

COURS 5

2- la maîtrise du rayonnement thermique

- Deux sources de rayonnement thermique très différentes doivent être maîtrisées dans un bâtiment: d'une part, **le soleil**, d'autre part, **les surfaces et les objets chauds** situés à l'intérieur et autour du bâtiment.
- La plus grande partie de l'énergie du rayonnement solaire se situe dans les longueurs d'onde de la lumière visible et de l'infrarouge proche, que peuvent bien réfléchir tant des surfaces blanches que des surfaces métalliques brillantes.
- De simples **pare-soleil** vont également bloquer une grande partie de ce rayonnement solaire.

- Les détails prototypes se rapportant à la maîtrise du rayonnement de la chaleur solaire sont les suivants:

a) **Les surfaces blanches et brillantes**

b) **Le vitrage réfléchissant**

- Les surfaces et les objets chauds situés à l'intérieur et autour des bâtiments irradient la chaleur dans toutes les directions, surtout les longueurs d'onde de l'infrarouge lointain, que seules les surfaces métalliques brillantes réfléchissent bien. Le détail prototype se rapportant à la maîtrise du rayonnement issu des surfaces et des objets chauds d'un bâtiment est le suivant:

c) **La surface réfléchissante et la lame d'air**

a) Les surfaces blanches et brillantes

- Les surfaces métalliques brillantes et **les surfaces blanches éclatantes réfléchissent** une très grande partie de la chaleur du soleil frappant l'extérieur d'un bâtiment.
- Inversement, **les surfaces sombres absorbent l'énergie rayonnante du soleil** et la convertissent en chaleur.
- Les surfaces d'un bâtiment qui seront exposées au soleil doivent être déterminées en fonction des caractéristiques générales de ce bâtiment en matière d'éclairage, de chauffage et de refroidissement.

- Le tableau indique la capacité de différentes surfaces à réfléchir la chaleur solaire. Un bâtiment peint en blanc ou au lait de chaux reste nettement plus frais en été qu'un bâtiment de couleur sombre. Contrairement à un toit noir ou de couleur sombre, une couverture peinte d'un blanc éclatant ou d'une couleur métallique brillante empêche la chaleur du soleil de pénétrer dans un bâtiment. Un mur-rideau ayant une finition blanche ou d'une couleur métallique brillante subit un écart de températures moindre que s'il avait une finition plus foncée; il sera donc sujet à des effets de dilatation et de contraction moins prononcés. Les couleurs très pâles sont assez efficaces pour réfléchir la chaleur solaire. Par contre, les couleurs moyennes ou foncées absorbent davantage la chaleur solaire qu'elles ne la réfléchissent. Les surfaces blanches ou de couleur métallique qui sont devenues oxydées, crayeuses ou sales finissent par absorber la chaleur, plutôt que de la réfléchir, de sorte qu'il est important de les nettoyer et de les repeindre régulièrement.

Tableau 3.2

Pourcentage approximatif du rayonnement solaire réfléchi par diverses surfaces.

Aluminium brillant	85%
Peinture blanche	80%
Peinture à l'aluminium, neuve	80%
Cuivre ou laiton brillants	70%
Béton blanc	60%
Marbre blanc	55%
Acier inoxydable	55%
Membrane de toit en caoutchouc blanc	55%
Peinture à l'aluminium, usée par les intempéries	50%
Brique rouge	45%
Acier galvanisé, neuf	35%
Acier galvanisé, usé par les intempéries	20%
Béton, gris naturel	35%
Tuiles en argile rouge	30%
Peinture brune, rouge, verte ou gris foncé	30%
Végétation	25%
Membrane de toit en caoutchouc noir, toit multicouche	15%
Eau	10%
Peinture noire	10%

b) Le vitrage réfléchissant

- Les fenêtres au vitrage réfléchissant empêchent la quasi-totalité de la chaleur solaire de pénétrer dans un bâtiment.
- Les vitres en verre ou en polymère peuvent être fabriquées, ou encore recouvertes d'un enduit, de façon à donner la vue, l'éclairage naturel et la chaleur désirés, sans pour autant laisser passer trop de chaleur ni provoquer un effet d'éblouissement.

- **Le verre transparent** transmet la plus grande partie de la lumière et de la chaleur solaires qui le frappent.
- Les fenêtres en **verre transparent** d'un bâtiment qui sont mal orientées et non ombragées peuvent être d'importantes sources d'inconfort et engendrer des coûts de refroidissement élevés en été.
- **Le verre teinté**, aussi dénommé **verre athermique**, peut réduire de 25 à 50% la transmission de la chaleur solaire par une fenêtre, mais une grande partie de la chaleur absorbée réchauffe ensuite l'air intérieur de la pièce.

- Quant au verre réfléchissant, **recouvert d'un enduit métallique** sur une de ses surfaces, il réfléchit la chaleur solaire avant qu'elle ne pénètre dans le bâtiment, il maintient très bien une température intérieure confortable et il réduit donc les coûts de refroidissement.
- Au moment de choisir un verre, il est indiqué de se reporter aux **coefficients d'ombre** figurant dans les catalogues des fabricants, afin d'évaluer les capacités relatives de différents types de verre à réduire les gains de chaleur solaire.

