### **HISTORIQUE**

#### LES PERFORMANCES DES TOITURES PLATES

#### LA TOITURE CHAUDE

**DESCRIPTION** 

**AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS** 

#### LA TOITURE INVERSÉE

**DESCRIPTION** 

**A**VANTAGES ET INCONVÉNIENTS

### LA TOITURE COMBINÉE OU TOITURE "DUO"

**DESCRIPTION** 

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

#### LES TYPOLOGIES DE TOITURE À DÉCONSEILLER

LA TOITURE FROIDE

LES AUTRES COMPOSITIONS DE TOITURE

## HISTORIQUE

L'histoire du toit plat est indissociable de celle de l'architecture de terre, utilisant depuis plus de 10.000 ans la terre crue, tant pour élever les murs des habitations que pour recouvrir leur toiture.

Le sous-sol du Proche Orient est riche en hydrocarbures : pétrole brut, bitume et leurs dérivés. Dès l'Antiquité, le bitume affleurait dans la région de Kirkuk et de Hit. Dans la construction, on utilisait le bitume mélangé, à chaud ou à froid, à divers éléments qui le rendaient plus compact et plus résistant : sable, gypse, paille hachée.

Il n'existe pas à proprement parler une tradition de toit plat en Europe, excepté dans l'architecture militaire et l'habitat de l'aire méditerranéenne.

Dans nos régions, les toits plats et toits-terrasses constituent des dispositifs de toiture récents, qui rompent avec la longue tradition du toit à versants.

Le toit plat apparaît en milieu urbain, au moment où celuici est l'objet à la fois d'une forte croissance et d'une profonde transformation. Ce phénomène est particulièrement

Pour approcher les fonctions de la toiture plate, on différencie quatre systèmes possibles de toiture :

- la toiture chaude, où la couche d'isolation thermique (elle-même protégée par l'étanchéité) protège la structure;
- la toiture inversée, où la couche d'isolation thermique placée extérieurement protège l'étanchéité;
- la toiture combinée, où une couche d'isolation thermique protège l'étanchéité et une autre, sous l'étanchéité, protège la structure :
- la toiture froide, comportant une lame d'air, ventilée par de l'air extérieur : pour mémoire, ce système de toiture est à proscrire (voir page 17).



O Zone de lestage + natte de protection éventuels

4 Zone de finition + zone libre éventuelle pour équipement

Zone d'isolation + pare-vapeur éventuel

1 Zone d'étanchéité

3 Support

La toiture plate est devenue la toiture engendrant le moins de problèmes : moins de 5 % des problèmes soumis au CSTC concernent une toiture plate.

marqué à partir de 1850 dans les villes américaines qui connaissent une mutation de leur centre par le développement sans précédent du secteur tertiaire. Il se développe un nouveau type architectural : l'immeuble à étages multiples, basé sur l'ossature métallique et le plan neutre. Grâce aux nouveaux matériaux d'étanchéité, élaborés à partir des sous-produits de la distillation du pétrole, le plancher supérieur devient le support de la couverture.

Au départ, le bitume était coulé sur la toiture, puis l'évolution industrielle a pris en charge la préfabrication de membranes en lés.

Au début du XXème siècle, les supports de couverture étaient soit en béton, soit composés de planchers en bois. Les problèmes rencontrés étaient essentiellement dus au vieillissement du bitume ; les craquelures donnaient lieu à des infiltrations d'eau dans ce matériau composite et provoquaient la dégradation des feutres d'armature.

Initialement, les toitures étaient recouvertes de sable ou de gravier. Cette couche protégeait l'étanchéité contre l'action des rayons ultraviolets et des brusques variations de température mais elle présentait l'inconvénient de nécessiter l'enlèvement périodique de débuts de végétation.

Avec l'apparition de supports légers, tels les panneaux de fibres végétales, les tôles profilées et les hourdis en béton cellulaire, cette couche protectrice lourde a été abandonnée, exposant les feutres bitumés aux rigueurs climatiques et les rendant plus vulnérables.

