Cette synthèse est tiré du blog de Yoghourt qui officie sur FUTURA SCIENCES: Lien
a voir également:
Le site Energie wallonie qui fourmille d'informations: Lien
Fil sur futura sciences: Lien

Condensation dans les murs

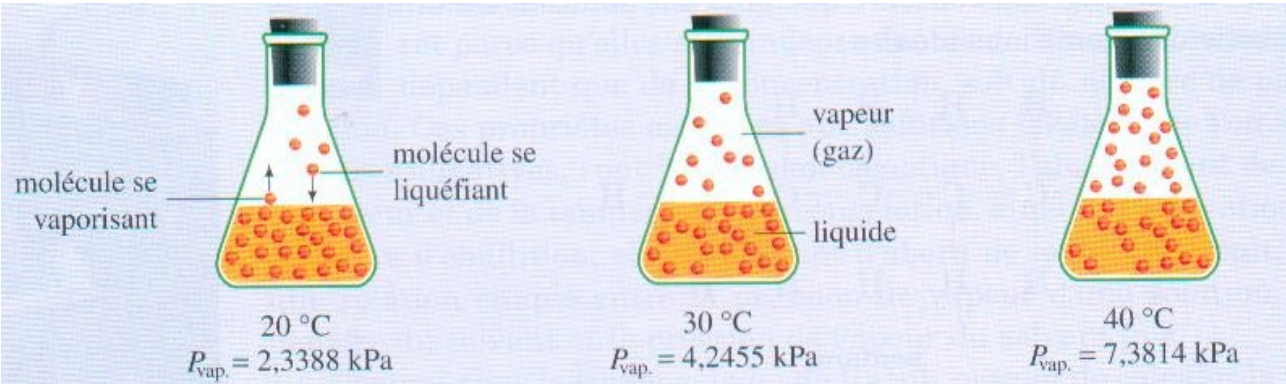
Humidité relative:
L'humidité relative compare la quantité d'eau présente dans l'air à la quantité qu'il faudrait pour saturer cet air à une température donnée.
Par exemple, si l'humidité relative est de 50 %, cela signifie que l'air contient la moitié de la quantité maximale de vapeur d'eau qu'il peut contenir. L'air est saturé lorsque l'humidité relative atteint 100 %.

Le principe de saturation et la pression de la vapeur d'eau:
La pression atmosphérique de l'air est la somme des pressions de tous les gaz qui composent l'atmosphère. Le gaz qu'est la vapeur d'eau exerce donc une partie de la pression atmosphérique totale.

Au fur et à mesure que l'eau s'évapore, on détecte une faible augmentation de la pression de l'air au-dessus de la surface de l'eau. Cette augmentation de la pression est due au mouvement des molécules d'eau qui sont ajoutées à l'air par l'évaporation. Cette fraction de la pression due à la vapeur d'eau est appelée « pression de vapeur d'eau ».

À un certain moment, il y a tellement de molécules d'eau dans l'air qui se trouve au-dessus de la surface d'eau que le nombre de molécules qui retournent à l'état liquide devient égal au nombre de molécules qui s'évaporent. On dit alors que l'air est saturé : la pression de la vapeur d'eau a atteint son maximum et n'augmente plus. Lorsque l'air est saturé, on ne peut plus y ajouter de vapeur d'eau.

Toutefois, si on chauffe l'eau encore plus, les molécules deviendront plus énergétiques et une plus grande quantité d'eau pourra s'évaporer avant que l'air ne soit saturé. Cela veut dire que, à des températures plus élevées, il doit y avoir plus de vapeur d'eau dans l'air pour que la saturation soit atteinte.



Un peu de théorie pour commencer

La vapeur d'eau (présente dans un mur) ne se crée pas ex-nihilo. Elle est là en quantité plus ou moins importante, sinon l'hygromètre indiquerait 0% d'humidité. La vapeur d'eau est "sèche" et ne pose pas spécialement de problème jusque vers 80% d'humidité (début du risque de moisissure).

A pression constante, quand la température baisse, ***l'humidité relative*** augmente jusqu'à atteindre 100%. Et là, ça condense. Voire même, si la température est suffisamment basse, ça gèle direct !

