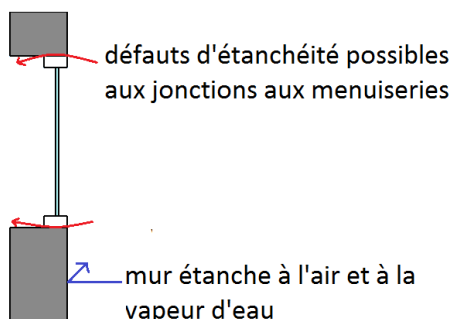


Les spécificités des murs modernes

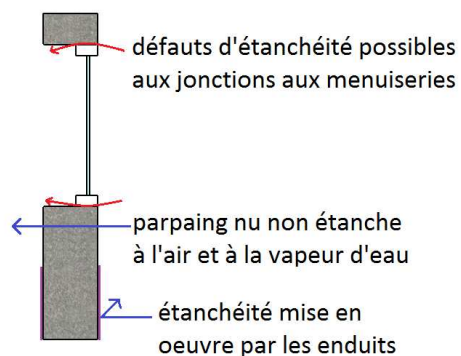
On trouve dans les constructions modernes trois types constructifs différents :

Mur en béton plein



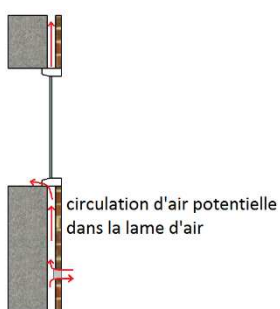
Ces murs sont caractérisés par une très forte étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau, qui peut occasionner des problématiques de condensation en cas de mauvaise gestion de la vapeur d'eau.

Mur en parpaing



Les murs en parpaing ne sont pas étanches à l'air. L'étanchéité est mise en œuvre par les enduits et revêtement extérieur et intérieur. Une attention particulière devra donc être apportée à ce point en cas d'isolation thermique par l'intérieur de ce type de mur.

Mur en parpaing + doublage brique intérieur



Il existe souvent une circulation d'air dans la lame d'air qui peut créer des courants d'air intempestifs vers la maison, notamment aux passages des prises électriques.

Contrairement aux murs anciens, les murs modernes ne possèdent pas de capacité de capillarité et sont souvent montés sur une barrière de remontées capillaires. Les matériaux d'enduits utilisés sont souvent à base de ciment ce qui les rend également fermés au transit d'humidité. La gestion de la vapeur d'eau produite dans la maison et qui tend à vouloir s'évacuer vers l'extérieur en traversant les parois ne pourra donc pas se traiter au niveau de la maçonnerie elle-même, contrairement aux murs anciens. Ici on travaillera plutôt à stopper ou freiner fortement l'entrée de vapeur d'eau dans l'isolant en hiver et à permettre son séchage par l'intérieur en été.

Pour comprendre ces fonctionnements thermiques et hygrométriques et appréhender les solutions d'isolation possibles, nous définissons les valeurs suivantes :

Définitions, critères techniques

La conductivité thermique λ (W/m.K) : détermine la capacité d'un matériau à transmettre la chaleur. Plus le λ (lambda) est faible, plus le matériau a un pouvoir isolant fort. C'est une valeur intrinsèque du matériau, sans prise en compte de son épaisseur.

On considère qu'un matériau est isolant quand son λ est inférieur à 0.05 W/m.K. La majeure partie des isolants ont un λ compris entre 0.032 et 0.042 W/m.K

Résistance thermique R (m².K/W) : détermine la capacité d'isolation du matériau ou de la paroi. Plus le R est grand, meilleure est l'isolation.

$$R \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)} = \frac{e \text{ [m]}}{\lambda \text{ [W/m.K]}}$$

Où « e » est l'épaisseur (en mètre) et λ la conductivité thermique du matériau (en W/m.K)

Par exemple, pour une laine de verre ou une laine de bois de $\lambda = 0.038$ W/m.K et d'épaisseur 14 cm, la résistance thermique sera de : $0.14/0.038 = 3.7$ m².K/W

La densité : la densité définit la masse contenue dans un certain volume du matériau, elle est mesurée en kg/m³. Plus un matériau a une densité élevée, plus il sera « lourd ». Une densité élevée aura une influence sur la stabilité et la durabilité de l'isolant en réduisant notamment les risques de tassement. Elle augmentera aussi l'inertie et le déphasage thermique de la paroi ce qui aura une influence sur le confort thermique en réduisant les variations de température au cours de la journée. Cela permettra également d'éviter les montées en température les jours de fortes chaleurs en été.