Pour remédier à la sensibilité à l'eau des membranes, les armatures en feutre ont été progressivement remplacées par des voiles de verre. Cette substitution a conféré aux membranes une résistance supérieure au vieillissement, les rendant également plus souples mais toutefois moins résistantes à la traction et aux déchirures.

L'adjonction de composants synthétiques insensibles à l'eau a permis de garder une certaine souplesse tout en les rendant plus résistants.

La progression du niveau de confort et la crise pétrolière ont introduit une nouvelle exigence : l'isolation thermique de la toiture.

Dans le cas de toiture à structure en bois et panneaux végétaux, les espaces entre les gîtes ont été comblés par l'isolation créant ainsi une zone froide sous le support de l'étanchéité. Cette zone devient favorable à la condensation avec les problèmes de dégradation qui en découlent. Dans le cas de toiture à support lourd ou avec une chape lourde, l'isolant a été posé sous la chape de pente. Dans ce cas, l'étanchéité et la chape subissent des chocs thermiques très importants, ce qui entraîne leur rupture et les fuites qui en résultent.

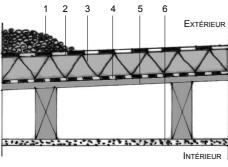
Pour éviter ces chocs thermiques, est apparu le concept de la <u>toiture chaude</u>, solution la plus couramment employée aujourd'hui, qui consiste à poser l'isolation thermique sur le plancher sans prévoir de lame d'air entre les différentes couches.