A température constante, quand la pression diminue, l'humidité relative diminue aussi. Forcément, si la pression est à 0, c'est le vide donc c'est 0% d'humidité. Mais on imagine bien qu'un air complètement sec est à 0% d'humidité quel que soit la pression atmosphérique. Alors où est l'erreur? Y'en a pas: en fait, ce n'est pas tant la pression atmosphérique qui va nous intéresser, mais ***la pression de vapeur***.
C'est la pression qu'il ferait si on ne gardait que la vapeur d'eau et qu'on virait tout le reste. C'est une "pression partielle".
A 10°C, on trouve au maximum 2 gouttes d'eau par m3 d'air. Autant dire pas grand chose.
Imaginons qu'il fait -5°C le soir et "normalement humide" (hygr 80%). L'air va refroidir pendant la nuit. L'humidité relative va augmenter, mais ne peut pas dépasser 100%. Il restera alors dans l'air l'équivalent de 2 gouttes d'eau par m3, et le reste terminera en givre dans le jardin et sur le pare-brise...
Si on réchauffe un air à 80% d'humidité de -10°C à 20°C, son humidité relative chute à moins de 10%! C'est, je pense, une des raisons pour lesquelles on trouve l'hiver froid et sec.
pourquoi <u>toute</u> la vapeur d'eau ne "tombe" pas par terre sous forme de glace par grand froid?
Pour la même raison que <u>toute</u> la vapeur d'eau ne "tombe" pas par terre sous forme de flaque à température ambiante. Dans les 2 cas, une partie reste dans l'air, mais pas assez pour qu'il y ait changement d'état.

<u>Revenons à des choses plus concrètes</u>

Dans un mur qui peut laisser passer la vapeur d'eau, la pression de vapeur cherche à s'équilibrer à la fois côté intérieur et côté extérieur.

En hiver, l'air extérieur peut être très humide (genre 80%) en plus d'être très très froid (genre -10°C). Il en résulte une pression de vapeur Pvext très basse.

L'air intérieur est normalement humide (disons 50%) et bien chaud. Il en résulte une pression de vapeur Pvint assez haute.
Que va faire la vapeur pour atteindre l'équilibre des pressions? Et bien elle va tout simplement aller des zones de surpression (intérieur) vers les zones de dépression (extérieur).
On assiste donc à de la vapeur qui migre. Lors de sa migration, la température descend, donc l'humidité relative augmente. Mais elle voit aussi sa pression chuter, donc l'humidité relative diminue.
Elle diminue ou elle augmente, cette satanée humidité relative?
Ben, ça dépend de quel effet est le plus fort. Et ça, ça dépend de la composition de la paroi.

Dans un mur isolé par l'intérieur sans pare-vapeur, c'est la température qui gagne et ça condense. L'endroit exact où ça condense dans la paroi, c'est le point de rosée.

La parade usuelle est le pare-vapeur (ci-dessous).

Il existe une alternative inhabituelle et peu documentée: assécher le mur côté intérieur par transpiration (migration par capillarité de l'eau condensée et évaporation en surface). Comme pour le pare-vapeur, l'excédent d'humidité nécessite d'être évacué par ventilation. Toutefois, le débit nécessaire est un peu plus faible que pour la stratégie du pare-vapeur.

Le pare-vapeur sert à faire chuter d'un coup la pression de vapeur. Mais pour que ça marche, il faut

qu'il soit posé là où la pression est forte (côté chaud) et de façon étanche (sinon la vapeur se rue par les fuites du barrage, donc exit la chute brutale de pression de vapeur).

Pour maintenir une hygrométrie en dessous de 80%, il faut alors ventiler fortement, jusqu'à renouveler complètement l'air de la maison toutes les heures.

Dans un mur isolé par l'extérieur, c'est la pression qui gagne et ça condense pas d'un poil.

Dans les combles ou dans un mur à isolation répartie, c'est le statu quo. Selon la composition de la paroi, c'est l'un ou l'autre qui gagne. Pour favoriser l'effet pression et ainsi garder la paroi sèche, il faut faciliter progressivement le chemin au flux de vapeur depuis l'intérieur vers l'extérieur.

La figure à gauche représente un mur homogène sans barrière de vapeur. Exemple: MOB avec bardage -> pas de condensation.

Un crépi ciment ou plastique sur de la brique monomur se comporte comme un pare-vapeur posé côté extérieur. Il y a inévitablement condensation entre brique et crépi. Dans 5 à 10 ans, beaucoup de maisons en monomur auront fort probablement des façades pourries d'humidité, et des performances thermiques en conséquence. Un crépi hautement perméable à la vapeur d'eau évite ce problème.

Note: quand on peut faire une paroi sans pare-vapeur, faut pas s'en priver !