Déphasage thermique :

Le déphasage thermique est lié à la masse des murs maçonnés, qui est responsable d'une forte inertie et joue un rôle important dans le confort thermique tout au long de l'année :

En hiver :

Une forte masse thermique des murs stocke la chaleur produite dans la maison (matériel électrique, apports de chaleur solaires, chauffage), puis la restitue petit à petit, ce qui permet de réduire les variations de températures au cours de la journée. Le confort des habitants est ainsi accru par la conservation d'une température moyenne homogène dans le logement.

En été :

Les maisons à forte inertie restent fraîches en été. Les apports solaires de chaleur sont captés et stockés dans la masse des murs en journée puis évacués par la ventilation mécanique ou naturelle pendant la nuit ce qui réduit les augmentations de température.

Toutefois, on notera que l'isolation par l'intérieur ne permet pas la valorisation de l'inertie des murs, contrairement à l'isolation par l'extérieur qui en amplifie même les bénéfices.

Pour augmenter l'inertie thermique et donc améliorer le confort thermique, on pourra donc faire le choix d'utiliser des matériaux isolants ainsi que des revêtements intérieurs plus denses.

Perspiration : la perspiration définit la capacité d'un matériau à transporter de l'eau sous forme de vapeur d'eau. Cette vapeur est créée continuellement à l'intérieur de la maison par la respiration, les activités dans les pièces humides (cuisine, salle de bains)... En hiver, le différentiel de température entre l'intérieur, plus chaud, et l'extérieur, plus froid, crée une différence de pression qui pousse la vapeur d'eau vers l'extérieur.

Plus un matériau est ouvert au passage de vapeur d'eau, plus il est perspirant.

Lorsque l'on travaille sur un mur perspirant (un mur ancien par exemple), il convient de tenir compte de ce transfert d'humidité naturel et de choisir des matériaux d'isolation également perspirants afin de respecter le fonctionnement hygrométrique naturel du mur.

Les propriétés de perspiration des matériaux (notamment les matériaux d'isolation et les membranes d'étanchéité à l'air) sont définies par deux valeurs :

Coefficient de résistance à la vapeur d'eau μ (sans unité) : capacité du matériau à laisser se diffuser la vapeur d'eau. Le μ définit un matériau sans prendre en compte son épaisseur. Plus μ est faible, meilleure sera la diffusion. On peut ici introduire la notion de perspiration : plus un matériau est ouvert au passage de vapeur d'eau, plus il est perspirant.

Par exemples :

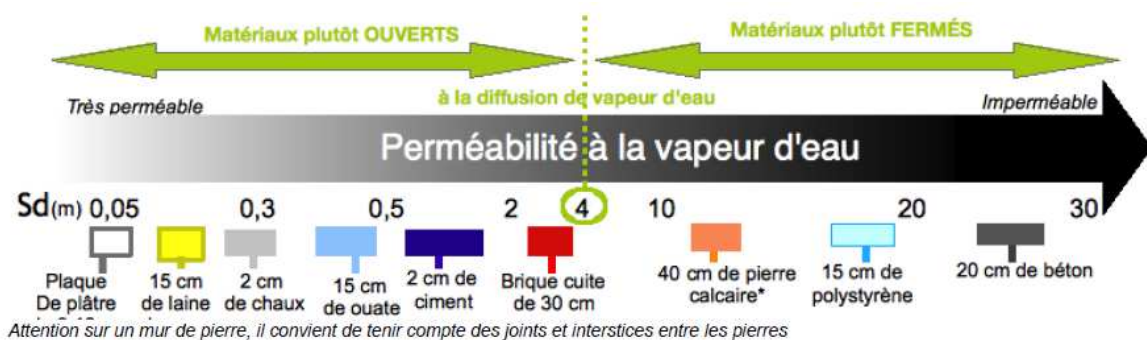
Un mur en béton banché a un μ de 105

Un enduit chaux a un μ de 7

L'équivalent épaisseur lame d'air S_d (m) : contrairement au μ , le S_d définit la perspiration d'un matériau en prenant en compte son épaisseur. Plus S_d est faible, plus la perspiration est élevée. Par exemple, une membrane dont le S_d est de 5 m signifie que cette membrane exerce la même résistance à la diffusion de vapeur d'eau qu'une lame d'air immobile de 5 m d'épaisseur. Vous trouverez plus d'informations sur cette valeur S_d dans la fiche pratique n°19 « Humidité dans le bâtiment »

$$S_d = \mu \times \text{épaisseur (m)}$$

Le S_d est souvent indiqué pour quantifier la perspiration des membranes d'étanchéité appliquées en isolation par l'intérieur tels que les frein-vapeur ($S_d < 10$ m), pare-vapeur ($S_d > 10$ m) ou encore les pare-pluie HPV (Haute Perméance à la Vapeur) ($S_d < 0.2$ m) utilisés en isolation par l'extérieur.



