

LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU : POURQUOI EST-ELLE IMPORTANTE ?

LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU : POURQUOI EST-ELLE IMPORTANTE ?

- Une maison saine ne peut pas contenir un degré d'humidité (hygrométrie) trop élevé.

En effet, un environnement chaud et humide est un vrai paradis pour les moisissures, les acariens et d'autres parasites qui s'y développent allègrement.

Ces agents pathogènes provoquent souvent des allergies et des affections respiratoires (rhinite, asthme,...)

Dans une maison saine, il est donc important que les murs puissent évacuer l'humidité contenue dans l'air et/ou dans les matériaux !

D'ailleurs, à ce sujet-là, l'expression courante «il faut que les murs respirent» est pleine de bon sens.

Bien sûr, il s'agit d'une vue de l'esprit. Il n'est pas question de faire passer de l'air au travers des murs pour qu'ils «respirent». L'évacuation de l'humidité se fait sans transfert d'air, comme expliqué plus loin.

(A ne pas confondre donc avec l'étanchéité à l'air qui est un autre point très important pour favoriser les économies d'énergie. Nous développons cette question ailleurs.)

- Un air chargé d'humidité réclame davantage d'énergie de chauffage qu'un air plus sec.
Une bonne régulation de l'hygrométrie du bâtiment permet donc des économies d'énergie.

ATTENTION AU POINT DE ROSÉE !

Malheureusement, la question de la diffusion de la vapeur d'eau au travers des parois d'une maison est trop souvent méconnue et donc négligée...

Pourquoi est-ce que cela vaut tellement la peine de s'y intéresser?

Parce qu'une mauvaise conception des murs peut entraîner la condensation de cette vapeur d'eau, phénomène appelé «point de rosée» !

Cette vapeur d'eau qui condense va donc mouiller les matériaux ; habituellement, il s'agira de l'isolation placée du côté froid du mur.

Or, une **isolation mouillée n'est plus isolante** ! Au contraire, une isolation mouillée devient conductrice, c'est-à-dire qu'elle accélère la perte de chaleur !!...

Pour mieux comprendre ce phénomène de perte de pouvoir isolant, il suffit d'enfiler un pull mouillé lorsqu'il fait très froid...

Le système GLOBAL CONSTRUCT, grâce à son mur plein en béton, offre la garantie d'éviter le point de rosée dans tous les cas, même dans les pires conditions climatiques !

LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU : EXPLICATIONS ET CALCULS

EXPLICATIONS ET CALCULS

Comment la vapeur d'eau migre t'elle au travers des parois ?

Pour information, les molécules de vapeur d'eau sont environ 20 fois plus dispersées que les molécules d'eau.

La vapeur d'eau migre donc au travers de la plupart des matériaux, y compris au travers du béton dense.

Ce transfert des molécules de vapeur d'eau se fait sans mouvement de l'air, de la zone de haute pression partielle (face chaude du mur, du côté intérieur de la maison) vers la zone de basse pression partielle (face froide du mur, du côté extérieur de la maison).

Le transfert de cette vapeur d'eau est plus ou moins rapide suivant la perméabilité des matériaux exprimée par le «coefficient Mu» (coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau d'un matériau).

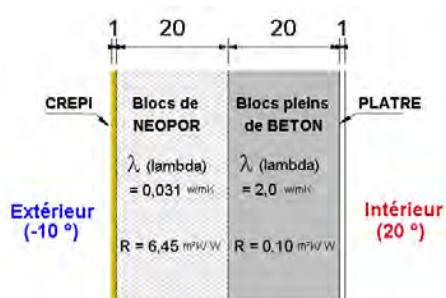
Comment peut-on calculer s'il y a un risque de point de rosée ?

La vapeur d'eau est soumise à une pression dite pression partielle, variable de 0 kN/m² (air sec avec 0% d'humidité relative) jusqu'à un maximum appelé pression de saturation (pression à laquelle la vapeur d'eau devient liquide : air saturé avec 100% d'humidité relative).

Pour éviter le point de rosée, il faut donc que les pressions partielles à l'intérieur du mur n'atteignent jamais la pression de saturation !

Les pressions de saturation sont de moins en moins élevées au fur et à mesure que les températures diminuent (cfr diagramme de Mollier)

Puisque la courbe des pressions de saturation est fonction de celle des températures, il faut donc commencer par déterminer la courbe des températures à l'intérieur d'une paroi.



