



1

1 Centre d'archives EDF, bâtiment passif, Bure (55), architecte LAN Architecture (75)

## FOAMGLAS®, optimal du point de vue de la physique du bâtiment

Les objectifs de l'isolation thermique d'une façade sont triples : participer efficacement à l'économie d'énergie du bâtiment, participer à la réalisation d'un climat intérieur agréable aux usagers, et protéger le bâtiment en évitant en particulier tout problème d'ordre hygrothermique dans les parois verticales. FOAMGLAS®, grâce à ses qualités uniques, et ses techniques de mise en oeuvre, permet d'atteindre tous ces objectifs.

L'étude de la physique du bâtiment appliquée à la façade permet d'optimiser les déperditions énergétiques, le bien-être des usagers et le bon comportement des parois. La structure des matériaux isolants utilisés et les qualités qu'ils gardent ou non dans le temps sont primordiales. Les techniques d'assemblage le sont également. Cela est particulièrement le cas pour les bâtiments B.B.C, passifs, ou à énergie positive, dont les exigences en déperdition thermique par les parois sont fortes.

Deux sujets d'étude méritent l'attention pour atteindre le résultat escompté. Le premier consiste à concevoir des systèmes avec le moins de ponts thermiques ; le deuxième est qualitatif, il investigate les qualités physiques des isolants, les systèmes constructifs de façade et les risques induits au regard des conditions intérieures et extérieures du bâtiment (température et hygrométrie).

### 1 Cinq concepts de façade avec isolation thermique

#### Façade ventilée (fig. a)

Pierres, métal, bois, parements pleins, ajourés, perforés, verre, ... de nombreux matériaux sont possibles en façade ventilée. Cette technique consiste à mettre en oeuvre, le plus souvent sur une paroi en béton banché ou maçonnerie, un isolant thermique, une ossature secondaire et le parement de la façade avec en sous-face de celle-ci un espace de ventilation.

Parfois, une fois construites, ces parois peuvent ne pas correspondre thermiquement aux calculs thermiques théoriques, et cela pour des raisons physiques identifiables. Par exemple (fig. a1, page 26), la lame d'air venant de l'extérieur peut venir altérer les performances d'isolants qui sont perméables à l'air, notamment lorsqu'il fait froid,

et plus encore s'il fait froid et humide. Autre exemple, le pare-pluie atténue des défauts, mais il en crée d'autres, notamment lorsque des phénomènes de condensation se produisent en leur sous-face, réduisant la performance de la paroi, et qui mettent d'autant plus de temps à se dissiper qu'il y a la présence du pare-pluie (fig. g2, page 31).

**En façade ventilée, FOAMGLAS® donne satisfaction car, composé de verre moussé rigide et étanche à l'humidité, sa résistance thermique n'est pas altérée par la lame d'air, fut-elle froide et humide (fig. A1, page 27). Le pare-pluie est inutile, et permet une économie de matériaux. De plus, ses qualités physiques permettent des systèmes de fixation pratiques qui minimisent les ponts thermiques.**

#### Façade chaude (fig. b et c)

Il y a deux types de façade chaude. Dans un cas le parement (enduit, brique, ...) adhère à son support. Dans l'autre le parement (zinc, acier, ...) est fixé mécaniquement, il n'y a pas de couche d'air destiné à la ventilation du système, cependant il y a une fine couche d'air sous l'habillage.

Les isolations thermiques sous crépi sont courantes. Elles offrent l'avantage de l'économie de l'ossature secondaire. Solutions économiques, elles peuvent souffrir de vieillissement prématuré dû aux dilatations thermiques des isolants et à l'humidité absorbée et ainsi au final coûter cher au maître d'ouvrage (fig. b1 et c1). FOAMGLAS® sous crépi fiabilise pour longtemps ce parement traditionnel. **En pied de façade, en zone accessible aux piétons, sa rigidité est particulièrement appréciée.**

FOAMGLAS® peut aussi être associé en façade chaude à de nombreux parements : briquettes, pierres, zinc, acier, aluminium, verre, etc... en toute liberté. Ces parements sont collés à une interface rigide, type Aquapanel Outdoor, fixée dans les plaquettes PC® SP 150/150, et sans nécessité d'ossature secondaire.