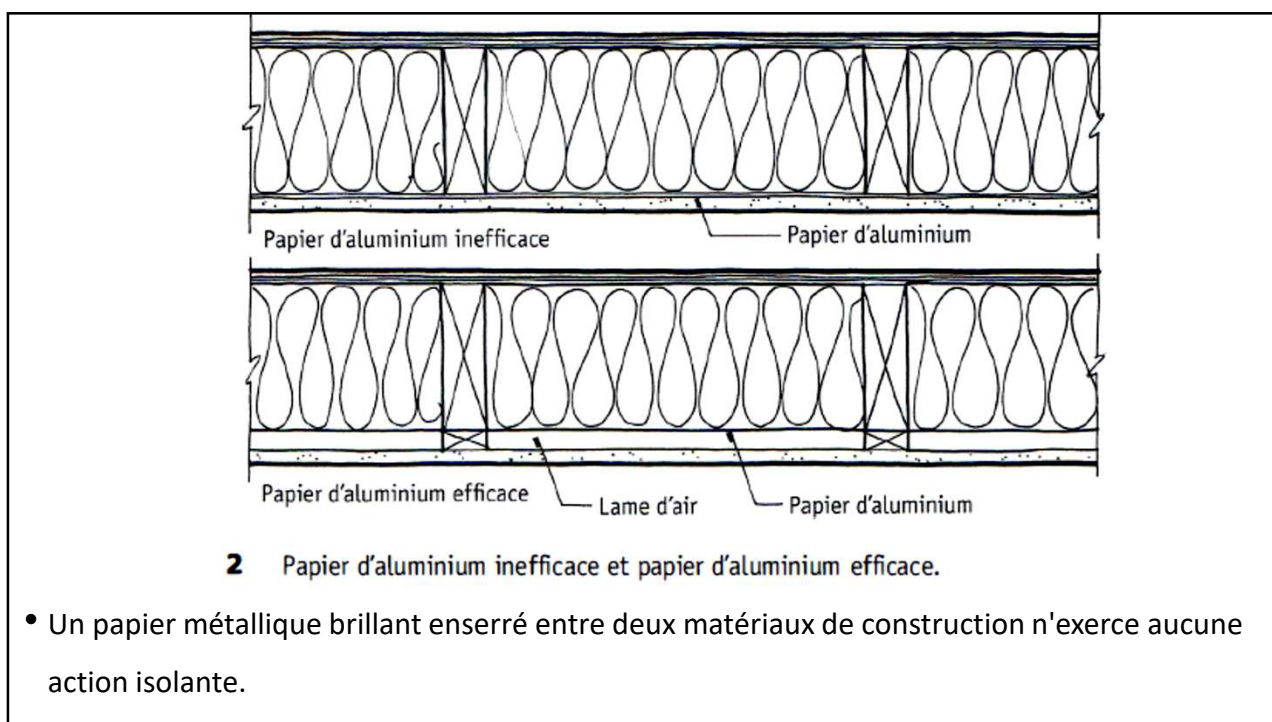
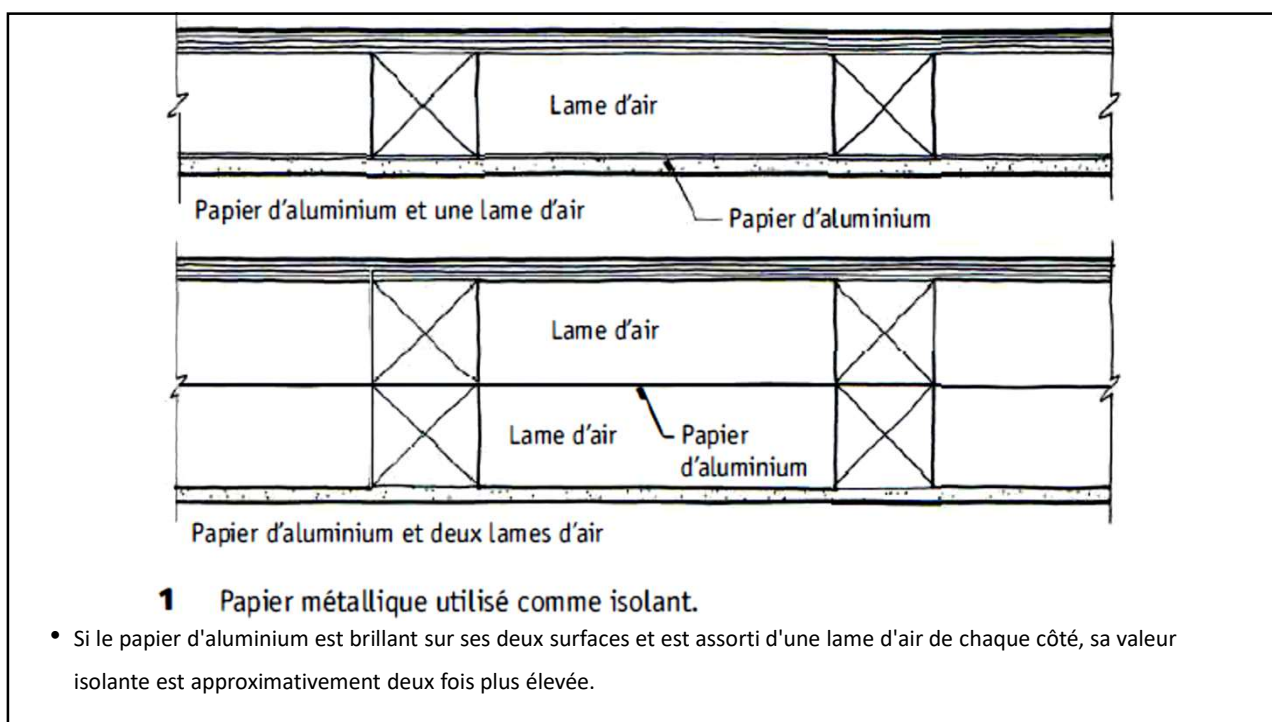
- **Un coefficient d'ombre de 0,35**, par exemple, signifie que le verre laisse passer seulement 35% de la chaleur solaire qui traverse une vitre de verre double transparent (3 mm d'épaisseur), ou encore 50% de la chaleur qui traverse un verre ayant **un coefficient d'ombre de 0,50**.
- **Le coefficient d'ombre** d'un vitrage réfléchissant est généralement fonction de **la densité de son enduit métallique**.

- Certains enduits rendant un vitrage réfléchissant sont fermes et durables, mais de nombreux autres sont vulnérables aux égratignures, de sorte qu'ils doivent être **posés du côté de la cavité d'un vitrage multiple**.
- On doit donc suivre **les recommandations du fabricant** concernant la surface de verre sur laquelle sera posé l'enduit.
- Le concepteur de détails doit être conscient de certains **problèmes** qu'entraîne souvent l'emploi **d'un vitrage réfléchissant**.

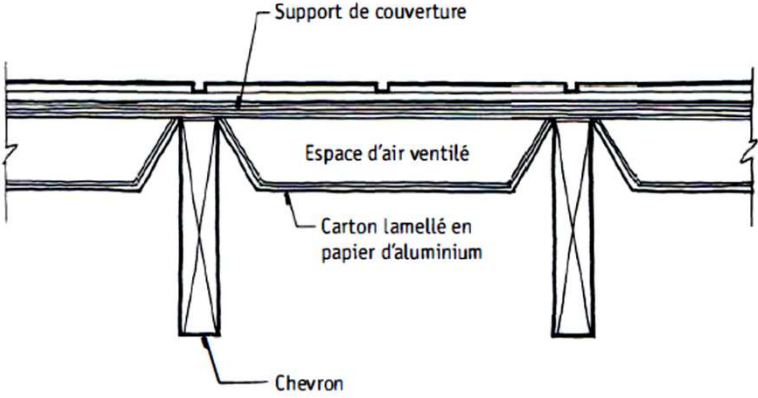
- Il peut **renvoyer la lumière solaire** dans les yeux des piétons et des automobilistes et provoquer ainsi **des éblouissements dangereux**.
- Il peut causer des problèmes de **réchauffement excessif** dans les bâtiments adjacents et les espaces environnants, puisqu'il réfléchit la lumière solaire vers des surfaces qui, autrement, auraient été épargnées.
- Il **protège complètement l'intimité à l'intérieur** du bâtiment durant **le jour**, il se révèle être, **le soir** venu, foncé mais assez transparent lorsqu'on se trouve dehors, si bien que l'intérieur du bâtiment est entièrement **visible aux yeux** des passants lorsque les lumières sont allumées.

c) La surface réfléchissante et la lame d'air

- Une tôle ou **un papier d'aluminium brillant réfléchissent très bien** la chaleur rayonnante de toute longueur d'onde et peuvent donc être utilisés en tant que matériaux isolants à l'intérieur d'un toit ou dans une enveloppe murale.
- Pour être efficaces, ils doivent toutefois **faire face à une lame d'air** d'au moins $\frac{1}{2}$ pouce (13 mm) d'épaisseur et demeurer propres.