1ère étape : Déterminer la courbe des températures dans une paroi

La température à l'intérieur de la paroi va décroître proportionnellement à la résistance thermique de chaque composant de cette paroi.

Prenons un exemple pour être plus clair :

Supposons une température de 20° à l'intérieur de la maison et -10° du côté extérieur, soit une différence totale de température de 30°.

Pour illustrer notre calcul, nous représentons ci-contre un mur en Global Construct avec la composition suivante (en partant de l'intérieur de la maison, à droite sur notre croquis ci-contre) :

un plafonnage de plâtre de 1 cm d'épaisseur,

puis les blocs de béton pleins de 20 cm d'épaisseur, ensuite les blocs de Néopor de 20 cm d'épaisseur,

et enfin un crépi de 1 cm d'épaisseur sur la face extérieure du mur.

BETON DE LA LOMME

FICHE TECH : 3

SYSTÈME GLOBAL CONSTRUCT

LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU : EXPLICATIONS ET CALCULS

Il faut donc calculer la résistance thermique de chacun de ces composants pour connaître la courbe des températures à l'intérieur de ce mur.

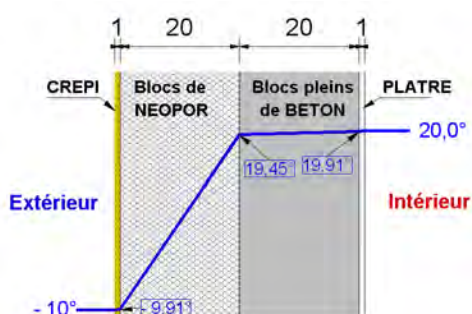
Concrètement, si un matériau est conducteur (ou avec une conductivité thermique - lambda - élevée : le béton dans notre exemple), il présentera peu de résistance au transfert des calories (résistance thermique faible).

Si au contraire un matériau est isolant (conductivité thermique - lambda - faible, tel que le Neopor), sa résistance thermique sera importante.

Ainsi, la résistance thermique R est le rapport de l'épaisseur e d'un matériau divisé par le coefficient de conductivité thermique (lambda) de ce matériau : $R = e / \lambda$

La résistance thermique totale d'une paroi est bien sûr la somme des résistances thermiques de chacun des composants de cette paroi.

Vous pouvez voir dans le tableau ci-dessus le détail du calcul pour notre exemple ; soit R plafonnage + R béton + R Neopor + R crépi = 6,59 m²K/W



N.B. : Les résistances thermiques d'échange superficiel - Ri + Re - sont négligées dans notre calcul parce qu'elles ont très peu d'incidence sur le résultat ainsi que par souci de simplicité.

Par rapport à cette résistance thermique totale (6,59 m²K/W = 100%), on peut alors déterminer la proportion que représente la résistance thermique de chaque composant du mur.

Qu'est-ce que cela veut dire, par exemple, pour le Neopor qui représente 97,88 % (6,45 par rapport à 6,59 m²K/W) de la résistance thermique totale de notre mur ?

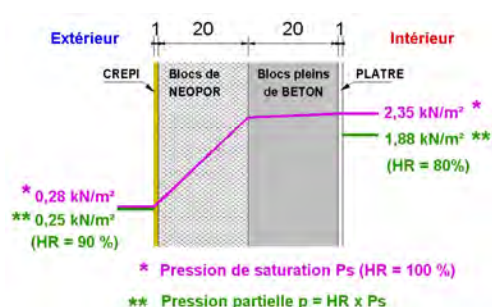
Cela signifie que 97,88% de la différence totale de température entre l'intérieur et l'extérieur du mur (rappel : 30°) se marquera à l'intérieur cette portion de mur, soit 29,36°.

De cette façon, on peut déterminer la température à l'entrée et à la sortie de chacun des composants du mur et dessiner à l'échelle la courbe des températures comme ci-contre.

