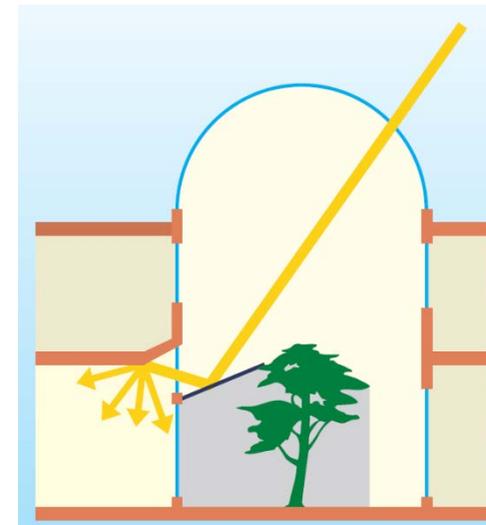
Conception globale

Dispositions architecturales

La diminution des besoins d'éclairage passe aussi par des dispositifs architecturaux au service de la performance énergétique et du confort.



Un atrium est un large espace vitré fermé, situé au centre d'un bâtiment ou reliant plusieurs bâtiments entre eux



Les galeries sont des rues couvertes par des structures fortement vitrées

Source : *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique* – A. Liebard A. De Herde - 2005

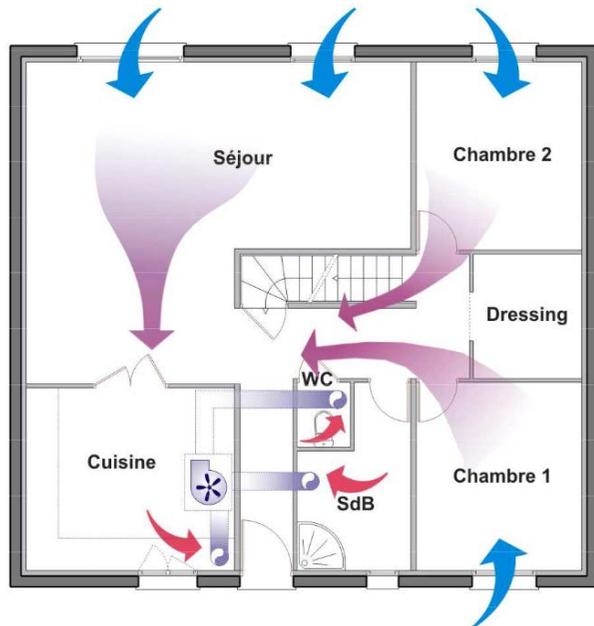
Plan de la formation

- I. CONCEPTION DE L'ENVELOPPE
- II. ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET VENTILATION
- III. CONCEPTION GLOBALE D'UN BÂTIMENT PERFORMANT

Attention : tous les prix qui figurent dans la suite de ce document sont donnés à titre indicatif en valeur de septembre 2014.

ETANCHÉITÉ À L'AIR & VENTILATION

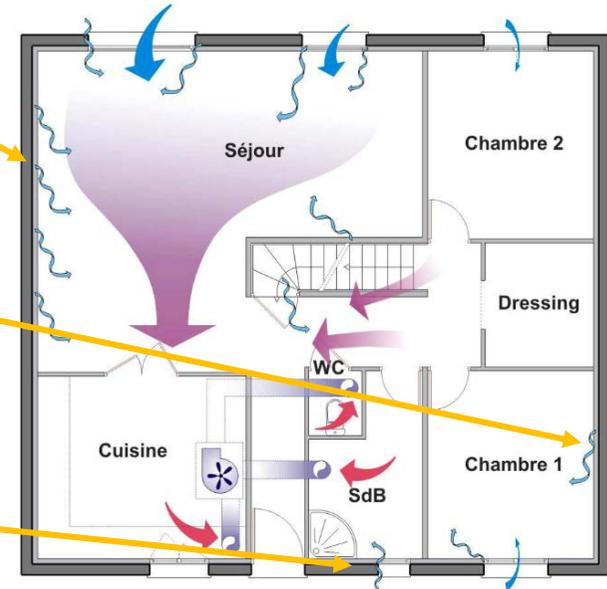
Etanchéité à l'air VS ventilation



Pose non jointive de la maçonnerie

Prise électrique, interrupteur... dans les murs

Menuiserie mal posée ou sans joint



Ventilation = Renouvellement d'air organisé et volontaire pour le confort et la qualité sanitaire.

Infiltrations = Renouvellement d'air non maîtrisé, non organisé, mal connu et involontaire qui crée des **inconforts et des surconsommations**.

Source : Perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments - CETE Lyon - 2006



Les déperditions aérauliques

Les pertes aérauliques en Watt correspondent à l'ensemble des déperditions dues au renouvellement d'air (ventilation et défauts d'étanchéité à l'air)

$$\text{Déperditions aérauliques}_{\text{Bâtiment}} = 0,34 \times \text{Débit}_{\text{air renouvelé}} \times \Delta T \text{ [W]}$$

Avec :

0,34 correspond à la capacité calorifique de l'air [Wh/m³.K⁻¹]

$\text{Débit}_{\text{air renouvelé}}$ = s'exprime en [m³/h]

ΔT : écart de température entre l'air intérieur et extérieur



NM EN 12831

Source : Norme EN 12831



Lien entre pertes aérauliques et étanchéité à l'air



L'étanchéité à l'air se caractérise par le coefficient n_{50} [vol/h] qui correspond au renouvellement d'air du bâtiment pour une différence de pression intérieur/extérieur de 50 Pa.