- Une surface de papier d'aluminium brillant située entre les chevrons d'un toit constitue une excellente barrière de chaleur rayonnante.
- Dans cet exemple il bloque ainsi jusqu'à 40% de l'apport de chaleur en été.



3 Barrière de chaleur rayonnante dans un toit.

- Les qualités réfléchissantes d'une surface métallique brillante **s'amoindrissent beaucoup** lorsque la surface devient **poussièreuse ou ternie**.
- Un papier d'aluminium situé dans **une lame d'air sec et vide** demeure généralement plus propre et conserve davantage son efficacité thermique qu'un papier d'aluminium exposé à **une circulation d'air**.

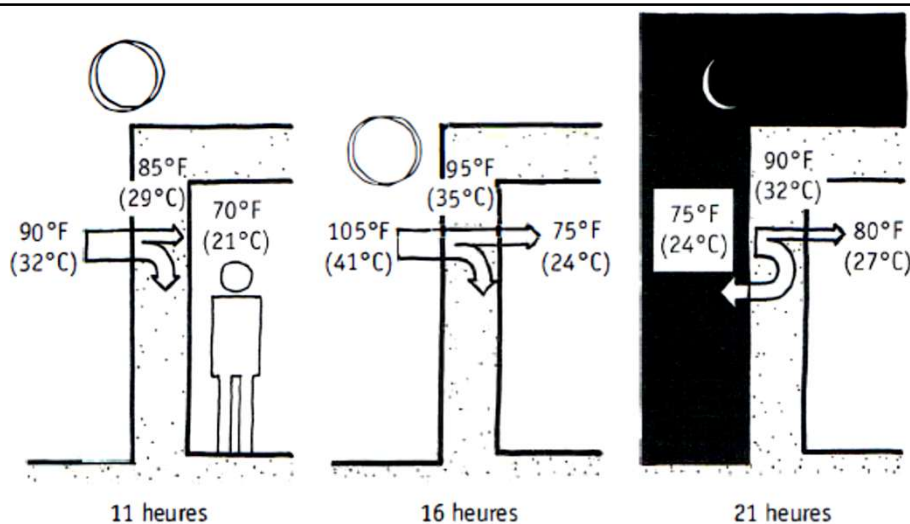
3- l'utilisation de la masse thermique

- Exposées à l'air chaud ou aux rayons solaires, **de grandes masses de matériaux denses** comme le sol, la maçonnerie, le béton et l'eau absorbent et stockent beaucoup de chaleur.
- **La durée de cette absorption** et de ce stockage de la chaleur varie selon l'épaisseur et les propriétés thermiques du matériau en question; dans un bâtiment, elle peut aller jusqu'à **12 heures**.
- Dans les régions chaudes marquées par de grands écarts de température entre la nuit et le jour, on peut tirer parti de cette longue durée.

- La masse thermique a également pour avantage que le bâtiment peut, sans devenir trop chaud, recevoir de grandes quantités de rayonnement solaire ou de chaleur durant le jour et que cette chaleur peut ensuite se diffuser durant la nuit à l'intérieur du bâtiment et prévenir ainsi son refroidissement trop prononcé.
- Le détail prototype se rapportant à l'utilisation de la masse thermique est le suivant:

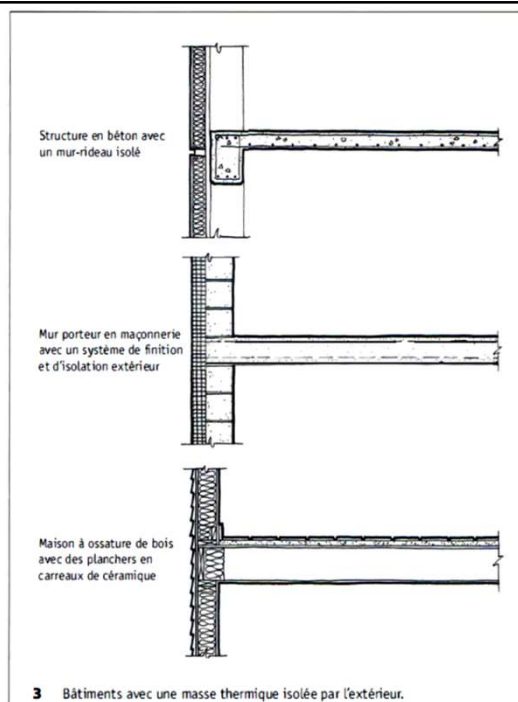
a) La masse thermique isolée par l'extérieur

- On doit simplement prévoir des détails faisant en sorte que la masse thermique du bâtiment absorbe la chaleur durant le jour et la libère durant la nuit



1 Écoulement de la chaleur et températures dans un mur épais en adobe.

- Un bâtiment ayant une masse thermique isolée par l'extérieur peut recevoir de grandes quantités de chaleur solaire par les fenêtres durant une journée d'hiver et maintenir néanmoins l'air intérieur à une température confortable, parce que le béton et la maçonnerie absorbent et emmagasinent une grande partie de cette chaleur.
- Lorsque l'air intérieur se refroidit durant la nuit, la masse libère lentement cette chaleur solaire emmagasinée, ce qui stabilise la température intérieure.



3 Bâtiments avec une masse thermique isolée par l'extérieur.

- **La masse thermique** ne stabilise pas la température intérieure aussi bien **qu'un système de chauffage et de refroidissement mécanique**, mais, **au printemps et à l'automne**, elle peut maintenir une température quotidienne s'écartant de seulement quelques degrés de la température optimale.
- De plus, elle aidera le système de chauffage et de refroidissement du bâtiment à maintenir une température confortable durant le reste de l'année.

- Une conception reposant sur une masse thermique peut être inappropriée pour un bâtiment chauffé ou refroidi par **intermittence**, comme un **chalet de ski**, chauffée seulement une fois par semaine, **utilisé uniquement la fin de semaine**, parce que la masse thermique a pour effet que le bâtiment ne se réchauffe que très lentement.
- Pour être entièrement **efficace**, la masse thermique doit être **exposée directement à l'air intérieur**. Les tapis, les plafonds suspendus et les murs tapissés **réduisent** tous l'efficacité thermique d'un bâtiment massif.