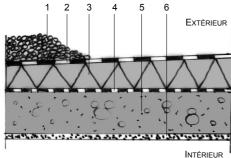
## LES PERFORMANCES DES TOITURES PLATES

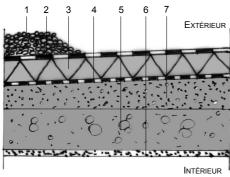
FONCTION DU CONTRÔLE DU CLIMAT		
EAU  • Etre étanche à l'eau et à la neige  • Evacuer les eaux de pluie et de fonte de neige  • Ne permettre qu'une condensation interne acceptable (quantité compatible avec les matériaux et pas de condensation résiduelle)	Pluie	La zone d'étanchéité doit recueillir et évacuer toute l'eau vers le point le plus bas de la toiture. La membrane d'étanchéité doit avoir été correctement posée par un personnel qualifié, suivant les prescriptions du fabricant et conformément aux agréments techniques.  Les raccords doivent être conformes aux règles de l'art (voir [2]), et les remontées d'étanchéité doivent être suffisantes.  Les pontages des joints actifs doivent être adaptés aux mouvements.  Les pentes doivent être adaptées aux couvertures et les évacuations des eaux pluviales correctement dimensionnées.  Attention: le dispositif d'évacuation des eaux de pluie doit prévoir l'évacuation de l'eau qui s'accumulerait sur la toiture au cas où les orifices habituels d'évacuation seraient bouchés (poussières, feuilles mortes, etc.).  L'eau de pluie doit pouvoir déborder sans risque vers l'extérieur et de façon visible en cas d'obstruction des évacuations. L'accumulation de l'eau en hauteur ne peut dépasser une hauteur compatible avec la capacité portante de la structure et avec les configurations des ouvrages qui l'entourent ou la traversent (voir encadré ci-dessous).
		Le relevé d'étanchéité d'une toiture plate doit dépasser d'au moins 15 cm le niveau fini de la toiture, à savoir celui de l'étanchéité, augmenté de l'éventuel lestage. Dans le cas de dalles sur plots, la hauteur des relevés s'élève également à au moins 15 cm, mesurés cette fois à partir de l'étanchéité, à condition de ménager un joint ouvert suffisant (au moins 2 cm) entre la première dalle et le relevé, et de prolonger ce dernier d'au moins 5 cm au-dessus du niveau des dalles [2]. En cas de toiture inversée, les 15 cm sont à compter à partir du niveau supérieur de l'isolant.
	Neige	La neige, en plus de son poids, ne peut s'infiltrer dans la zone d'étanchéité et, à sa fonte, l'eau doit être évacuée.
	Gel	Le gel de toute eau stagnante dans la zone d'étanchéité peut détruire la matière, le matériau ou les jonctions de ceux-ci. Il faut donc éviter toute stagnation d'eau et l'utilisation de matériau gélif.
	Vapeur migrant de l'intérieur vers l'extérieur	La connaissance du type de climat intérieur (au point de vue hygrothermique) est essentielle pour la conception et le choix du type de toiture.  Plus la pression de vapeur est grande à l'intérieur, plus l'étanchéité à la vapeur et à l'air du complexe toiture devra être grande, mission impartie aux zones de finition et d'isolation thermique.  Le pare-vapeur doit être de qualité suffisante et il doit être continu.  La toiture doit être étanche à l'air.
	Pénétration de l'air extérieur chargé de vapeur, dans la zone de couverture	Dans le cas d'une toiture froide, l'air extérieur peut circuler dans la zone de couverture. La couverture ayant rayonné vers le firmament peut être plus froide que l'air extérieur, ce qui entraîne la formation de condensation sur sa face inférieure, voire dans sa masse. C'est le phénomène de sur-refroidissement.
AIR • Etre étanche à l'air	Pénétration de l'air extérieur vers l'intérieur	Dans le cas d'une toiture en zinc non protégée en sous-face, le volume séparant le support de la toiture du dessus de la zone d'isolation thermique doit être ventilé. Toute ventilation suppose un air restant extérieur aux autres zones. La zone d'isolation thermique est le rempart à la pénétration de l'air extérieur ; dans le cas d'isolants thermiques étanches à l'air, les joints entre panneaux doivent être colmatés ; dans le cas d'isolants thermiques non étanches à l'air (laine minérale, par exemple), l'étanchéité à l'air extérieur doit être assurée soit par le pare-vapeur, soit par un panneau apposé à l'extérieur de l'isolation, ce panneau étant étanche à l'air et perméable à la vapeur d'eau.
CHALEUR  • Participer à l'isolation thermique du bâtiment	Fonction d'isolation thermique	La chaleur intérieure doit être retenue le plus possible à l'intérieur, de façon à ce que la structure portante soit ainsi protégée des variations climatiques, ce qui évite les désordres dus à la dilatation, au retrait, etc.  La zone d'isolation thermique isole thermiquement et doit être <b>continue dans la toiture et en liaison avec les autres zones d'isolation</b> comprises dans les autres parois extérieures. La performance attendue est de U = 0,4 W/m²K. Pour les climats intérieurs fort humides, elle doit être peu ou pas perméable à la vapeur. En climat intérieur sec, elle peut être perméable à la vapeur et non capillaire. La structure protégée thermiquement de l'extérieur n'est pas sujette à entraîner des condensations de la vapeur contenue dans l'air intérieur ou pénétrant dans la masse de la structure elle-même.  Seule une structure en bois peut pénétrer la zone d'isolation thermique car le bois est peu conducteur de la chaleur ; cela multiplie cependant les joints de la zone d'isolation thermique.
	Fonction d'inertie thermique	Les matériaux de la zone de finition et/ou de la zone de structure peuvent, s'ils sont pondéreux, contribuer à accumuler la chaleur intérieure pour contribuer au volant thermique que constituent les masses accumulatrices de chaleur que sont les parois et planchers (en maçonnerie, pierre, terre cuite ou béton).