Membrane d'étanchéité pare-vapeur ou frein-vapeur :

Une membrane d'étanchéité à l'air doit être posée sur la face interne de l'isolant, du côté de l'espace chauffé. Elle a 2 rôles clés :

- L'étanchéité à l'air du volume chauffé afin de limiter les déperditions thermiques par les courants d'air parasites.
- La régulation de la migration de vapeur d'eau provenant de l'intérieur de la maison et transitant à travers les parois.

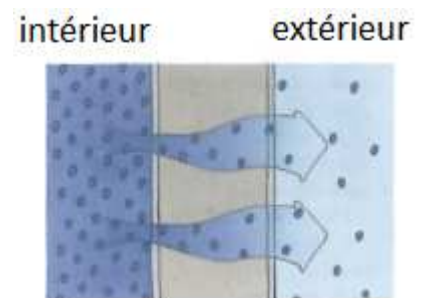
Les différents types de membranes existants sont officiellement définies sous le terme général de « pare-vapeur », toutefois plusieurs technologies existent et peuvent être dissociées :

Membranes pare-vapeur :

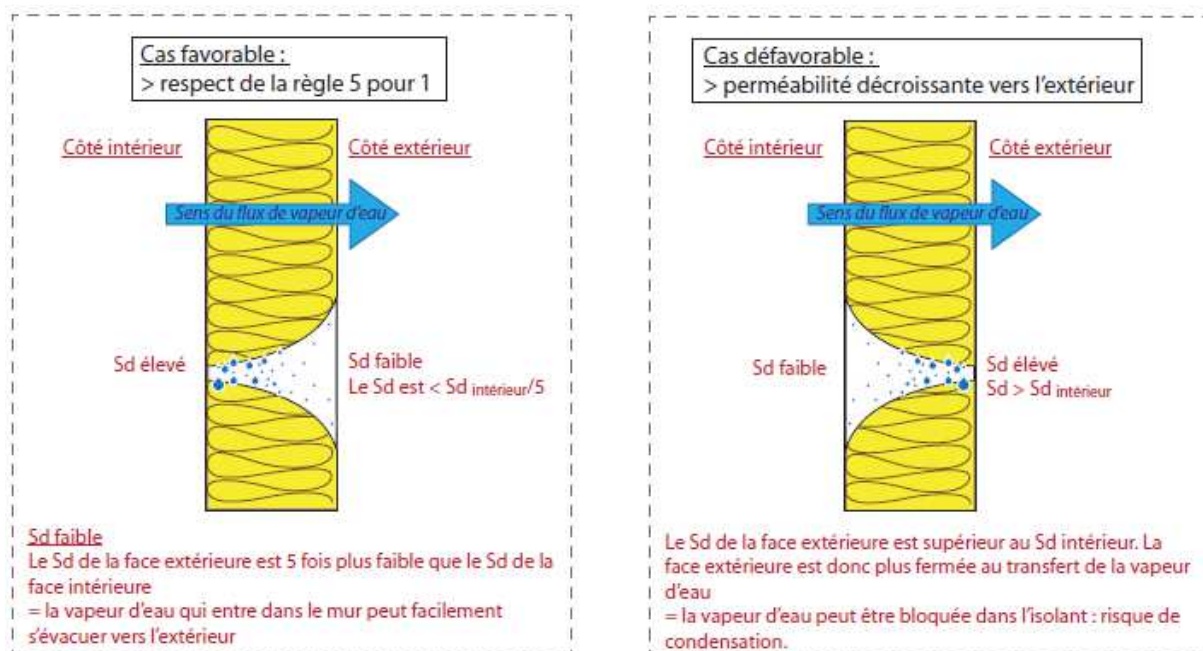
Les membranes pare-vapeur sont des membranes très fermées à la diffusion de vapeur d'eau. Elles ont pour rôle de protéger l'isolant de l'entrée de vapeur d'eau provenant de l'intérieur de la maison. Elles sont généralement définies par un $S_d > 10$ m. Cette forte résistance au passage de la vapeur d'eau peut toutefois représenter un danger en cas de défauts ponctuels de jonction de membrane, car la vapeur tendra alors à se concentrer en ces points, entraînant des risques de condensation localisée. Une attention particulière devra donc être portée à la bonne mise en œuvre de l'étanchéité de ce type de membrane.