**FOAMGLAS® permet de réaliser des façades chaudes avec de nombreuses finitions avec des avantages de plus en plus reconnus : stable, rigide et étanche, le verre cellulaire offre un support parfait aux parements fixés par collage ou fixation, et la longévité de ces derniers est d'autant plus sûre que l'isolant est rigide et durable (fig. B1 et C1).**

#### Façade avec double mur (fig. d)

Cette technique met en œuvre l'isolation entre deux murs, l'un (intérieur) étant porteur, l'autre (extérieur) servant de parement et de protection de l'isolation, avec un apport en inertie thermique intéressant. Dans cette technique, l'isolation est cachée : si elle était visible, on constaterait parfois bien des désordres thermiques. L'humidité du sol ou des murs peut souvent avoir accès à l'isolation (fig. d1), et des condensations peuvent se produire lors de certaines configurations hygrothermiques ; les insectes et les rongeurs font peut-être des dégâts, les isolants s'affaissent parfois..., sans que l'utilisateur ne s'en rende compte, sauf lorsque la finition intérieure ou extérieure finit par en souffrir (traces d'humidité en pied, décollements de finition intérieure...),

### Cinq types de façade

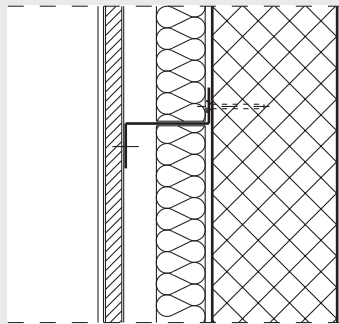


fig. a

#### Façade ventilée

Le parement est mis en œuvre sur une ossature secondaire. Un espace de ventilation sépare le parement de l'isolation thermique.

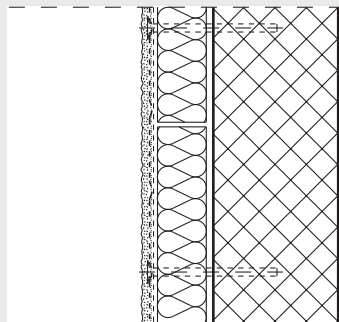


fig. b

#### Façade chaude avec parement type crépi ou parement collé

Le parement est mis en œuvre sur une sous-couche (enduit armé ou plaque rigide)

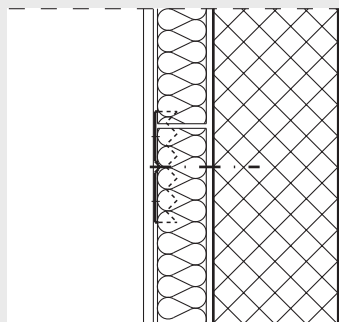


fig. c

#### Façade chaude avec parement par éléments fixés mécaniquement

Le parement est mis en œuvre sur l'isolant sans espace de ventilation

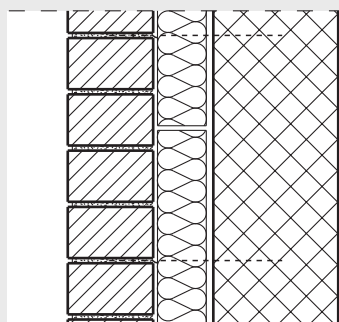


fig. d

#### Double mur

L'isolation thermique est située entre le mur de parement et le mur porteur.

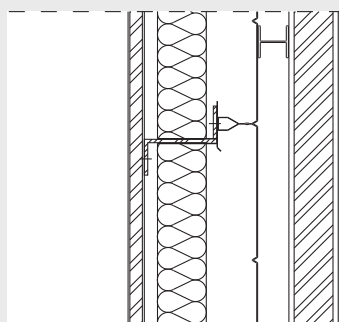


fig. e

#### Bardage double peau

L'isolant thermique est fixé sur des plateaux métalliques. Le parement extérieur est fixé sur une ossature secondaire avec un espace de ventilation.

ou lorsque la facture énergétique ne correspond pas, après quelques années, aux calculs théoriques initiaux.

**FOAMGLAS®**, étanche et ne craignant pas les insectes, mis en œuvre en isolation de double mur (fig. D1), joints de plaques ou panneaux jointoyés, permet à l'entreprise, à la maîtrise d'œuvre et au maître d'ouvrage d'obtenir un résultat thermique parfait.

### Façade légère (fig. e)

Communément appelée bardage double peau, la façade légère permet des solutions économes en matériau, de faible poids et rapide de mise en œuvre. Dans cette technique, l'air extérieur et son éventuelle humidité est en contact permanent avec l'isolation (fig. e1), car la peau extérieure est destinée à être étanche à l'eau, mais pas à l'air. Les risques de corrosions diverses et d'altération de la résistance thermique sont particuliers.

**FOAMGLAS®** ne se tasse pas, ne prend pas l'humidité, il ne nécessite pas de grille anti-rongeurs, l'air humide ne peut pas circuler dans sa structure cellulaire étanche : des façades légères de grande qualité sont possibles avec **FOAMGLAS®** (fig. E1).