FONCTION DU CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT			
LUMIÈRE	Ambiance intérieure	Selon sa teinte et sa texture, le matériau de finition intérieure peut différemment réfléchir la lumière à l'intérieur du local et participer ainsi à l'intensité lumineuse intérieure.	
Acoustique  • Isoler acoustiquement par rapport à l'environnement	Bruit aérien	L'étanchéité à l'air, la masse de la zone de structure, de la laine minérale en zone d'isolation thermique, une différence de masse entre la zone de structure continue et la zone de finition, ainsi qu'une désolidarisation entre ces deux zones, peuvent contribuer à isoler des bruits aériens extérieurs ou à éviter que des bruits aériens émis dans les locaux ne gênent l'environnement immédiat.  La zone de finition combinée avec la zone d'équipement et une zone d'isolation thermique en laine minérale peut aider au contrôle de l'acoustique intérieure en limitant le temps de réverbération dans le local sous toiture.	
	Bruit d'impact extérieur	Une zone d'isolation thermique résiliente, limitant les contacts directs entre la zone de couverture et la zone de structure continue, contribue à limiter l'effet des chocs sur la toiture, provenant de la pluie ou de la grêle. Les matériaux utilisés dans la zone de couverture ont également une influence sur le bruit d'impact.	
SÉCURITÉ À L'EFFRACTION		Les ouvertures en toiture sont un des points faibles du bâtiment sous l'angle de son exposition à l'effraction.	
Sécurité au FEU • Répondre aux exigences	Résistance au feu	La toiture doit être une barrière au feu entre bâtiments proches ou parties d'un même bâtiment. Les toitures avec une zone de structure lourde en béton, ou une zone de structure légère combinée avec une zone de finition protectrice et étanche aux flammes, sont des solutions offrant une résistance au feu de 1/2 heure à 1 heure.	
	Réaction au feu	La réaction au feu des matériaux (principalement en couverture et en plafond) est très importante pour la sécurité, aux points de vue des émanations toxiques, des fumées, de la propagation de flammes, etc.	
FONCTION STRUCTUR	RALE		
CHARGES PERMANENTES ET D'EXPLOITATION	Charges permanentes	Poids propre des éléments, augmenté des charges qui, après leur mise en oeuvre, peuvent y agir de façon permanente.	
	Charges d'exploitation	La structure est calculée en fonction du poids propre de la toiture, des charges d'entretien et de la surcharge d'utilisation si la toiture est accessible.  La toiture doit résister aux contraintes mécaniques au niveau de toutes les couches.	
CHARGES CLIMATIQUES	Neige	La surcharge de neige à prendre en compte dépend de l'altitude du site où est construit le bâtiment. Pour une altitude jusqu'à 100 m, elle est de 400 N/m²; au-delà, elle est de 400 + (altitude - 100)/2 [N/m²].	
	Vent	Les charges de vent à prendre en compte sont détaillées dans les normes de la série NBN B03-002 "Sollicitations du vent sur les constructions" [15]. Tant les pressions que les dépressions doivent être prises en compte. En ce qui concerne la toiture plate, les considérations de résistance au vent (notamment à la succion des matériaux extérieurs exposés) sont particulièrement importantes (voir Annexe 1).  La toiture doit être conçue de façon à ce que sa structure et ses couches de matériaux résistent aux pressions/dépressions induites par le vent.  La protection éventuelle de l'étanchéité ne doit pas être emportée par le vent.  L'adhérence ou la fixation de l'étanchéité à son support doit pouvoir résister à la succion du vent.	
	Sollicitations thermiques	En ce qui concerne les charges dues aux sollicitations thermiques, il y a lieu de prendre en compte une température de surface pouvant varier entre -10°C et +80°C en basse et moyenne Belgique et entre -15°C et +80°C en haute Belgique.  La membrane d'étanchéité doit résister aux érosions éolienne et hydraulique.  La membrane d'étanchéité doit résister aux rayonnements ultraviolets (UV) ou être protégée de ceux-ci ; elle doit également être adaptée pour résister à la pollution de l'environnement extérieur auquel elle est exposée.	
CHARGES ACCIDENTELLES		Lorsque certaines parties de la toiture peuvent former réservoir d'eau, il y a lieu de tenir compte de cette charge au niveau du trop-plein afin de déterminer la capacité portante. Cette action ne doit pas être combinée avec celle des charges d'exploitation mentionnées ci-dessus, sauf si ces charges sont supérieures à la valeur prévue des charges d'exploitation.	
FONCTION VISUELLE			
INCLINAISON FAIBLE		Mises à part les vues "aériennes", les matériaux utilisés n'apportent guère de contribution à la composition esthétique de l'ensemble du bâtiment. Toutefois, le souci de la "cinquième façade" apparaît avec le recours aux toitures-jardins, etc.	

## LA TOITURE CHAUDE







- 1 : lestage éventuel
- 2 : membrane d'étanchéité
- 3 : isolant thermique
- 4 : pare-vapeur
- 5 : support 6 : plafond
- 7 : béton de pente

<u>Remarque</u>: dans le premier cas, la pente est réalisée au moyen de cales de hauteurs différentes, tandis que dans le second cas, c'est l'isolant thermique qui forme la pente.