Membranes frein-vapeur :

Les membranes frein-vapeur peuvent être définies par un $S_d < 10$ m, elles sont donc moins fermées à la diffusion de la vapeur d'eau. Elles ont pour rôle de réguler le passage de vapeur de manière à limiter l'humidité présente dans la paroi à ce qu'elle peut laisser transiter et évacuer vers l'extérieur. Cette quantité de vapeur limitée et maîtrisée transitera de manière diffuse sur l'ensemble de la surface de la membrane, ce qui évitera le risque de concentration de vapeur d'eau aux défauts de jonction de membrane. La vapeur pourra ensuite s'évacuer vers l'extérieur à condition de s'assurer d'avoir coté extérieur des membranes ou revêtements extérieurs très ouverts à la vapeur d'eau.



On peut introduire ici la règle de 5/1 : pour permettre à la vapeur d'eau éventuellement présente à l'intérieur d'une paroi de pouvoir s'évacuer, on considère que l'extérieur de la paroi doit être 5 fois plus perméable à la vapeur d'eau que l'intérieur, et que les différents matériaux constituant la paroi de l'intérieur vers l'extérieur doivent être de plus en plus ouverts à la diffusion de la vapeur d'eau.



Toutefois les murs modernes, qu'ils soient en béton plein ou en parpaings avec enduits ciment, ne permettent pas à la vapeur d'eau de s'évacuer vers l'extérieur de la paroi. Les membranes frein-vapeur peuvent donc être peu adaptées.

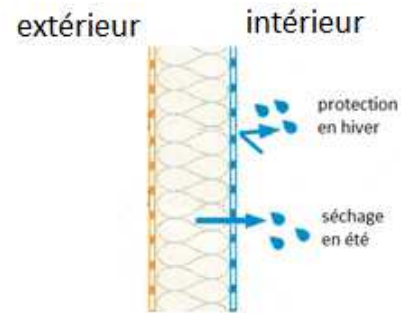
Il existe pour ce type de paroi des membranes spécifiques nommées frein-vapeur hydrovariable :

Membranes frein-vapeur hydrovariable :

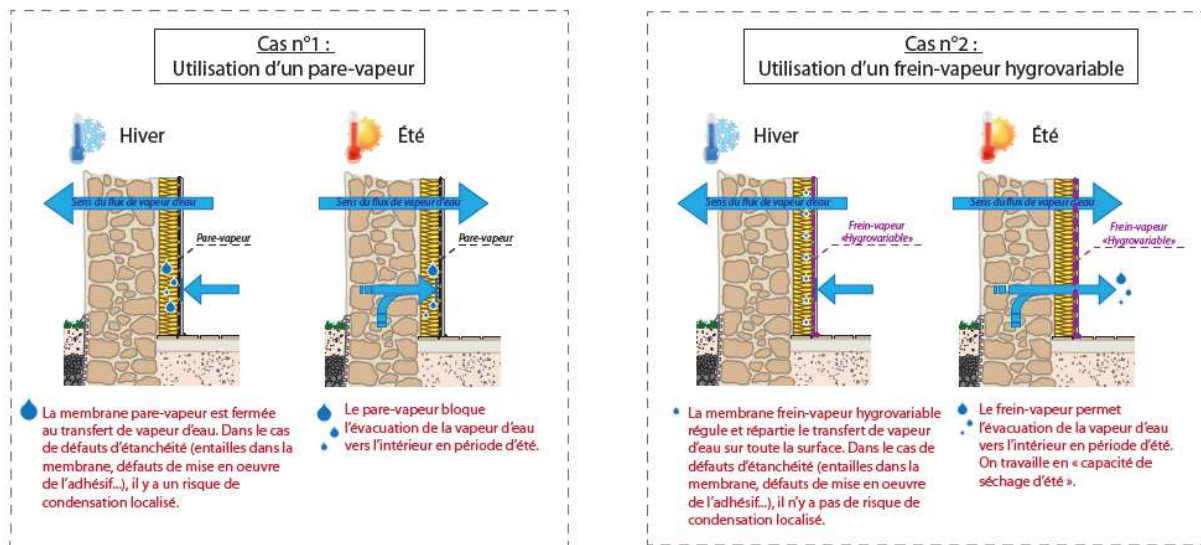
Son fonctionnement prend en compte les modifications de flux de vapeur d'eau en fonction des saisons :

En hiver, l'intérieur de la maison étant plus chaud que l'extérieur, la vapeur transite de l'intérieur vers l'extérieur. Le frein-vapeur hydrovariable aura alors une valeur Sd élevée pour freiner l'entrée de vapeur d'eau dans l'isolant.