VI- La maîtrise de la vapeur d'eau

- La vapeur d'eau est un gaz incolore et inodore toujours présent dans l'air.
- Elle peut créer de grands problèmes lorsqu'elle se condense sur ou dans les composants d'un bâtiment.
- **La condensation** survient **quand l'air humide se refroidit et atteint une température inférieure au point de rosée**, que ce soit en présence d'air plus froid ou au contact d'une surface froide.
- La condensation peut causer de la buée ou du givre sur les surfaces de verre et les composants du parement métallique.

- Elle peut **saturer les matériaux isolants** à l'intérieur des murs et des toits et altérer leur efficacité thermique.
- Elle peut aussi **former des gouttes, des flaques et des taches** et engendrer **des moisissures et de la corrosion** à l'intérieur d'un bâtiment.
- Par ailleurs, une **humidité chronique** peut provoquer **l'affaiblissement et la décomposition de certains matériaux** d'un bâtiment, faire apparaître des cloques dans la peinture et abîmer les membranes de la toiture sur l'extérieur du bâtiment
- La vapeur d'eau à l'intérieur d'un bâtiment **résulte** principalement de **la cuisson** des aliments, de l'utilisation **du bain ou de la douche**, du **nettoyage**, de **procédés industriels** et de **l'activité métabolique humaine comme la respiration**.

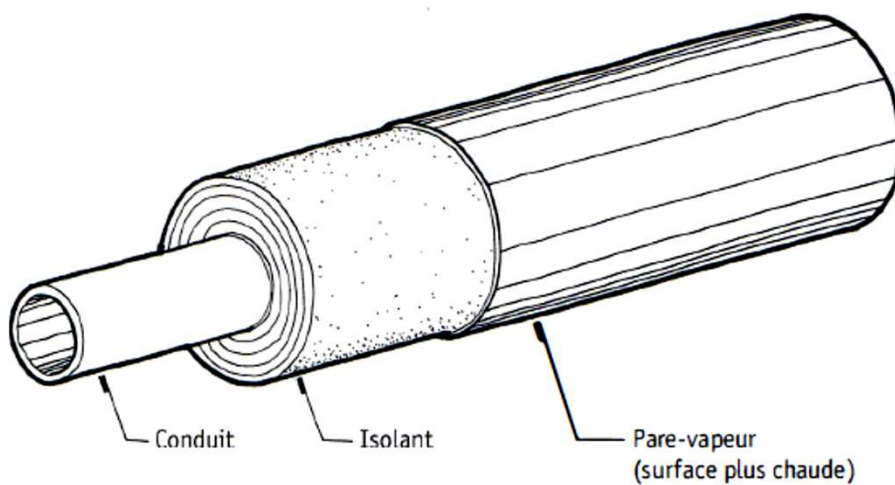
- **Dans un bâtiment neuf**, elle peut aussi provenir du bois, du béton, du plâtre et des matériaux de maçonnerie qui continuent à dégager un excès d'humidité.
- L'humidité relative intérieure optimale se situe entre **40% et 60%**.
- Le système mécanique d'un bâtiment est souvent conçu pour réduire la quantité de vapeur d'eau à l'intérieur de ce bâtiment, par l'entremise de la ventilation, de la déshumidification de l'air à l'aide d'un système d'air conditionné ou de ces deux moyens combinés.

- on doit prendre quatre précautions lors de la conception de détails, si on veut éviter les problèmes causés par la vapeur d'eau dans un bâtiment.
- **1. L'emploi d'isolants thermiques, de vitrages multiples et de coupures thermiques** maintient les surfaces intérieures à une température supérieure au point de rosée de l'air.
- **2. L'emploi d'un pare-vapeur du côté plus chaud** empêche l'air et la vapeur d'eau d'atteindre les surfaces et les espaces assez froids pour causer de la condensation.

- **3.** Dans tout assemblage de bâtiment, **la ventilation du côté froid du pare-vapeur** prévient la rétention de toute humidité à cet endroit.
- **4.** Là où de la condensation est susceptible de se former malgré les précautions prises, un **système à gravité va recueillir et éliminer cette condensation** avant qu'elle ne crée des problèmes.
- Ces mesures prennent la forme des quatre détails prototypes suivants:
 - a) **Les surfaces intérieures chaudes**
 - b) **Le pare-vapeur du côté chaud**
 - c) **L'évacuation de la vapeur**
 - d) **Le drainage du condensat**

a) Les surfaces intérieures chaudes

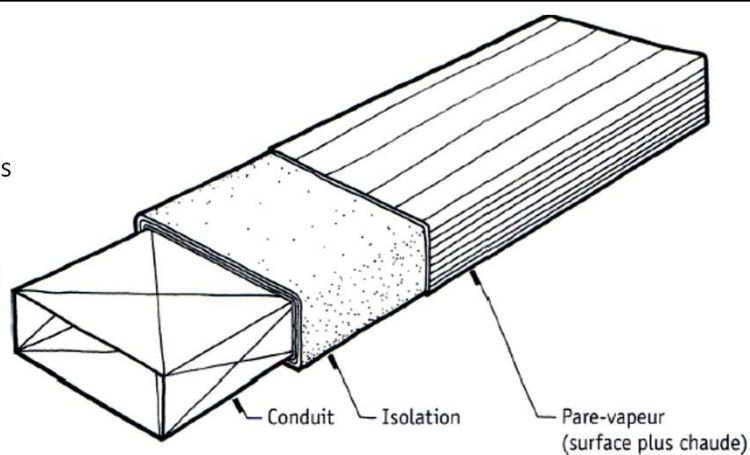
- Pour prévenir la condensation, on doit s'assurer que la température des surfaces intérieures d'un bâtiment demeurera toujours supérieure au point de rosée de l'air.
- Ce détail prototype est particulièrement important dans les régions humides ou en l'absence de toute déshumidification de l'air intérieur.