Température intérieure Ti 20 degrés
Température extérieure Te -10 degrés
Ecart de température total (Ti - Te) Δ 30 degrés

Matériaux	Crépi	Neopor	Béton	Plâtre	Totaux
Epaisseur e	0,01 m	0,20 m	0,20 m	0,01 m	
Conductivité thermique λ	0,500 W/mK	0,031 W/mK	2,000 W/mK	0,500 W/mK	
Résistance thermique (e / λ) R	0,02 m ² K/W	6,45 m ² K/W	0,10 m ² K/W	0,02 m ² K/W	6,59 m²K/W
Résistance thermique proportionnelle de chaque composant du mur (par rapport à la résistance thermique totale du mur)	0,30 %	97,88 %	1,52 %	0,30 %	100,00 %
Perte de température dans chaque composant du mur	0,09 degrés	29,36 degrés	0,46 degrés	0,09 degrés	30,00 degrés

LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU : EXPLICATIONS ET CALCULS



2ème étape : Déterminer la courbe des pressions de saturation P_s dans la paroi

Pour rappel, la courbe des pressions de saturation est fonction de celle des températures.

Le diagramme de Mollier nous donne les pressions de saturation correspondant aux températures.

3ème étape : Déterminer la courbe des pressions partielles p dans la paroi

Comme expliqué plus haut, dans une paroi, les pressions partielles subies par la vapeur d'eau vont en décroissant du plus chaud au plus froid.

Ces pressions partielles seront fonction de la température et de l'humidité relative (HR) dans l'air.

La composante des températures est prise en compte par la courbe des pressions de saturation P_s (cfr 2ème étape du calcul, ci-dessus).

Les pressions partielles p seront alors proportionnelles aux pressions de saturation, en fonction de l'humidité dans l'air : $p = P_s \times HR$

Supposons des conditions défavorables avec l'exemple de mur que nous étudions :

- Du côté intérieur : Salle de bains avec une humidité relative (HR) élevée : HR = 80 %
La pression partielle de la vapeur d'eau y serait alors de 1,88 kN/m² (2,35 kN/m² x 80%).
- Du côté extérieur : Supposons également une humidité relative très élevée (Brouillard givrant) : HR = 90 %
La pression partielle y serait donc de 0,25 kN/m² (0,28 kN/m² x 90%).

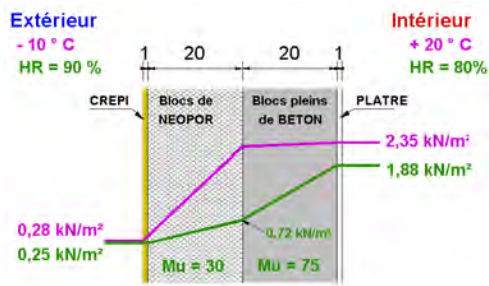
Pour rappel, le but du calcul est de savoir si la pression partielle atteint à un endroit quelconque à l'intérieur du mur la pression de saturation ; autrement dit, le but est de savoir si la vapeur d'eau condense quelque part dans le mur.

BETON DE LA LOMME

FICHE TECH : 3

SYSTÈME GLOBAL CONSTRUCT

LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU : EXPLICATIONS ET CALCULS



Vous pouvez voir dans le tableau ci-dessous le détail du calcul pour notre exemple.

La résistance totale $r't$ de la paroi à la diffusion de la vapeur d'eau est la somme des r' : 21,1 dans notre calcul.

Notons que la résistance r' du composant de mur «Blocs pleins de béton» représente seule plus de 71% de $r't$.

Grâce à cette résistance importante à la diffusion de la vapeur d'eau du mur massif en béton, la courbe des pressions partielles (en vert) s'infléchit nettement et s'écarte clairement de la courbe des pressions de saturation (en rose).

Dans notre exemple, il n'y a donc pas de point d'intersection entre la courbe des pressions de saturation et celle des pressions partielles.

Cela signifie qu'il n'y a pas de point de rosée ou condensation de la vapeur d'eau.