En été, l'extérieur est plus chaud que l'intérieur, le flux de vapeur d'eau s'inverse donc : la vapeur transite de l'extérieur vers l'intérieur. Le Sd du frein-vapeur hydrovariable diminuera alors pour permettre à l'isolant d'évacuer la vapeur d'eau vers l'intérieur de la maison. On dit alors qu'on travaille en « capacité de séchage d'été ». C'est ensuite le système de ventilation qui permettra d'évacuer la vapeur d'eau vers l'extérieur.



Cette membrane est celle qui apporte le plus de garantie quant à la gestion de la vapeur d'eau dans le cas de l'isolation par l'intérieur d'un mur dont la constitution le rend fermé à la diffusion de la vapeur d'eau.



Etat des lieux, rénovation

La première étape essentielle d'un projet d'isolation thermique est d'étudier les murs existants et de traiter les éventuels défauts structurels et problèmes d'humidité. Il faudra également s'assurer de choisir les bonnes solutions pour ne pas risquer de dégradations du bâti liées aux travaux.

Les éléments suivants devront notamment être pris en compte :

- Quel est le type de maçonnerie ?
- Au niveau structurel, le mur présente-t-il des fissures qui doivent être traitées en amont des travaux d'isolation ?
- Le mur présente-t-il des traces d'humidité ?
- Un système de VMC est-il existant et en bon fonctionnement dans la maison ?

Pour en savoir plus sur ces problématiques d'humidité dans les parois, vous pouvez consulter la fiche pratique n°19 « Humidité dans le bâtiment ».

Les différentes techniques d'isolation par l'intérieur

Mur en béton plein et mur en parpaing enduit ciment

Un mur en béton plein est complètement fermé au transfert de vapeur d'eau. Dans le cas où de la vapeur transite dans l'isolant, cela peut créer un phénomène de condensation au niveau de la jonction au mur en béton, car ce dernier sera plus froid que l'ambiance intérieure de la maison.

Il conviendra donc de mettre en œuvre l'une des trois solutions suivantes :

Isolation par panneaux denses synthétiques type polystyrène ou polyuréthane

Utilisation d'un matériau également fermé à la vapeur d'eau et imputrescible, type polystyrène ou polyuréthane.

Ces panneaux peuvent être fixés directement au mur. Certains sont munis d'une plaque de Placoplatre ou autre revêtement intérieur ce qui permet de faire le parement intérieur dans le même temps.



L'inconvénient de cette solution est qu'elle ne permet pas de faire passer des câbles électriques ni d'autres réseaux.

Toutefois, si ces matériaux sont effectivement adaptés à l'isolation d'un mur en béton, ils présentent l'inconvénient de nécessiter beaucoup d'énergie à leur fabrication et d'être issus du pétrole, un matériau dont la ressource sur la planète diminue et dont l'utilisation a un impact environnemental fort.

Il peut alors être fait le choix de plutôt utiliser un isolant fibreux minéral ou végétal.

Il est alors nécessaire de protéger l'isolant de la vapeur d'eau car cette dernière ne pourra pas s'évacuer vers l'extérieur du fait du mur en béton plein.

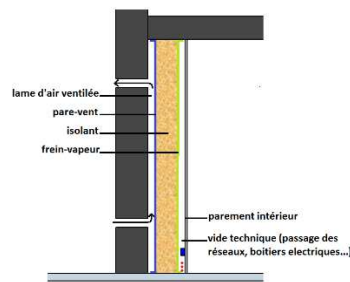
Comme vu plus haut dans la partie définition, la membrane qui présentera le plus de garantie en termes de gestion de vapeur d'eau dans ce cas sera le frein-vapeur hygrovARIABLE.

Isolants fibreux, stratégie du pare-vapeur

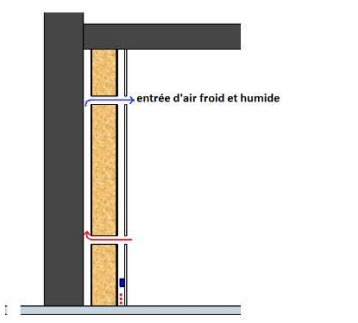
Il existe deux stratégies différentes pour le traitement de la vapeur d'eau dans le cas de l'utilisation d'un isolant fibreux.

La première consiste à poser un pare-vapeur coté intérieur de l'isolant qui doit stopper complètement le passage de la vapeur d'eau. Cette solution présente toutefois un risque fort, car si la continuité de la membrane d'étanchéité n'est pas assurée à cause d'un défaut de mise en oeuvre, alors le transfert de vapeur d'eau se concentrera à cet endroit entraînant un risque de condensation localisée.