## 2 Minimiser les ponts thermiques

Les ponts thermiques issus des fixations nécessaires pour la mise en œuvre des parements extérieurs doivent être minimisés car ils engendrent des pertes énergétiques considérables.

Différentes études ont permis de mesurer l'importance des déperditions de plusieurs systèmes d'isolation par l'extérieur. **Les déperditions de chaleur, en fonction des techniques de fixation utilisées, peuvent être de 10 % à 50 % (et plus encore) supérieures aux valeurs atteintes par l'isolation seule. Cet effet négatif augmente relativement encore si l'épaisseur de l'isolation est plus forte, du fait des ancrages néces-**

### Risques de dégradation par temps froid et humide avec d'autres types d'isolant

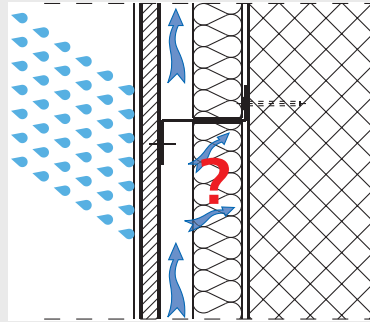


fig. a1

#### Façade ventilée

Si la couche isolante est trop perméable à l'air ou instable, l'air froid et humide entre dans la couche isolante et la résistance thermique de la paroi est altérée. Nota: attention au pare-pluie (cf. page 31)

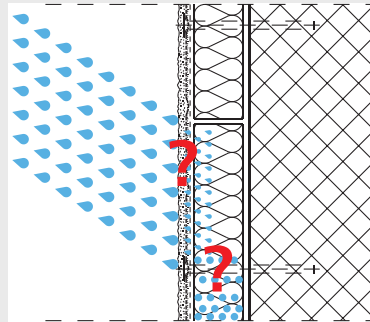


fig. b2

#### Façade chaude avec parement type crépi ou parement collé

Si l'isolation est perméable à l'humidité, la sous-couche et le parement doivent parfaitement la protéger. Les prises d'humidité par capillarité sont aussi un facteur de risque.

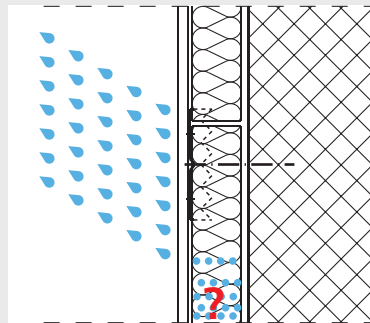


fig. c1

#### Façade chaude avec parement par éléments fixés mécaniquement

Le parement est rarement étanche à l'air. Le risque est une prise d'humidité dans un système non ventilé

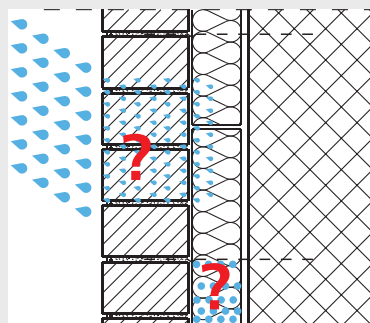


fig. d1

#### Double mur

Par temps froid et humide, une isolation enfermée entre deux murs ne doit pas pouvoir absorber d'humidité par capillarité ou migration d'air

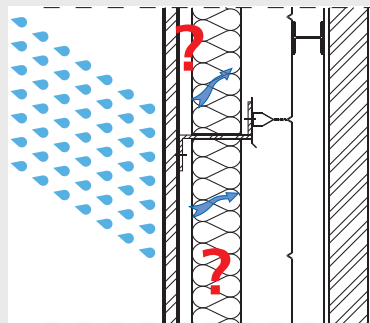


fig. e1

#### Bardage double peau

Les bardages double peau peuvent être altérés thermiquement par temps froid et humide. L'humidité présente dans certains isolants peut aussi favoriser les corrosions

**Avec FOAMGLAS® le temps froid et humide n'a pas d'impact sur la résistance thermique de la façade**

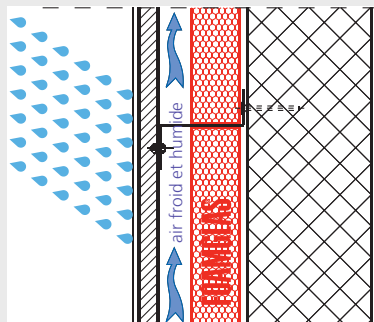


fig. A1

**Façade ventilée**

FOAMGLAS® peut être fixé au support avec collage des joints entre eux. Il réalise lui-même l'écran pare pluie. L'air humide ne peut pas entrer et migrer dans la couche isolante.