Pression partielle intérieure p_i	1,88 kN/m ²
Pression partielle extérieure p_e	0,25 kN/m ²
Ecart de pression sur l'épaisseur totale de la paroi ($p_i - p_e$) Δ	1,63 kN/m ²

Matériaux	Crépi	Neopor	Béton	Plâtre	Totaux
Epaisseur e	0,01 m	0,20 m	0,20 m	0,01 m	
Coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau μ	5	30	75	5	
Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau ($e \times \mu$) r'	0,05	6,00	15,00	0,05	21,10
Proportion pour chaque composant du mur par rapport à la résistance totale du mur	0,24 %	28,44 %	71,09 %	0,24 %	100,00 %
Baisse de pression partielle dans chaque composant du mur :	0,00 kN/m ²	0,46 kN/m ²	1,16 kN/m ²	0,00 kN/m ²	1,63 kN/m ²

BETON DE LA LOMME

FICHE TECH : 3

SYSTÈME GLOBAL CONSTRUCT

AVEC GLOBAL CONSTRUCT : JAMAIS DE POINT DE ROSÉE !

VÉRIFICATION DES 3 ÉPAISSEURS DE GLOBAL CONSTRUCT DANS DES CONDITIONS CLIMATIQUES EXTRÊMES

Qu'est-ce que le système Global Construct a de plus qu'un autre mur ?

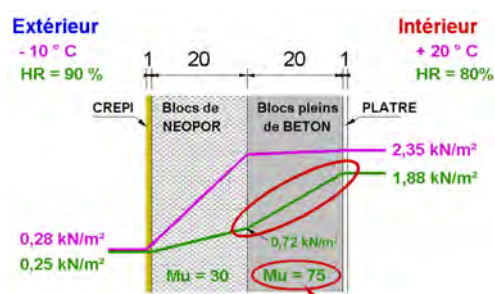
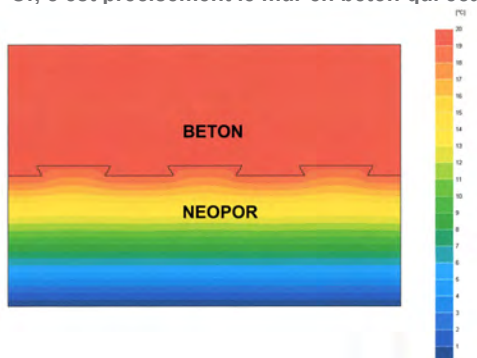
1. L'atout du Global Construct pour empêcher le point de rosée est son mur intérieur plein de béton.
2. Le Neopor est un isolant à cellules ouvertes qui permet la diffusion de la vapeur d'eau, contrairement notamment au polyuréthane qui est un isolant à cellules fermées.

Pourquoi le mur en béton est-il déterminant pour empêcher le point de rosée ?

L'explication technique et le calcul du point de rosée sont expliqués en détail dans la page précédente.

En résumé, pour éviter le point de rosée, il ne faut pas que la courbe des pressions partielles de la vapeur d'eau rejoigne à un endroit quelconque dans le mur la courbe des pressions de saturation.

Or, c'est précisément le mur en béton qui écarte ces deux courbes de pressions et les empêche de se rencontrer.



1. Du côté intérieur, la température du béton est élevée.

A une fraction de degré près, il garde la température de la pièce (20° dans les exemples que nous illustrons).

En effet, puisque le béton est un bon conducteur thermique, il présente peu de résistance au transfert des calories (voir la page «Explications et calculs» pour plus de détails).

Par conséquent, la courbe des pressions de saturation, liée aux températures, reste élevée dans le composant de mur en béton, sur toute son épaisseur.

2. La résistance à la diffusion de la vapeur d'eau du mur en béton plein est importante.

Elle représente plus de 70% de la résistance totale du mur à la diffusion de la vapeur d'eau.

Le mur en béton fait donc chuter nettement la courbe des pressions partielles.

BETON DE LA LOMME

FICHE TECH : 3

SYSTÈME GLOBAL CONSTRUCT

AVEC GLOBAL CONSTRUCT : JAMAIS DE POINT DE ROSÉE !

CONCLUSION :

Même en simulant des conditions climatiques très défavorables (différence importante de températures intérieur/extérieur et gel prononcé ; humidités relatives importantes intérieure et extérieure), le mur en béton permet clairement d'éviter d'atteindre les pressions de saturation.

A aucun endroit dans le mur Global Construct, il n'y aura condensation de la vapeur d'eau !

Vérifications des 3 épaisseurs de GLOBAL CONSTRUCT dans des conditions climatiques extrêmes.

Vérifions à présent si la conclusion se confirme pour les 3 épaisseurs de Neopor disponibles : 10 cm, 20 cm et 30 cm.