Pare-pluie et pare-vapeur

Ecran de sous-toiture ou écran de sous-couverture: pare-pluie plus spécifiquement pour le toit

Un écran de sous toiture est étanche à l'eau et perméable à la vapeur d'eau. Il sert à protéger l'isolant en cas de fuite et fait aussi office de pare vent. Il est placé sur les chevrons, sous le contrelattage qui porte les liteaux.
L'écran de sous toiture est généralement un matériau composite triple couche, dont deux sont en polypropylène non tissé et la troisième en polypropylène microporeuse. (Cette composition peut varier d'un fabricant à l'autre)
un écran de sous toiture est étanche à l'eau et perméable à la vapeur d'eau et le terme HPV veut dire Haute Perméabilité à la Vapeur d'eau.
Comme déjà écrit aussi, l'écran de sous toiture est sous la toiture, donc il ne faut surtout pas qu'il soit pare vapeur.

L'écran de sous toiture, comme son nom l'indique se place SUR les chevrons et dessus vous avez les contrelattes et les liteaux.
La sous face des tuiles doit être ventilée par une lame d'air de 4 cm (ou 6cm pour les rampant de plus de 12m)

Pare-pluie: couche d'étanchéité à l'eau de pluie. Disons le tout de suite: ce n'est pas la même fonction qu'un pare-vapeur, ni les mêmes matériaux. Cela peut prendre la forme d'un film ou de panneaux bouvetés. En toiture et en isolation extérieure avec finition bardage, le pare-pluie n'est pas une obligation légale. Pour les murs, cela dépend complètement du système constructif: il peut être obligatoire en MOB avec contreventement extérieur (cf DTU 31.2 sections 2.4.3 et 10.1.4), et complètement inutile dans le cas d'un mur maçonné et finition enduit.
Au-delà des aspects légaux français, il est fortement conseillé d'en mettre un en toiture classique (petits éléments : tuile, ardoise, ...), et en mur/isolation extérieure dès qu'il y a une lame d'air

ventilée (par exemple dans le cas d'une finition en bardage). *La lame d'air ventilée côté extérieur est nécessaire et obligatoire* dès lors qu'on pose un pare-pluie, ne serait-ce parce qu'il faut bien que l'eau s'écoule quelque part! Le pare-pluie permet de parfaire l'étanchéité à l'eau à peu de frais: une tuile peut casser, la pluie "horizontale" ça arrive, les infiltrations de neige itou. Cela permet aussi de parfaire l'étanchéité à l'air côté extérieur (à ne pas négliger en isolation extérieure)
Un pare-pluie peut ou non laisser passer la vapeur d'eau. Cette caractéristique est exprimée par Sd. S'il est plutôt étanche à la diffusion de vapeur d'eau, la pose doit être adaptée en conséquence afin de limiter et gérer l'inévitable condensation côté intérieur du pare-pluie. C'est généralement réalisé par une lame d'air ventilée côté intérieur du pare-pluie, ce qui fait qu'on perd l'étanchéité à l'air tout en ajoutant deux points de faiblesse à gérer par ailleurs: ménager entrée et sortie de cet air ventilé tout en préservant l'étanchéité à la pluie. Cette 2e lame d'air peut être évitée en utilisant un pare-pluie suffisamment perspirant.

Pare-pluie HPV :
pare-pluie "hautement perméable à la vapeur d'eau", caractérisé par un Sd <= 0,1m. Il se pose sans 2e lame d'air sous-face du pare-pluie (= côté intérieur). Gain de temps de pose, de place, meilleur confinement de l'isolant donc meilleure isolation, meilleur transfert de vapeur d'eau. Selon le système constructif et le climat, on peut avoir besoin (ou avoir envie) de mettre en oeuvre un pare-pluie extrèmement ouvert avec un Sd inférieur à 0.02m.

Pare- vapeur:
Toutes les matières sont plus ou moins perméables à la vapeur.
Sous l'influence de la différence de pression de vapeur d'eau des deux côtés d'une paroi, la vapeur a tendance à vouloir migrer par diffusion à travers celle-ci.
Pour éviter les phénomènes de condensation interne, il est parfois nécessaire de placer du côté chaud de l'isolant d'une paroi, une couche de matériau relativement étanche à la vapeur d'eau.
Cette couche de matériau est appelée "écran pare-vapeur".