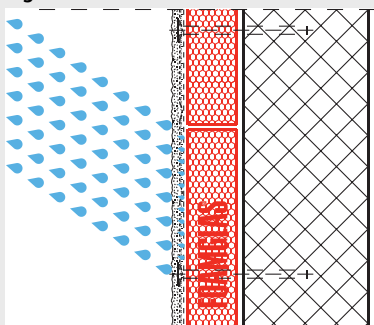


fig. B2

**Façade chaude avec parement type crépi ou parement collé**

FOAMGLAS® est un isolant rigide et étanche et qui ne dilate quasiment pas. C'est un isolant support parfait pour une sous-couche elle-même support de la finition.

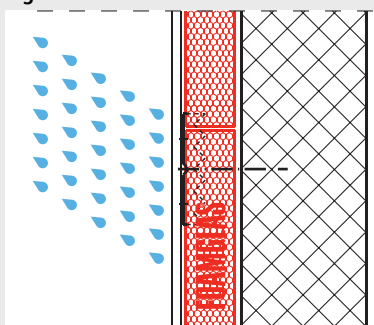


fig. C1

**Façade chaude avec parement par éléments fixés mécaniquement**

FOAMGLAS® n'absorbe pas l'humidité. Il n'a pas besoin d'être ventilé pour garder sa résistance thermique intacte, même s'il est en contact avec de l'air froid et humide.

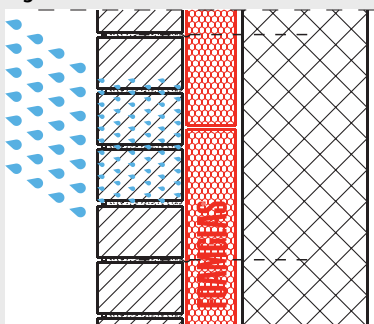


fig. D1

**Double mur**

Si l'humidité franchit le mur extérieur ou provient des fondations, elle ne pourra pas franchir la barrière isolante FOAMGLAS®. De plus l'air froid ne pouvant pas entrer dans FOAMGLAS®, il n'y a pas d'altération thermique.

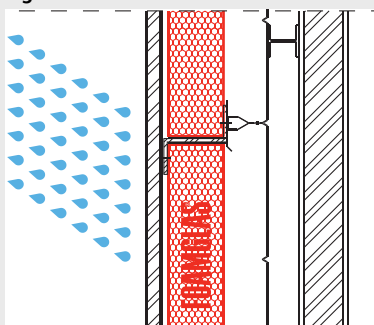


fig. E1

**Bardage double peau**

Les panneaux FOAMGLAS® sont jointoyés entre eux et à l'ossature secondaire. Même par grand vent et par temps froid et humide, la lame d'air sous la peau extérieure ne peut pas altérer la résistance thermique du FOAMGLAS®.

**saies encore plus conséquents. Il s'accroît également en fonction de la perméabilité et des coefficients de dilatation des panneaux isolants.**

FOAMGLAS® Building bénéficie d'une expérience de recherche et développement en la matière avec la mise au point de deux concepts qui optimisent les assemblages.

En 2000, un mandat d'étude intitulé «Sous-structures thermiquement optimisées pour façades ventilées» a été lancé en Suisse par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). L'Equipe FOAMGLAS® Building a reçu le premier prix de l'innovation, pour le nouveau concept **FOAMGLAS®-plus** (fig. F, page 32), destiné aux systèmes avec parements légers et mi-lourds.

En 2005, FOAMGLAS® Building a mis au point le système Foamfix, qui est destiné aux systèmes mi-lourds et lourds, très pratique, par exemple pour la mise en œuvre de pierres agrafées ou de panneaux composites.