Pour nous en assurer, nous représenterons ci-dessous des conditions climatiques encore un peu plus défavorables :

- A l'intérieur : + 25° C (au lieu de 20° C) avec 80% d'humidité relative ! (possible dans une salle de bains)
- A l'extérieur : -10° C avec 90% d'humidité relative ! (gel prononcé avec brouillard givrant)

N.B. : Le diagramme de Mollier ne nous permet pas de connaître les pressions de saturation pour les températures inférieures à -10,0° C.

Quelle que soit l'épaisseur de Neopor choisie, nous pouvons clairement remarquer que les courbes de pressions partielles ne croisent jamais les courbes de pression de saturation. On n'atteint donc jamais le point de rosée.

Il va de soi que si le système Global Construct permet de supporter des conditions très défavorables sans point de rosée, nous serons forcément rassurés dans toutes les autres conditions climatiques, évidemment plus courantes et moins sévères.

Après cet examen, nous pouvons donc bien confirmer que dans tous les cas,

il n'y a jamais de condensation de la vapeur d'eau dans les murs GLOBAL CONSTRUCT.

BETON DE LA LOMME

FICHE TECH : 3

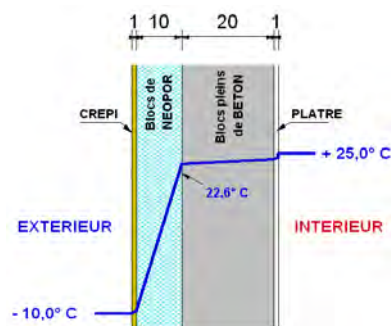
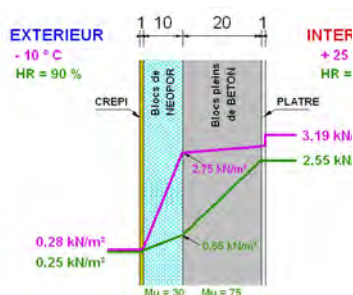
SYSTÈME GLOBAL CONSTRUCT

AVEC GLOBAL CONSTRUCT : JAMAIS DE POINT DE ROSÉE !

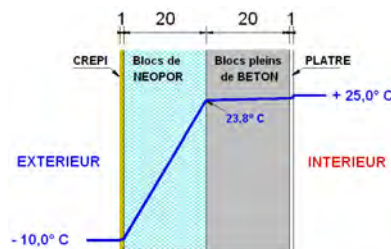
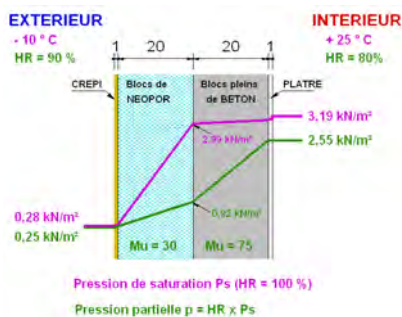
Diagrammes de températures

Diagrammes de pressions de la vapeur d'eau

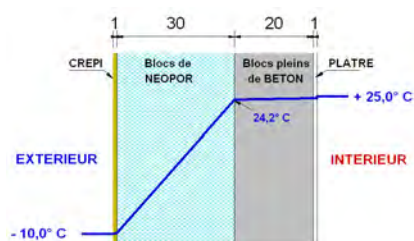
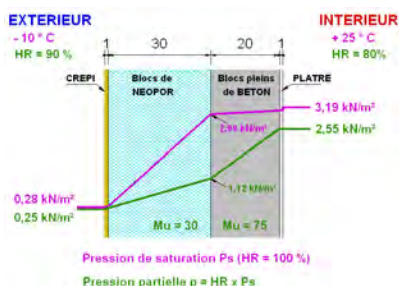
Global Construct avec Neopor 10 cm



Global Construct avec Neopor 20 cm



Global Construct avec Neopor 30 cm





CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

ETABLISSEMENT RECONNU PAR APPLICATION DE L'ARRETE-LOI DU 30 JANVIER 1947

- Station Expérimentale : B-1342 Limelette, Avenue P. Holoffe, 21 Tel : (32) 2 655 77 11 Fax : (32) 2 653 07 29
- Bureaux : B-1932 Sint-Stevens-Woluwe, Lozenberg, 7 Tel : (32) 2 716 42 11 Fax : (32) 2 725 32 12
- Siège social : B-1000 Bruxelles, rue du Lombard 42 Tél : (32) 2 502 66 90 Fax : (32) 2 502 81 80