Le pare-vapeur remplit les fonctions suivantes :

- Éviter une condensation excessive.
- Empêcher, dans l'isolant thermique, l'absorption d'eau par capillarité en provenance des éléments de construction contigus.
- Assurer l'étanchéité provisoire à l'eau de pluie lors de la construction.
- Assurer l'étanchéité à l'air.

Un pare vapeur, comme son nom l'indique, est étanche à la vapeur d'eau et se place toujours du coté chaud, donc à l'intérieur et sert à empêcher la vapeur d'eau de pénétrer dans l'isolant et de s'y condenser.
La vapeur d'eau étant à l'intérieure de la maison (une famille en produit entre15 et 20 litres par jour) le pare vapeur doit donc être toujours du coté intérieur, justement (comme déjà écrit aussi) pour éviter que la vapeur d'eau n'aille se condenser dans l'isolant.

Le pare vapeur se place entre l'isolation et la plaque de plâtre intérieure.

Inertie

Pour comprendre ce qu'est ou n'est pas l'inertie, il faut d'abord comprendre quelques notions de bases. Les fainéants et les over-pressés peuvent se contenter de lire les commentaires en bleu.

Isolation thermique

Un matériau limite les transferts de chaleur, grâce à sa résistance thermique Rth.
Rth = épaisseur/lambda (lambda étant la conductivité thermique du matériau)
Les isolants usuels conduisent très mal la chaleur: lambda~0.04 W/m/°C.
Exemple: ouate de cellulose, fibre de bois, liège, perlite, vermiculite, laines minérales, etc.

Une isolation rapportée de 12cm de fibre de bois faible densité donne Rth = 0.12/0.04 = 3 m².°C/W
Un mur porteur de 45cm de béton caverneux aura une résistance thermique de Rth = 0.45/1.2 = 0.38 m².°C/W
Ca veut dire que quand 5W de chaleur passe au travers 1m² d'isolant, il passe 5*3/0.38 = 40W par le mur porteur!

Pour comparaison, 5W c'est la veille de la télé, et 40W c'est une ampoule électrique. **Laisseriez-vous 200 télés et autres appareils électriques inutilement en veille dans la maison? Non? Alors aucune raison de laisser 200 ampoules allumées! ISOLEZ!**
Au fait, pourquoi 200? Pour 200m² de murs d'enceintes, ce qui est un chiffre très réaliste pour une maison individuelle.

Rappel: le métal n'est pas un isolant, bien au contraire (acier: lambda=60, aluminium: lambda=200).
Utiliser des suspentes et rails métalliques pour une isolation rapportée, c'est une aberration. Une perte sèche sur les performances de 30%.

"Masse thermique"

Un mêtre-cube de matériau stocke et restitue de l'énergie thermique via sa capacité thermique S.

S = rho*c

rho est la densité du matériau

c est la chaleur spécifique du matériau, c'est à dire la quantité d'énergie (en joules=Watt * seconde) qu'il faut pour augmenter de 1°C la température de 1kg du matériau.

Les "masses thermiques" usuelles sont capables de stocker beaucoup de chaleur sans qu'on ait besoin d'atteindre des températures indécentes. Exemple: l'eau, la pierre, le béton.

Un m3, c'est bien, mais on est plutôt intéressé par la capacité thermique "surfacique", c'est à dire par m² de matériau posé:

Cth = S*e

Les 12cm de fibre de bois 40kg/m3 ont une capacité thermique surfacique de Cth = 0.12* 40*2100/3600 = 0.003 kWh/m²/°C

Et les 45cm de béton: Cth = 0.45 * 2000*871/3600 = 0.22 kWh/m²/°C, soit donc 75x plus que notre isolant!

Les rolls des isolants pour le Cth (liège en panneaux et fibre de bois 170kg/m3) plafonnent lamentablement à 0.006 et 0.011 kWh/m²/°C.

TOUS les isolants usuels ont une capacité thermique faiblarde, par comparaison avec la brique ou le béton.

Faisons quelques autres petits calculs:

- 2.8Wh/m²/°C * 200m² = 0.56 kWh / °C
- 218Wh/m²/°C * 3m*2.5m = 1.6 kWh / °C

Un simple mur de refend bien épais de 3m de long retient donc la température 3x mieux que l'isolant de tous les murs.

La conclusion est évidente: **pour réguler la température intérieure, misez sur la maçonnerie DANS la maison plutôt que l'isolation intérieure (contrairement à ce que prônent certains vendeurs). Vive la fraîcheur sans clim!!!**

Petit exercice pour les petits malins qui estiment que le placo ou le fermacell va apporter une super masse thermique. Faites donc le calcul: capacité thermique aussi faiblarde que l'isolant.