Pour cette raison, dans le cas de l'utilisation d'une membrane pare-vapeur, il est préférable d'aménager une lame d'air ventilée entre l'isolant et le mur, cette lame d'air devant être ventilée vers l'extérieur pour pouvoir évacuer la vapeur d'eau.



Note-encadré-alerte : la lame d'air ne doit pas être ventilée vers l'intérieur de la maison, auquel cas elle amènerait de l'humidité et de l'air froid à l'intérieur de la maison, réduisant notablement l'intérêt de l'isolation thermique. De plus, le passage de l'air intérieur (chaud et humide) derrière l'isolant risque de provoquer une condensation contre la maçonnerie froide.



Isolants fibreux, stratégie de la capacité de séchage en été

L'optimal lorsque l'on travaille avec une maçonnerie fermée à la vapeur d'eau est de permettre à la vapeur qui entrera dans l'isolant de pouvoir en ressortir.

On peut alors utiliser un frein-vapeur hygrovariable qui permettra de travailler en « capacité de séchage d'été ». (voir partie définitions)

Dans le cas où le mur semble sain et exempt de trace d'humidité, l'utilisation du frein-vapeur hygrovariable peut permettre de ne pas avoir besoin d'aménager la lame d'air ventilée et de poser l'isolant directement contre le mur.

Mur double : parpaing + lame d'air + doublage brique.

Si la lame d'air est ventilée, il peut être fait le choix de la conserver pour pouvoir évacuer la vapeur d'eau. L'isolant peut alors être directement posé contre le doublage brique et les deux choix de membranes restent possibles : frein-vapeur ou frein-vapeur hygrovariable, la seconde membrane présentant plus de garanties en terme de traitement de l'évacuation de la vapeur d'eau.

Toutefois, lorsqu'il existe une problématique de place dans la maison, on peut choisir de faire tomber le doublage brique pour travailler directement sur le mur en parpaing. Nous nous retrouvons alors dans la situation étudiée plus haut.

FOCUS/ALERTE sur l'isolation par soufflage dans lame d'air : certaines entreprises proposent d'isoler ces murs doubles en insufflant directement de l'isolant dans la lame d'air. Cette solution peut présenter des risques d'humidité car la migration de la vapeur d'eau ne peut pas être gérée de manière optimale. La suppression de la lame d'air ventilée peut aussi engendrer des problèmes d'humidité qui n'étaient pas présents auparavant. D'autre part, les potentiels réseaux (câbles électriques, tuyauterie...) présents dans la lame d'air peuvent gêner la répartition de l'isolant, occasionnant des défauts thermiques dans la paroi. Suivant l'épaisseur disponible, il sera également difficile de garantir la bonne répartition de l'isolant sur toute la surface du mur.

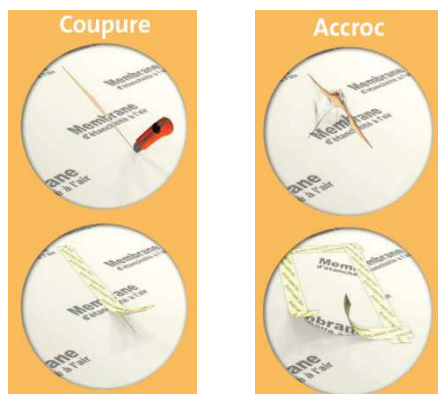
Les points spécifiques

Membrane d'étanchéité à l'air et vide technique

La membrane d'étanchéité à l'air a un impact fort dans la performance thermique de l'isolation et la pérennité des matériaux installés. Une mauvaise étanchéité à l'air peut également être responsable d'une part importante des pertes de chaleur, et cela d'autant plus que la maison est fortement isolée thermiquement. Il convient donc de s'assurer que cette membrane ne soit pas percée :

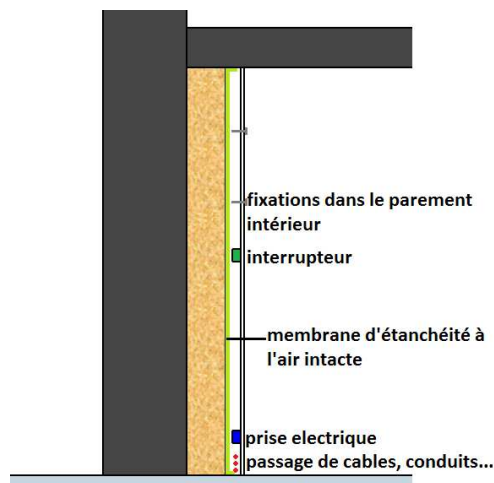
En phase de chantier, une attention particulière devra être portée à la mise en œuvre de la membrane, à la bonne mise en place des scotchs de raccord d'étanchéité entre membranes et aux liaisons entre les différents parois et éléments constructifs : fenêtres, plancher bas, plancher haut...