On peut également signaler la technique de projection de mousse polyuréthane directement sur la couche d'étanchéité, la mousse étant ensuite protégée contre les UV par une peinture ; la couche ainsi réalisée est censée également assurer l'étanchéité de la toiture.

Cette technique offre de nombreux avantages :

- · légèreté ;
- application par l'extérieur (qui autorise la poursuite des activités dans le bâtiment) : pratique dans le cas d'une rénovation ;
- souplesse d'adaptation à toute forme de toiture et à tous les supports.

Elle présente cependant quelques inconvénients sérieux :

- nécessité d'une entreprise spécialisée, avec un agrément technique ;
- mise en oeuvre délicate et fortement dépendante des conditions climatiques :
- vieillissement rapide de l'épiderme de protection (peinture), qu'il faut renouveler régulièrement;
- altérations causées parfois par les oiseaux qui arrachent la mousse et blessent l'épiderme (dont la qualité esthétique devient discutable).

## DESCRIPTION

La toiture chaude désigne la toiture plate dont l'isolant thermique est placé sur le support sans lame d'air entre les différentes couches.

La membrane d'étanchéité est posée sur l'isolation, avec ou sans couche de désolidarisation selon les cas, et éventuellement lestée.

Dans la plupart des cas, un écran pare-vapeur performant doit être interposé entre le support et l'isolant, en respectant les conditions de mise en oeuvre.

Par toiture chaude, on comprend également les toitures constituées d'éléments qui combinent les fonctions de plancher et d'isolation, par exemple béton cellulaire, panneaux sandwiches, etc.

## Avantages et inconvénients

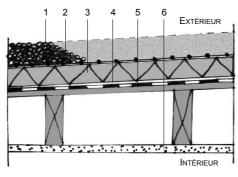
## **A**VANTAGES

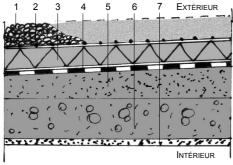
- L'isolant thermique, protégé par le pare-vapeur et la membrane d'étanchéité, reste sec ; il conserve ainsi toutes ses caractéristiques thermiques.
- L'isolant thermique étant appliqué à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment, protège celle-ci des variations de température, et par conséquence, des dilatations et des contraintes thermiques, du gel et des condensations.
- Ce système d'isolation ne nécessite pas nécessairement de lestage, si l'isolant et la membrane peuvent être fixés mécaniquement ou par collage. Il est dans ce cas relativement léger et peut être appliqué sur des structures existantes qui ne supportent pas une augmentation de charge.
- Lorsque le local couvert est à usage permanent et que le support est de type lourd, ce système augmente l'inertie thermique du local et le rend plus confortable.
- Son entretien étant est plus aisé que celui d'une toiture inversée (qui sera abordée ci-après), la toiture chaude est donc particulièrement conseillée lorsque l'environnement est fortement boisé.

#### Inconvénients

 Surtout lorsqu'elle n'est pas lestée, la membrane d'étanchéité est soumise à d'importantes variations de température car elle n'est pas protégée par l'isolant thermique.

# LA TOITURE INVERSÉE





- 1 : lestage
- 2 : natte de protection
- 3 : isolant thermique
- 4 : membrane d'étanchéité
- 5 : béton de pente
- 6 : support
- 7: plafond

## DESCRIPTION

La toiture est dite "inversée" lorsque l'isolation thermique est posée sur l'étanchéité qui, de ce fait, joue le rôle d'écran pare-vapeur. L'isolation thermique, quant à elle, protège l'étanchéité du refroidissement nocturne et des rayons ultraviolets.

Elle doit cependant être lestée par du gravier ou des dalles sur plots, le poids du lestage devant s'opposer au soulèvement ou à la flottaison des panneaux d'isolation thermique; le lestage protège également les panneaux d'isolation des rayons ultraviolets.