Déphasage et amortissement

En fonction de son pouvoir isolant (lambda) et de son pouvoir de stockage (S), la chaleur diffuse plus ou moins bien dans le matériau. Autrement dit, une vague de chaud ou de froid d'un côté du matériau mettra +/- de temps à le traverser (déphasage), et sera atténuée au passage (amortissement).

diffusivité-- = déphasage++ = amortissement++

Pour les matheux et les physiciens:
diffusivité = lambda/S (Elle est en en m²/h si S en Wh/m3/°C)
célérité = 0,725*sqrt(diffusivité)
C'est une vitesse de propagation en m/h

déphasage = épaisseur/célérité
amortissement = exp(-épaisseur*sqrt(2.pi/24/diffusivité))
Le déphasage est en heures, l'amortissement sans unité. Les puristes peuvent le passer en dB si ça les chante ;)

En fait, je n'ai pas vraiment dit ce qu'est l'amortissement. Imaginez une onde de chaleur avec les températures extrèmes Tmin et Tmax. De l'autre côté du matériau, on constatera un écart de température de (Tmin-Tmax)*amortissement. C'est bête comme chou.

Exemples: déphasage 4h pour ma fibre de bois, et 12h30 pour mon béton caverneux!!!
Ah ben ça veut donc bien dire que plus c'est dense et plus ça déphase, non? NON. Si je passe à 45cm de fibre de bois, le déphasage monte à 15h30.
Le champion du déphasage, c'est le bois massif. 45cm -> de bois plein déphasent de folie: 31h30!!! Et pourtant c'est un isolant peu performant et une piètre masse thermique.

Pour une épaisseur donnée, ce qui détermine le déphasage n'est pas seulement la densité (rho), ni le pouvoir isolant (lambda), ni la chaleur spécifique (c ou Cp), ni même la capacité thermique (S). C'est la diffusivité, qui est un mélange de tout ça.

Alors, c'est quoi l'inertie thermique?

Tout d'abord, ce n'est pas la densité (rien à voir avec la chaleur). Riez au nez des gens qui vous disent ça, parce que moi j'en ai marre de le rabacher.

En fait, l'inertie sera la capacité thermique ou le déphasage selon de quoi on parle. Aïe, c'est là que c'est pas pratique!

Imaginons un isolant qui n'a aucune capacité thermique. Une lame d'air fera très bien l'affaire pour ça. La chaleur se diffuse à vitesse grand V dans cet isolant. Si bien qu'en été ou en hiver, la moindre différence de température se traduit par une variation du flux de chaleur.

En été, si on n'a pas de moyen de pomper cette chaleur, elle va s'accumuler et la température va finir par monter.
2 solutions:
- atténuer et retarder la chaleur jusqu'au moment où on pourra l'évacuer facilement (la nuit) -> amortissement et déphasage
- pomper la chaleur pour réguler la température: capacité thermique.
Vu la capacité thermique plutôt faiblarde des isolants, on va donc miser principalement sur le déphasage et l'ajout de matériaux à forte capacité thermique pour réguler (genre dalle en béton ou mur de refend en pierre).

En hiver, on a des radiateurs pour fournir la chaleur et maintenir la température. Quand il y a du soleil, le radiateur sera tranquilou voire éteint. En pleine nuit bien froide, il turbinera pour compenser. C'est du on/off, pas très agréable, pas très efficace pour la chaudière.
2 solutions:
- atténuer et retarder la baisse de température de la nuit jusqu'au jour suivant
- stocker la chaleur quand le radiateur est "on" et la relarguer quand il est "off".
Encore une fois, c'est plutôt le déphasage qui va être intéressant pour le choix de l'isolant. La capacité thermique sera un plus, mais n'aura jamais autant d'impact que la maçonnerie intérieure (béton ou brique pleine ou brique de terre crue).

Conclusion:
- <u>l'inertie de l'isolant</u>, c'est sa capacité à ne pas diffuser la chaleur trop vite. Ca se "mesure" avec le déphasage. Et c'est bien pratique été comme hiver.
- <u>l'inertie d'une maison</u>, c'est sa régulation naturelle: des matériaux stockeurs de chaleur entourés/protégés par de l'isolant. C'est crucial en été **et bien pratique en hiver. Ca se "mesure" avec la capacité thermique à l'intérieur du volume isolé.**