TVA n° : BE 407.695.057

Page. : 1/2

LABORATOIRE : LMA

Matériaux de gros oeuvre et de
parachèvement

RAPPORT D'ESSAIS

N° DE, ATA, RE : DE 621 xB 076

N° Labo : LMA 4954

N° Echantillon : N-2009-11-012

DEMANDEUR: BÉTON DE LA LOMME
Parc Economique 5
B-5580 ROCHEFORT

Personnes contactées:

- Demandeur -

J.-M. Lessire, J. Riffon,
B. De Coster
W. Ranson (SECO)

- CSTC -

Y. Grégoire

Essais effectués: 'Adhérence' initiale entre élément en béton et isolant
Système 'Global Construct'

Références : Adapté de ETAG 004 §5.1.4.1.2. et §5.1.4.1.3.

Date et référence de la demande : BDC du 27/10/2008 et Fiche de prélèvement SECO n° I-1/09
Date de réception de (des) échantillon(s) : 19.02.2009
Date de l'essai : 03.2009
Date d'établissement du rapport : 11.03.2009

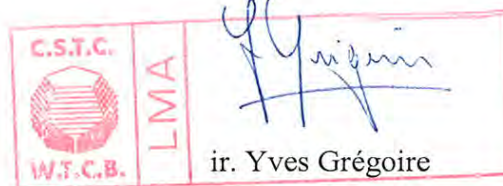
Ce rapport contient 2 pages, numérotées de 1/2 à 2/2. Il ne peut être reproduit que dans son ensemble.
Sur chaque page figurent le cachet du laboratoire (en rouge) et le paraphe du chef de laboratoire.
Les résultats et constatations ne sont valables que pour les échantillons testés.

- Pas d'échantillon
- Echantillon(s) ayant subi un essai destructif
- Echantillon(s) évacué(s) de nos laboratoires 60 jours après l'envoi du rapport, sauf demande écrite de la part du demandeur

Responsable des essais

André Delhaye

Chef de division-adjoint



ir. Yves Grégoire

Collaboration technique: -



1. ECHANTILLON

3 éléments en béton et une palette de panneaux d'isolation (système 'Global Construct') cachetés par SECO ont été livrés le 19.02.2009 à la station expérimentale de Limelette et sont inscrits sous le numéro de laboratoire LMA 4954.

2. CONSERVATION DES EPROUVETTES

A la réception, les éprouvettes sont conservées en conditions standards jusqu'au moment des essais. Sauf si indiqué autrement, les conditions standards sont 23 +/-2 °C et 50 +/-5 % HR.

3. ESSAI ET RESULTATS

3.1 ESSAIS D'ADHERENCE INITIALE – ADAPTE DE ETAG 004 § 5.1.4.1.2. ET §5.1.4.1.3.

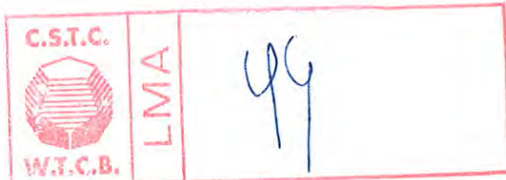
L'essai est adapté en raison de l'absence de produit de collage (ce qui caractérise ce système). 5 éprouvettes de 20 cm x 20 cm x épaisseur sont découpées des panneaux d'isolation.

20 cm correspond à l'entraxe entre les reliefs tant des panneaux d'isolation que des éléments en béton. 5 pastilles métalliques de dimensions 200 x 200 mm ont été collées avec une colle à deux composants à la surface des isolants. Après 24h, les isolants sont 'insérés' dans le relief de la surface des éléments en béton. Une traction perpendiculaire à l'éprouvette d'essai a été exercée jusqu'à l'arrachement.