#### Avantages et inconvénients

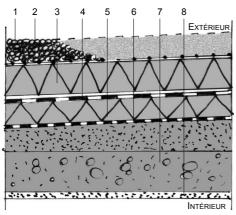
#### **AVANTAGES**

- Le plancher et l'étanchéité sont protégés contre les variations de températures et contre les influences climatiques (rayonnement solaire, rayonnement nocturne), ainsi que des chocs dus à la chute éventuelle d'objets.
- La toiture inversée est un type de toiture qui permet aisément de réaliser un renforcement a posteriori de l'isolation thermique, et cela même si la toiture comporte déjà une couche d'isolation thermique, devenant ainsi une toiture dite "duo", abordée ci-après.
- La toiture inversée ne nécessite pas d'écran pare-vapeur supplémentaire.

#### INCONVÉNIENTS

- Le matériau isolant (polystyrène extrudé XPS) disposé sur l'étanchéité, n'est pas protégé des précipitations :
  - exposé à l'humidité et même à l'action du gel, le matériau choisi doit présenter une absorption d'eau négligeable et ne pas être attaqué par l'eau superficielle (dégâts dus à la gelée, par exemple);
- des pertes de chaleur supplémentaires sont dues à l'écoulement de l'eau entre l'isolant et l'étanchéité, au droit des joints entre plaques ou à l'état temporairement humide de l'isolant : la norme NBN B62-002 [14] prévoit de tenir compte de ces pertes en majorant d'environ 20 % l'épaisseur de l'isolant.
- La continuité de l'isolation thermique entre la toiture et les parois verticales (relevés) n'est pas toujours aisée, voire parfois impossible.
- L'étanchéité est soumise, plus longtemps qu'une toiture chaude, à un taux d'humidité élevé qui, combiné à une température constante, peut entraîner le développement de micro-organismes.
- Si le support manque d'inertie thermique, il y a un risque d'apparition de condensation par le passage de l'eau (qui se réchauffe) sous l'isolation.

# LA TOITURE COMBINÉE OU TOITURE "DUO"



- 1 : lestage
- 2 : natte de protection
- 3: isolant thermique 1
- 4 : membrane d'étanchéité
- 5: isolant thermique 2
- 6 : pare-vapeur
- 7 : béton de pente et support
- 8 : plafond

## DESCRIPTION

Lorsque l'on désire renforcer l'isolation thermique d'une toiture chaude existante, on peut déposer une couche d'isolation directement sur l'étanchéité, selon le principe de la toiture inversée.

L'isolation thermique de la toiture est ainsi réalisée en deux parties : l'une sous l'étanchéité et l'autre par dessus. Ce type de toiture est une "combinaison" de toiture chaude et de toiture inversée : on l'appelle toiture "combinée" ou encore toiture "duo".

## AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Par sa combinaison de solutions, la toiture "combinée" ou "duo" peut utilement corriger les inconvénients d'une solution par les avantages de l'autre.

#### **AVANTAGES**

- En tant que toiture chaude, l'isolant thermique étant appliqué à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment, il protège celle-ci des variations de température et, par conséquent, des dilatations et des contraintes thermiques, du gel et des condensations.
- En tant que toiture inversée, la membrane d'étanchéité et la structure sont protégées des variations climatiques et des chocs dus à la chute éventuelle d'objets.

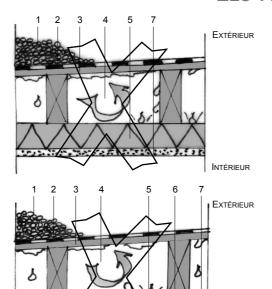
#### INCONVÉNIENTS

 La membrane d'étanchéité se retrouve entre deux couches d'isolation thermique : si le pare-vapeur n'est pas performant, elle peut entraîner un ralentissement du flux de vapeur et, par là, la formation éventuelle de condensation interne.

Tout apport d'isolant thermique est favorable mais, si on veut supprimer tout risque de condensation, la résistance thermique de l'isolation apposée sur l'étanchéité doit être au moins le double de celle située en dessous. Si une telle surépaisseur n'est pas réalisable, une vérification de la diffusion de vapeur d'eau doit être simulée.