1 Conduit d'eau froide isolé.

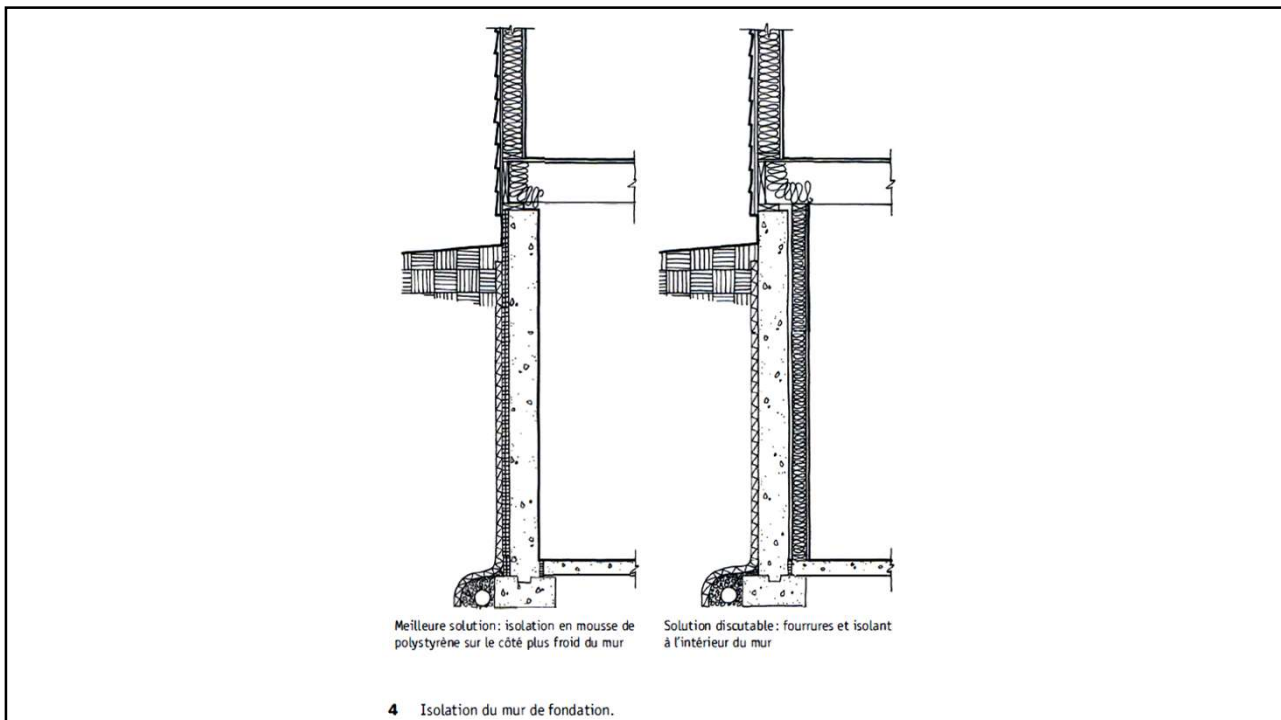
- Pour prévenir ce phénomène, on enveloppe les conduits d'un isolant thermique.

- La température de surface des conduits de conditionnement d'air qui **traversent des espaces non climatisés** est souvent inférieure au point de rosée de l'air environnant.



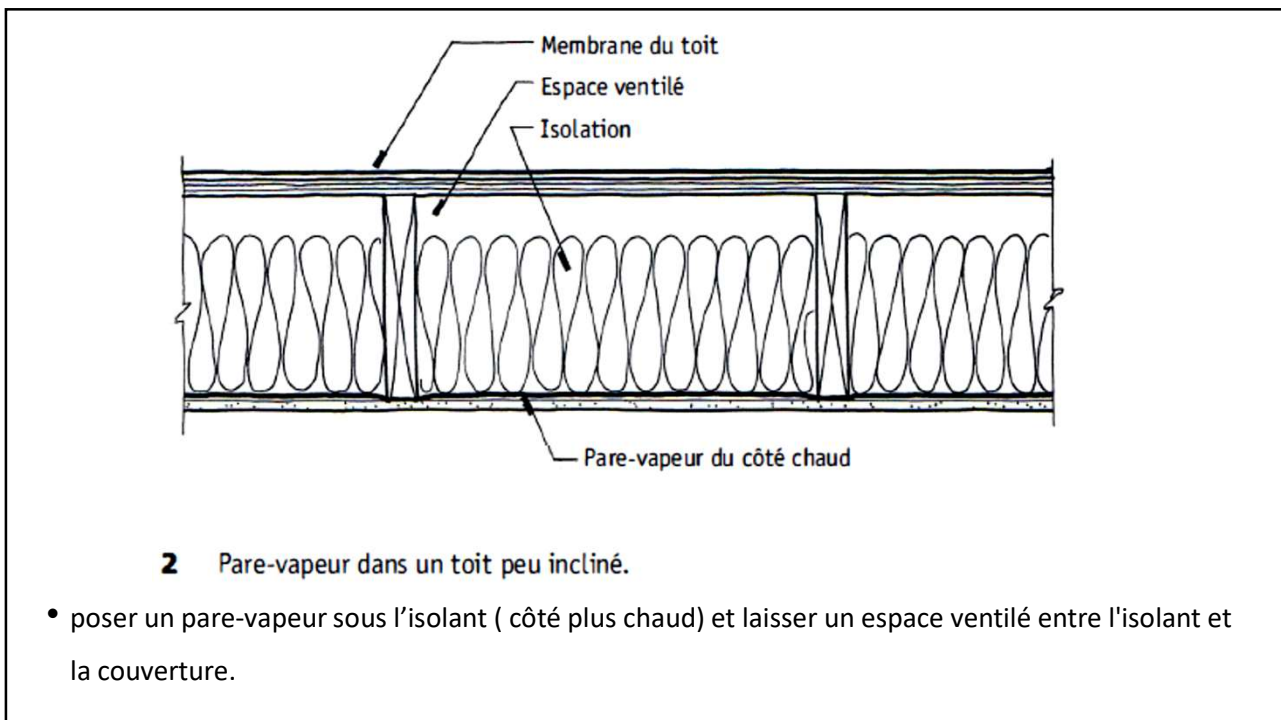
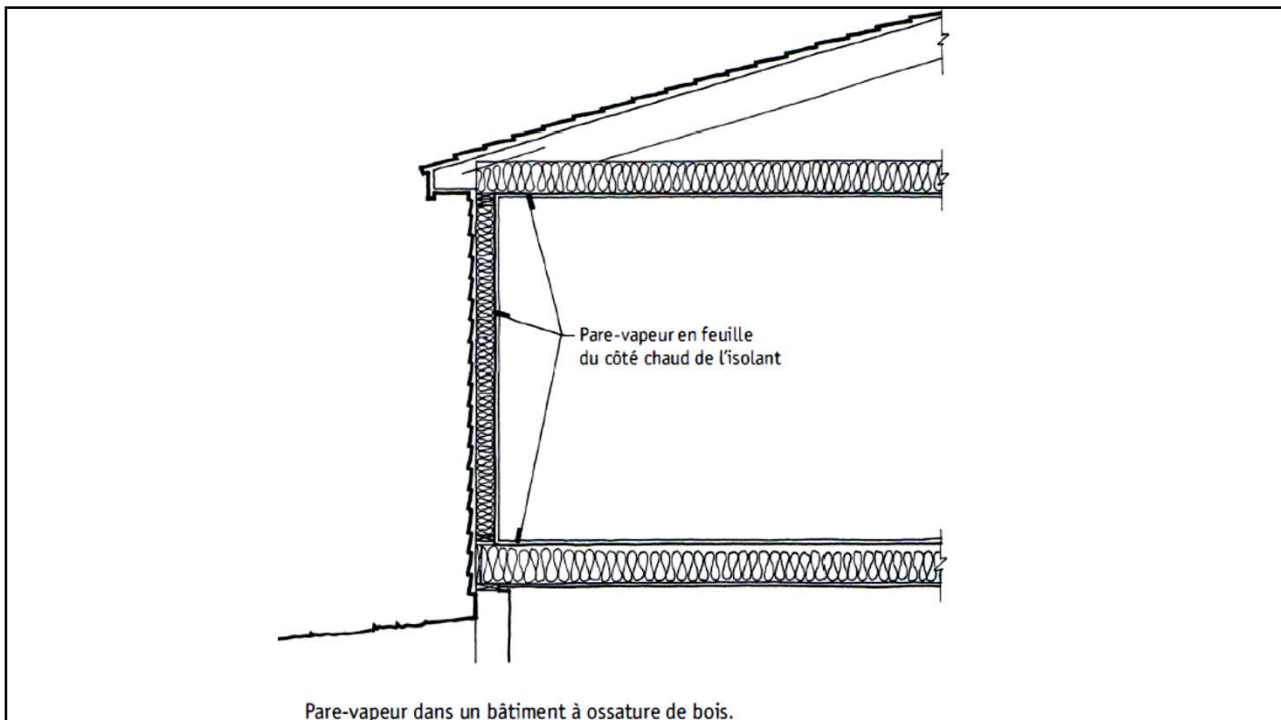
Gaine de conditionnement d'air isolée.