Le débit d'air d'infiltration (qui permet de calculer les pertes aérauliques) est donné par la norme EN 12 831:

$$Débit_{infiltration} = 2 \times V \times n_{50} \times e \times \varepsilon \text{ [m}^3\text{/h]}$$

V : le volume de l'espace chauffé [m³]

e : le coefficient d'exposition

ε : le facteur correctif de hauteur

NM EN 12831
NM ISO 9972

Source : Norme EN 12831



Application numérique



Calculs des débits de renouvellement d'air par ventilation et infiltrations d'air.

NM EN 12831



Exercice : lister les défauts potentiels d'étanchéité à l'air

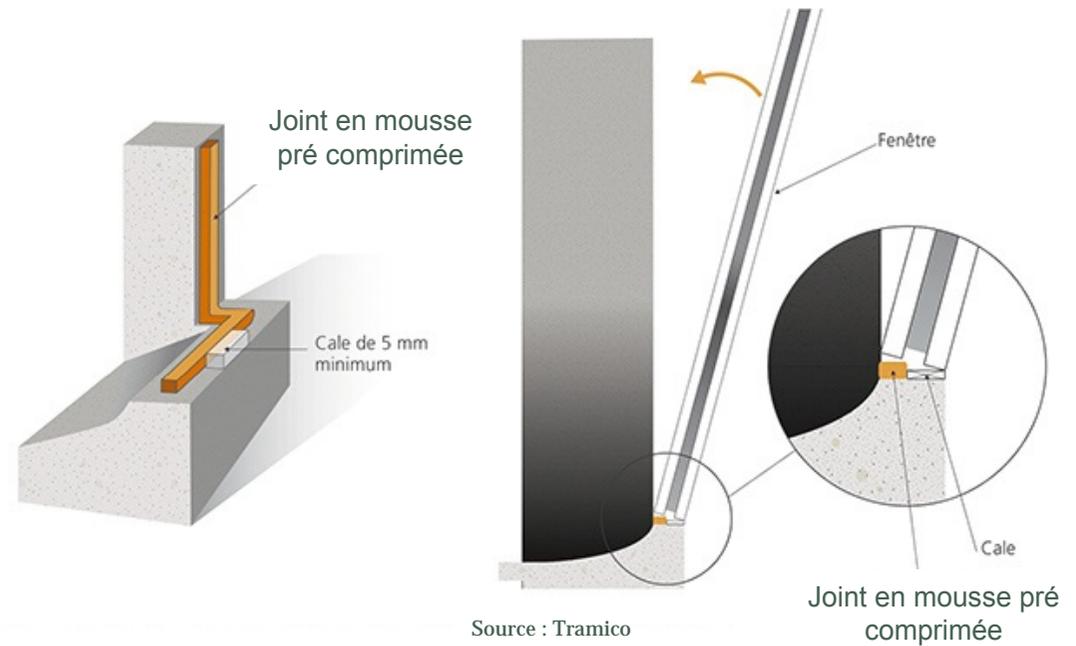


L'étanchéité à l'air

LES MENUISERIES

L'étanchéité des menuiseries par des produits adaptés permet de traiter à la fois :

- L'étanchéité à l'eau
- L'isolation phonique
- L'isolation thermique
- La vapeur d'eau



L'étanchéité à l'air

LES TRAVERSÉES DE GAINES

A des fins de confort thermique autant qu'acoustique, les traversées de gaine doivent être traitées par colmatage avec des produits adaptés (bouillage mousse PU, joints mastic, etc.).



Source : Enertech

L'étanchéité à l'air

LES AUTRES POINTS SINGULIERS



Menuiseries



Joint de dilatation

Source : Enertech



Plan de la formation

- I. CONCEPTION DE L'ENVELOPPE
- II. ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET VENTILATION
- III. CONCEPTION GLOBALE D'UN BÂTIMENT PERFORMANT

Attention : tous les prix qui figurent dans la suite de ce document sont donnés à titre indicatif en valeur de septembre 2014.

CONCEPTION D'UNE ENVELOPPE PERFORMANTE



Exercice – Le CPS d'un bâtiment performant



Conception de l'enveloppe

Étanchéité à l'air et ventilation

Conception globale

Exercice – Concevoir une enveloppe performante



ENONCÉ



Test d'acquis des connaissances



Merci de votre attention !

Formation effectuée par :



Evaluation de la formation



BILAN DE LA FORMATION

Cette formation correspond-elle à vos attentes?

Vous trouverez de nombreuses ressources, guides techniques ainsi que les logiciels d'évaluation du règlement thermique sur le site de l'ADEREE :

www.aderee.ma

Merci de renseigner la fiche d'évaluation !