Les potentiels coupures ou accrocs qui pourraient intervenir dans la membrane au cours du chantier devront être signalés et traités rapidement :



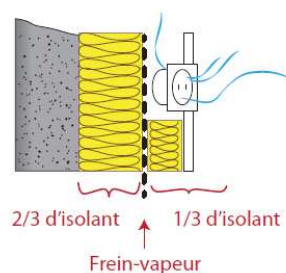
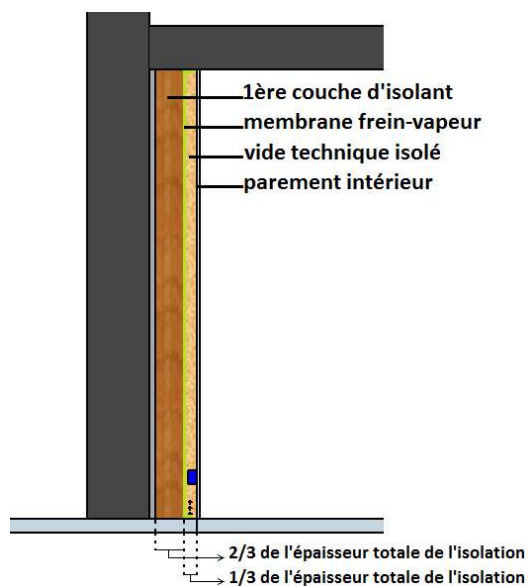
D'autre part, il faudra s'assurer que la membrane ne soit pas percée pendant la période d'utilisation de la maison. Pour cela, un vide technique sera aménagé entre la membrane et le revêtement intérieur (Placoplâtre, Fermacell, autre...). Ce vide technique, dont l'épaisseur sera de 3 à 5 cm, aura plusieurs intérêts :

- Protéger la membrane des percements.
- Permettre la pose des prises électriques sans que ces dernières ne viennent percer la membrane.
- Passer les différents réseaux de fluides (électricité, gaz, eau, gaines de ventilation...) du côté intérieur de la membrane. Ainsi on évite les traversées de membranes qui peuvent créer des défauts d'étanchéité à l'air.



Pour éviter de perdre trop de place dans l'espace habitable, ce vide technique pourra être isolé à condition de respecter la règle dite de 2/3-1/3 :

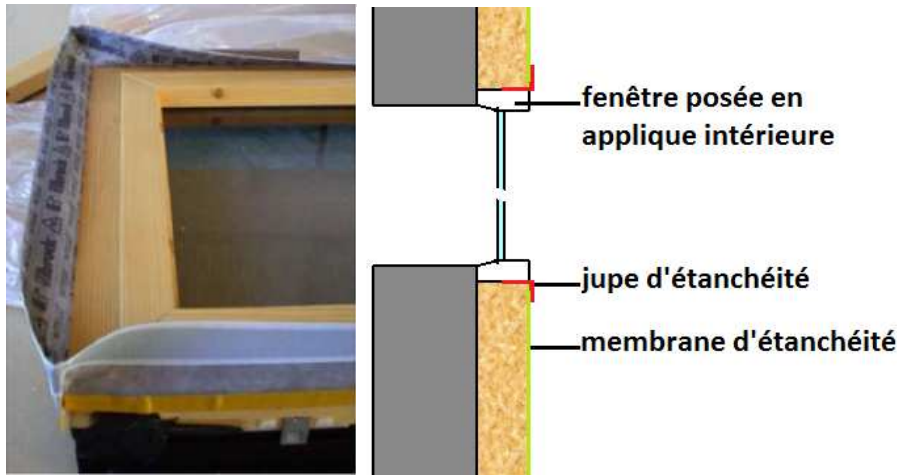
L'épaisseur d'isolant placée côté intérieur de la membrane ne devra pas être supérieure à 1/3 de l'épaisseur totale de l'isolation. Ainsi on s'assure que le point où la vapeur pourrait condenser se trouvera après la membrane, cette dernière protégeant alors efficacement l'isolant de ce risque de condensation.



Jonction mur-fenêtre

En isolation par l'intérieur, il est conseillé d'installer les fenêtres en applique intérieure afin qu'elles se situent dans l'épaisseur de l'isolant, garantissant ainsi une très bonne continuité d'isolation.