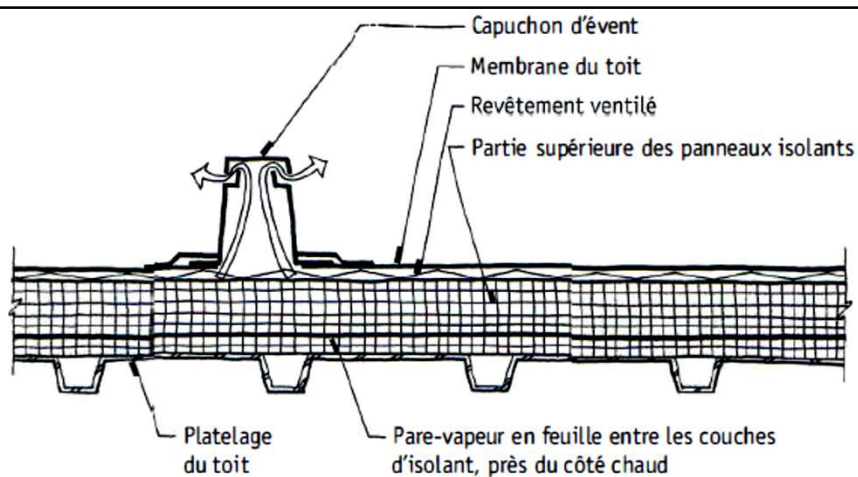
- Pour prévenir la condensation, on doit envelopper ces conduits avec **un isolant et un pare-vapeur extérieur**. Les conduits qui traversent des espaces climatisés contiennent de l'air plus frais que l'air ambiant, ici il se produit rarement de la condensation et qu'un isolant n'est pas conséquent et n'est pas requis.



b) Le pare-vapeur du côté chaud

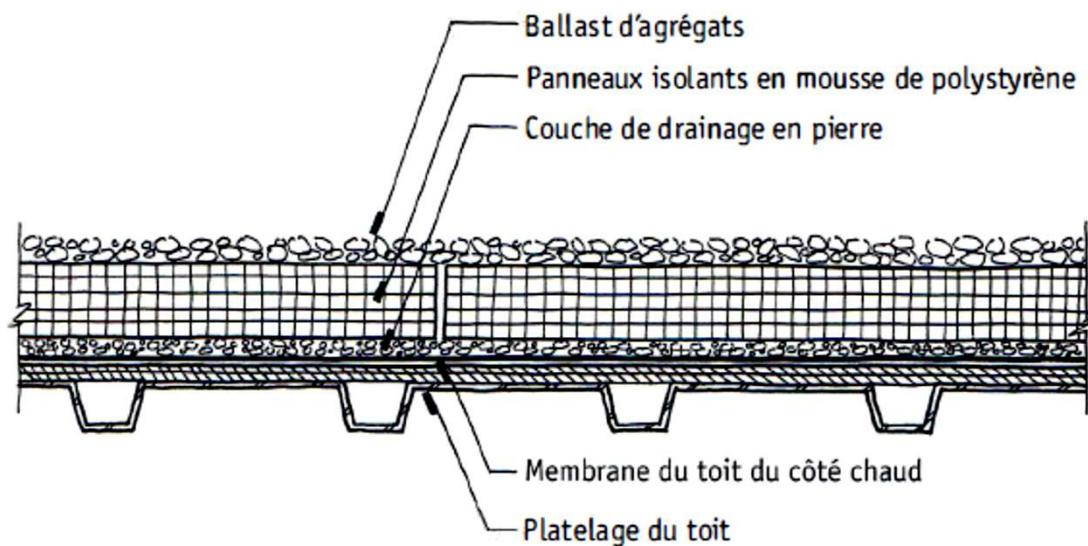
- On installe un seul **pare-vapeur** en feuille **du côté plus chaud** de tout **matériau isolant utilisé dans un bâtiment**.
- Les matériaux situés du côté froid du pare-vapeur doivent être suffisamment perméables à la vapeur d'eau pour permettre à la faible quantité de vapeur du côté plus froid de se dissiper ou de s'échapper.



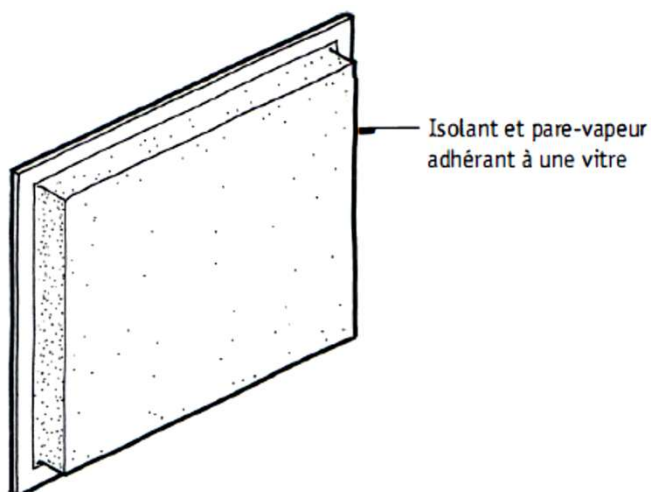


3 Capuchon de l'évent du toit.

- Placer le pare vapeur le plus près possible du côté chaud de l'isolant, en laissant **au moins les deux tiers** de l'isolant au-dessus du pare-vapeur.