3.2 RESULTATS

Pastille numéro	PLAN DE CASSURE [%]		Adhérence [N/mm ²]
	Isolant	Béton	
1	100	0	0.011
2	100	0	0.011
3	100	0	0.011
4	100	0	0.011
5	100	0	0.011
6	100	0	0.011
$\Sigma/6$	100	0	0.011

Photo d'une rupture typique :



LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU : CONCEPTIONS DE PAROIS À ÉVITER

Conceptions de murs extérieurs à éviter :

En prenant l'exemple du mur Global Construct, nous avons pu démontrer qu'on peut éviter le point de rosée :

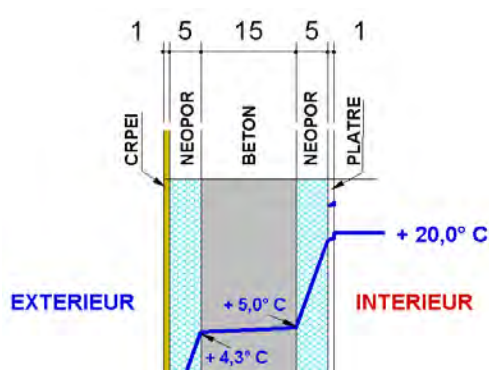
1. si le mur intérieur est un bon conducteur thermique
2. si le mur intérieur a une résistance importante à la diffusion de la vapeur d'eau (coefficient Mu).

A contrario, nous pouvons également démontrer qu'on peut provoquer le point de rosée :

1. si on isole la partie intérieure du mur
2. si on prévoit du côté intérieur un matériau avec une faible résistance à la diffusion de la vapeur d'eau.

Évitez d'isoler la face intérieure des murs extérieurs !

Pour illustrer nos propos, nous allons examiner les conséquences que peut avoir une isolation de 5 cm d'épaisseur du côté intérieur de la maison.



Notre exemple représente un mur en béton de 15 cm d'épaisseur isolé avec 5 cm de Neopor de chaque côté.

L'isolant est recouvert par un plafonnage d'1 cm du côté intérieur et par un crépi du côté extérieur.

1ère constatation à l'analyse du diagramme des températures :

La température dans le mur chute de façon très importante à l'arrière de l'isolation intérieure !

Dans notre exemple, s'il fait 20° C à l'intérieur et -10° C à l'extérieur, la température de la partie centrale en béton ne sera plus que de 5° !

Qu'est-ce que cela implique concrètement ?

Cela signifie une perte complète de l'inertie thermique du mur. L'isolation intérieure empêche clairement au mur en béton de jouer son rôle d'accumulateur pour réguler les températures et donner davantage de confort thermique.

LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU : CONCEPTIONS DE PAROIS À ÉVITER

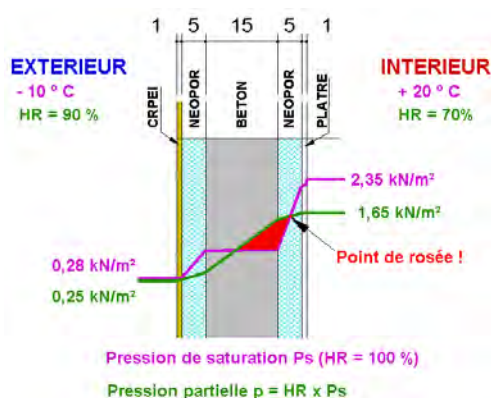
Conceptions de murs extérieurs à éviter :

2ème constatation après avoir tracé les courbes de pressions de la vapeur d'eau :

Apparition du point de rosée dans l'isolation intérieure !

Avec quelles conséquences ?

- En étant mouillée, cette isolation aura beaucoup moins de résistance thermique. Le coefficient d'isolation U réel de ce mur sera bien inférieur au coefficient théorique calculé (théoriquement, $U = 0,286 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- Risque accru d'apparition de moisissures et d'agents pathogènes. Dans notre exemple, il y aura condensation interne partout dans la zone rouge du croquis (partout où $p > P_s$).



En effet, la vapeur d'eau à une température et une humidité relative données se condense lorsque la pression partielle p devient la pression de saturation P_s pour une température plus basse, appelée point de rosée.

Voyons à présent si le fait d'isoler beaucoup plus ...du bon côté (à l'extérieur du mur cette fois !) permettrait d'éviter les problèmes décrits ci-dessus. Qu'est-ce que cela implique concrètement ?

Cela signifie une perte complète de l'inertie thermique du mur. L'isolation intérieure empêche clairement au mur en béton de jouer son rôle d'accumulateur pour réguler les températures et donner davantage de confort thermique.