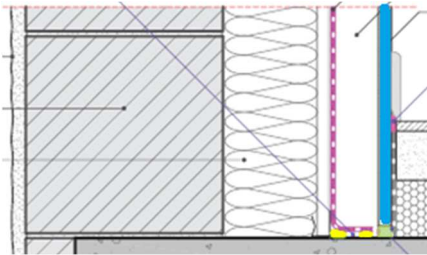
La membrane d'étanchéité à l'air devra être fixée efficacement aux fenêtres. De manière à traiter ce point de la façon la plus précise possible, il est conseillé d'installer une jupe d'étanchéité sur la fenêtre en amont de sa pose au mur :



De cette manière, on pourra efficacement venir lier la membrane d'étanchéité à l'air à la fenêtre, en enlevant l'adhésif de la jupe d'étanchéité pour la coller à la membrane.

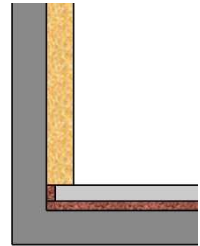
Jonction mur-plancher

La membrane d'étanchéité devra être liée au plancher bas et au plancher haut par la pose d'un cordon de colle adaptée :



Raccord de l'isolation du mur à l'isolation du plancher bas :

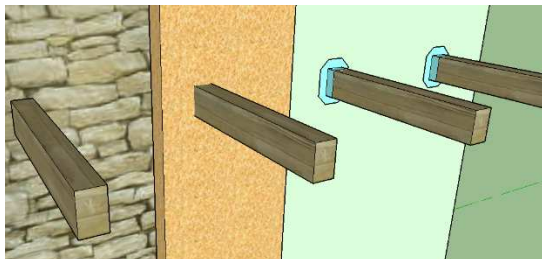
Dans le cas où une nouvelle chape est mise en œuvre, des remontées d'isolant de l'isolation sous chape pourront être prévues afin de permettre ensuite que l'isolation des murs soit en contact direct avec l'isolation sous-chape, créant ainsi une parfaite continuité d'isolation :



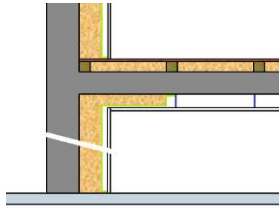
Isolation plancher intermédiaire bois

Comme nous l'avons vu plus haut, l'isolation par l'intérieur souffre de différents ponts thermiques, notamment celui du plancher intermédiaire.

Dans le cas d'un plancher en bois, le pont thermique pourra être fortement réduit en isolant autour des solives. Si le plancher est conservé, on pourra démonter au moins les lattes de parquet en périphérie du plancher, pour travailler l'isolation en contour de solives avant de refermer le plancher. La membrane d'étanchéité à l'air devra également être fixée de manière continue en contour de chaque solive :



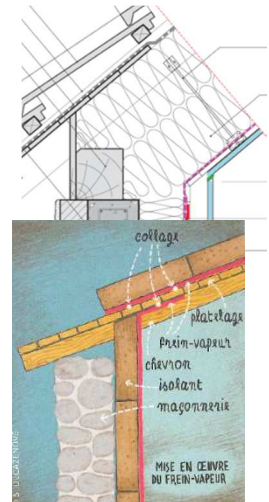
Dans le cas d'une dalle béton, le pont thermique du plancher subsistera forcément. Il pourra toutefois être grandement réduit en mettant en œuvre des retours d'isolants sur et sous dalle dans le cas, par exemple, de la pose d'un plancher bois au-dessus et/ou pose d'un faux-plafond en dessous :



Raccord de l'isolation du mur à l'isolation de la toiture :

Suivant les cas, on essaiera de mettre en contact l'isolation des murs et celle de la toiture. Dans l'optimal, les membranes d'étanchéité à l'air des deux parois seront liées entre elles afin de garantir la continuité de la barrière d'étanchéité à l'air :

Dans le cas d'une isolation thermique par l'extérieur de la toiture, les frein-vapeurs mur et toiture pourront être collés chacun en deux points du platelage, afin de garantir une continuité de l'étanchéité à l'air très correcte :



Note-encadré (bandeau de gauche ?) :

Les travaux d'isolation par l'intérieur permettent de revoir l'étanchéité à l'air de l'ensemble de la maison, afin d'optimiser son fonctionnement thermique en réduisant notamment les pertes de chaleur dues aux défauts d'étanchéité à l'air.

Toutefois, des travaux de mise en œuvre de l'étanchéité à l'air doivent toujours s'accompagner d'un travail sur la mise en œuvre d'une VMC, ventilation mécanique contrôlée, afin de renouveler l'air de la maison de manière régulée. Si un bon niveau d'étanchéité à l'air est atteint, la pose d'une VMC double-flux peut être envisagée.

Voir la fiche pratique n°33 sur la ventilation performante.