4 Toiture à membrane protégée.



Verre-tympan isolé.

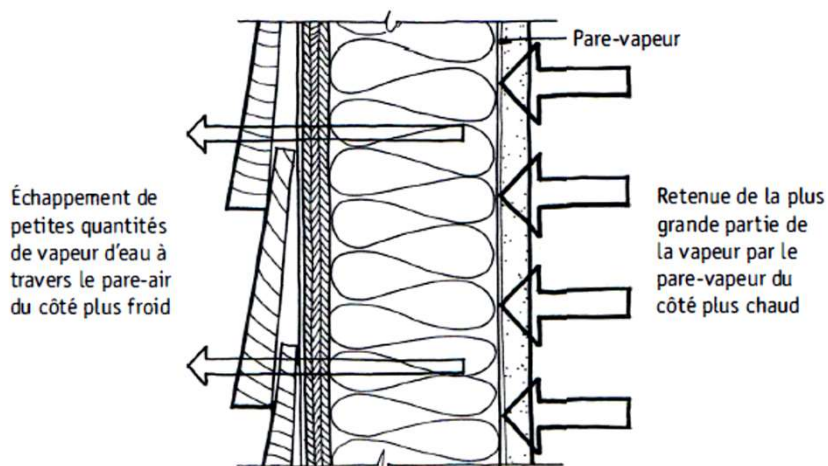
- Les fabricants de verre-tympan pour un mur-rideau y incorporent généralement un isolant et un pare-vapeur.

- Un revêtement mural en **vinyle** est un **pare-vapeur assez efficace**.
- Il **ne cause aucun problème** dans les régions à **climat froid**, parce qu'il est installé sur la surface intérieure d'un bâtiment (chaud),
- Dans un bâtiment à air conditionné en région **humide et chaude**, **peut amener** l'humidité à se condenser sur les surfaces extérieures de ce bâtiment.
- Il peut alors en résulter la formation de moisissures, l'apparition d'odeurs désagréables et une détérioration des murs.

c) L'évacuation de la vapeur

- La vapeur d'eau doit pouvoir se disperser facilement à partir du côté plus froid de tout pare-vapeur.
- En conséquence, **on ne doit placer aucun matériau étanche à la vapeur du côté plus froid** de l'isolant, afin de ne pas emprisonner la moindre quantité l'humidité qui pourrait traverser le pare vapeur et de laisser l'humidité présente s'évaporer hors de l'isolant durant la saison chaude.

- Pare air est placée sur le côté plus froid du mur pour réduire l'infiltration d'air



2 Déplacement de la vapeur en saison froide dans un mur à ossature de bois.

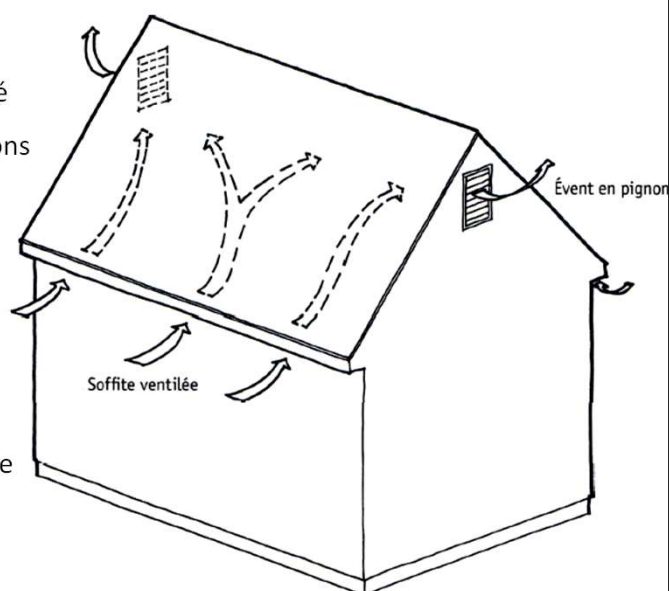
- Il importe que cette membrane pare-air soit perméable à la vapeur d'eau, afin de ne pas emprisonner dans le mur l'humidité présente et de la laisser plutôt se diffuser vers l'extérieur, dans les régions à climat chaud.

- L'emploi **d'un revêtement de contreplaqué** du côté extérieur d'un mur à ossature de bois demeure **déconseillé**. Le contreplaqué n'est pas très perméable à la vapeur d'eau et il peut emprisonner l'humidité dans les cavités du mur et dans l'isolant.
- Quelques concepteurs de détails demandent que **des trous soient forés** à quelques centimètres d'intervalle, dans les deux directions et sur toute la surface du revêtement, pour **assurer la ventilation de l'humidité**.
- D'autres préfèrent **éloigner le revêtement de l'isolant** et **laissent des ouvertures de ventilation grillagées** vers l'extérieur, dans le haut et le bas de chaque cavité d'un mur.

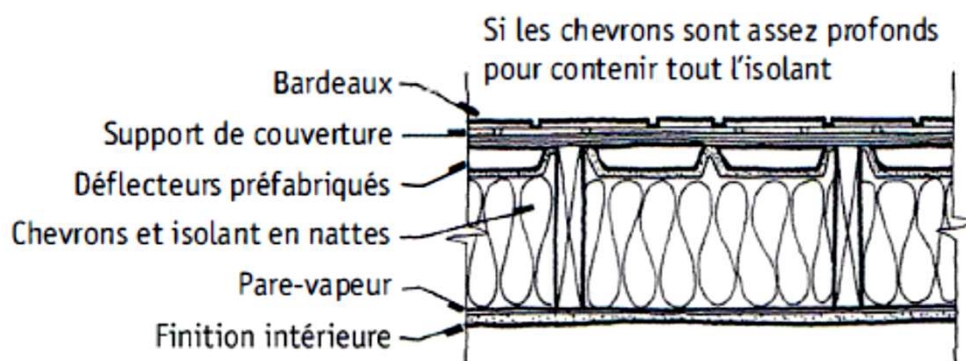
Dans les combles et les toits, la ventilation du côté plus froid est très importante, et ce, pour les raisons suivantes:

- d'abord, **elle prévient la formation de glace,**
- elle **atténue la surchauffe du bâtiment en été,**
- elle **disperse la vapeur d'eau.**

Il est facile de ventiler les combles au moyen d'une **soffite** ventilée et soit d'un événement de faîte, soit d'événements en pignon