- Ce système n'est conseillé que lorsque des couches d'isolation très épaisses sont nécessaires.
- Ce système permet de réduire le risque d'apparition de condensation par le passage de l'eau sous l'isolant thermique.

## LES TYPOLOGIES DES TOITURES À DÉCONSEILLER



Intérieur

- 1 : lestage éventuel
- 2 : membrane d'étanchéité
- 3 : support
- 4 : lame d'air ventilée
- 5 : isolant thermique
- 6 : pare-vapeur déficient
- 7 : plafond

Dans le cas où la couche d'air ne serait pas ventilée du tout par de l'air extérieur (ni intérieur), on pourrait considérer que la disposition en toiture froide serait acceptable.

S'impose toutefois la condition impérative que le pare-vapeur interposé du côté chaud de l'isolant thermique soit parfaitement mis en place, donc de préférence sur un support continu.

La difficulté pratique de cette mise en oeuvre justifie que nous ne retiendrons pas cette disposition dans la suite du présent ouvrage.

### LA TOITURE FROIDE

La toiture froide est une toiture plate dont l'isolant thermique est séparé du support de l'étanchéité par une lame d'air ventilée au moyen de l'air extérieur.

Jadis régulièrement mis en oeuvre, ce système est aujourd'hui à proscrire. Les toitures neuves réalisées suivant ce principe sont considérées de conception incorrecte.

#### INCONVÉNIENTS

Il s'agit d'un système dépassé qui peut causer des dégâts considérables résultant essentiellement de la condensation interne due aux fuites d'air et à une température des matériaux inférieure à la température de l'air.

Lorsque le pare-vapeur est inexistant, déficient ou mal placé, la vapeur d'eau qui migre de l'intérieur vers l'extérieur se condense sous l'étanchéité, sur le support d'étanchéité. La ventilation réelle de la lame d'air est souvent plus faible que celle nécessaire au séchage des condensats.

Lorsque le plafond n'est pas étanche à l'air, l'air intérieur chaud est aspiré dans l'espace ventilé et la vapeur favorise la condensation d'autant plus que les flux d'air sont importants.

Cette condensation peut entraîner l'altération de l'isolant thermique et la suppression de son efficacité, la pourriture des supports de l'étanchéité, le gel des matériaux, le décollement ou le ramollissement des matériaux agglomérés, le développement de moisissures, etc.

La toiture froide est à déconseiller car la mise en oeuvre d'un pare-vapeur efficace est particulièrement difficile. De plus, si le support est en béton, celui-ci travaille thermiquement, ce qui peut engendrer des dégradations.

#### LES AUTRES COMPOSITIONS DE TOITURE

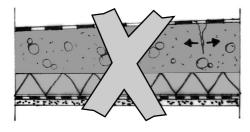
Il faut également éviter de placer l'isolant thermique à la face inférieure du plancher de toiture ou entre le plancher et le béton de pente.

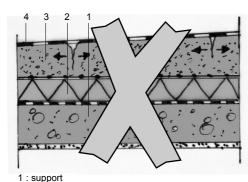
Tout comme dans la toiture froide, le support de ces toitures reste froid et est exposé à de plus grandes variations de température.

• Isolation sous le plancher de la toiture

L'isolation est placée à la face inférieure du plancher de toiture et combinée ou non avec une plaque de plâtre, par exemple, et un écran pare-vapeur.

Ce système est à déconseiller car le local perd l'inertie thermique du support, lequel est exposé à de plus grandes variations de température. Il subit donc des contraintes thermiques et peut se fissurer. De plus, l'humidité de la construction migre dans le matériau d'isolation.





2 : isolation 3 : pente 4 : étanchéité Il est à noter que ce système a été la première évolution des toitures plates isolées. On en trouve encore en place lors de rénovation.

### • Béton de pente sur l'isolation

L'isolation se situe entre le plancher de la toiture et le béton de pente.

Ce système est déconseillé car la rétention d'humidité de construction et l'humidification de l'isolation sont inévitables. Tout comme dans le cas précédent, des contraintes thermiques importantes peuvent entraîner la fissuration du béton de pente et de l'étanchéité. Ce problème peut être résolu si l'on place de l'isolation thermique sur le béton de pente.