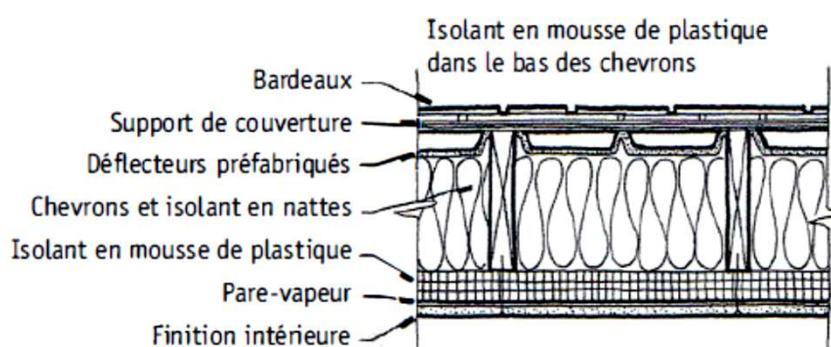


4 Ventilation du comble pour évacuer la vapeur.



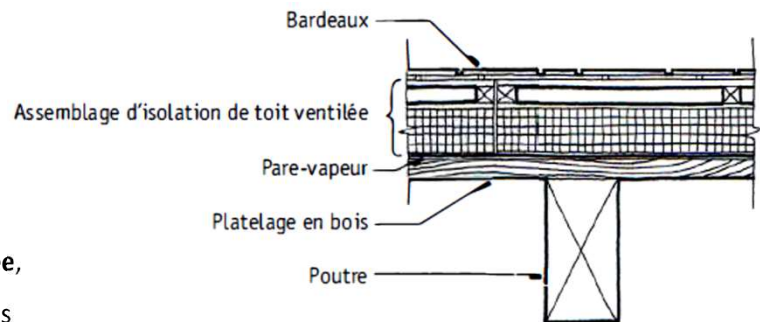
- dans les régions à climat froid, le passage dans les toits ne laisse pas assez d'espace pour la pose de la quantité réglementaire d'isolant thermique. On peut parfois résoudre ce problème si on utilise des chevrons plus profonds que ce qui est structurellement nécessaire

- Si l'espace pour l'isolant demeure encore insuffisant, le concepteur de détails devra remplacer une partie ou la totalité des nattes isolantes en fibre de verre par un isolant en mousse de plastique à haut **rendement énergétique**,



- En général, les codes du bâtiment exigent la présence d'un passage d'air.
- On peut l'obtenir facilement et à peu de frais en utilisant **des déflecteurs préfabriqués** faits en mousse de plastique ou en fibre de papier.

- Pour que les chevrons demeurent visibles dans la pièce située en dessous, **plusieurs fabricants proposent des assemblages spécialisés d'isolation de toit ventilée**, qui incluent un isolant thermique, des passages de ventilation du côté plus froid et un revêtement de fond cloué sur le dessus pour recevoir des bardeaux.



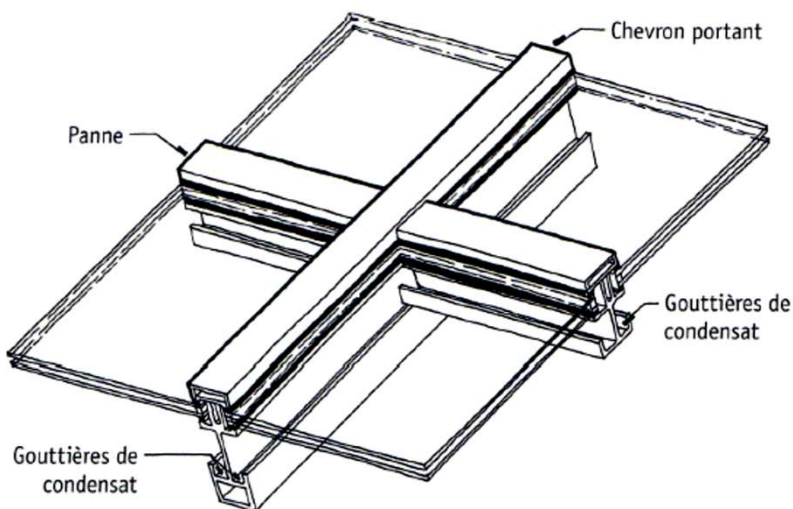
Assemblage d'isolation de toit ventilée pour un toit en gros bois d'œuvre.

- Certains de ces assemblages spécialisés peuvent être posés sur le platelage en acier d'un toit incliné et être recouverts d'une membrane de toit métallique ou peu inclinée.

d) Le drainage du condensat

- Là où il peut y avoir de **la condensation** dans un bâtiment, il faut prévoir **des canaux et des chantepleures** permettant l'évacuation par gravité de l'humidité sans causer de dommage au bâtiment.

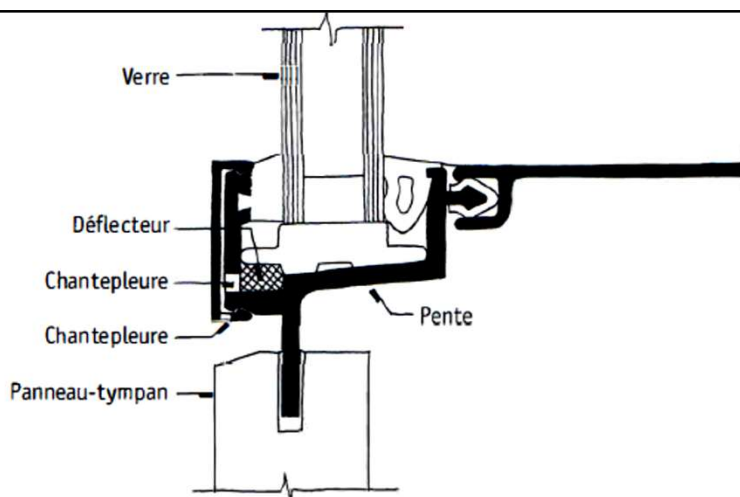
- Le chevron a une section transversale semblable à celle de la panne, mais il est plus profond.
- Le raccord entre les deux est tel que l'eau s'écoulant de l'extrémité de la panne est recueillie par la gouttière au bas du chevron.



1 Drainage du condensat dans un système de vitrage en pente.

- Cette eau est ensuite rapidement drainée par gravité jusqu'au bas du chevron incliné, d'où elle est évacuée à l'extérieur par des chantepleurs.

- Les problèmes de condensation sont généralement moins graves dans un assemblage de mur que dans un système de vitrage incliné



Drainage du condensat d'un meneau horizontal d'un mur-rideau en aluminium.

- la plupart des systèmes de mur-rideau spécialisés comprennent des canaux, des chantepleurs et parfois des drains verticaux pour faire sortir des cavités internes le condensat et l'eau qui s'y est infiltrée