**Le concept FOAMGLAS®-plus**



1

fig. 1 Plaquette PC® SP 150/150

Ce nouveau système de fixation pour façades ventilées avec parement léger et mi-lourd permet d'obtenir d'excellentes valeurs en terme de pertes thermiques dues au système de fixation. Les parements sont positionnés avec ou sans lame d'air ventilée devant l'isolation. Il est constitué de plaquettes pré-percées PC® SP 150/150 (fig. 1) qui s'insèrent dans la couche isolante préalablement mise en œuvre, et sont sécurisées par un ancrage par cheville dans la maçonnerie. Ce concept offre un moyen de fixation pour les

## Risques de dégradation en milieu à forte et très forte hygrométrie, avec d'autres types d'isolant.

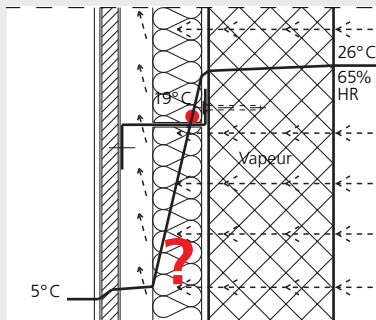


fig. a2

### Façade ventilée

Si la vapeur migre de l'intérieur du bâtiment vers l'extérieur, elle traverse les isolants plus ou moins perméables et risque de se condenser. Elle altère alors la résistance thermique de la paroi tant que celle-ci reste humide. La ventilation doit réguler cette humidité.

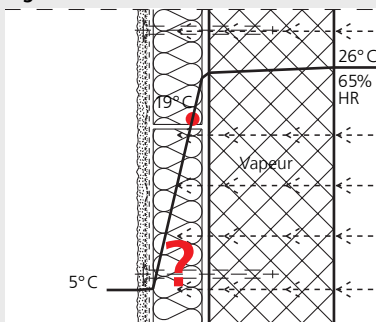


fig. b2

### Façade chaude avec parement type crépi ou parement collé

Si la vapeur pénètre dans l'isolation et se condense, le complexe n'étant pas ventilé, il mettra plus de temps à se réguler. Les risques sont une altération de la résistance thermique et un vieillissement prématuré des parements extérieurs

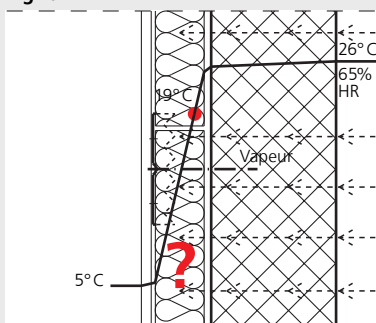


fig. c2

### Façade chaude avec parement par éléments fixés mécaniquement

Dito cas précédent. Les désordres potentiels sont aussi au niveau des fixations.

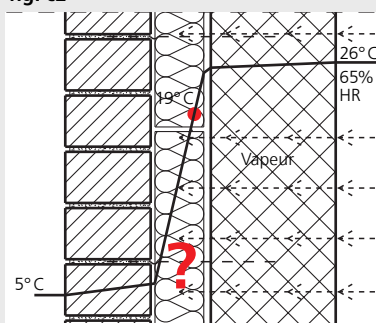


fig. d2

### Double mur

La vapeur migrant de l'intérieur peut se condenser dans la couche isolante et s'accumuler dans le double mur. Les altérations de résistance thermique peuvent être considérables.

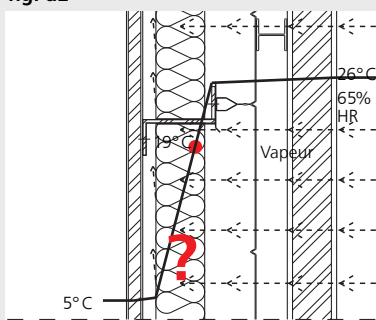


fig. e2

### Façade légère – bardage double peau

Le risque en façade légère est la perte de résistance thermique et des risques de corrosions pouvant altérer la solidité de l'ouvrage. Beaucoup d'isolant ne sont pas autorisés en façade légère en milieu à forte et très forte hygrométrie

parements avec ou sans ossature secondaire. **Grâce à ce concept, les ponts thermiques sont minimisés à l'extrême, constitués des seules chevilles sécurisant l'ancrage, traversant un matériau isolant étanche à l'air et de coefficient de dilatation très faible.**

Ce concept est possible car le FOAMGLAS® peut travailler en compression, sans dégradation de ses performances dans le temps.

## Le concept Foamfix



2

fig. 2 Patte Foamfix

Les pattes Foamfix (fig. 2) permettent la mise en œuvre de parements mi-lourds et lourds avec lame d'air ventilée en minimisant les ponts thermiques et de façon pratique. Dans ce concept également, il n'y a pas à colmater de petites surfaces autour d'ancrages mis en œuvre au préalable de la pose de l'isolant. Les plaques FOAMGLAS® sont mises en œuvre, puis les pattes sont insérées dans la couche isolante jusqu'au contact du mur, et sont chevillées dans la maçonnerie. Foamfix offre un support à l'ossature des parements lourds avec un minimum de ponts thermiques et pratique de mise en œuvre (fig. F, page 32).

**Avec les concepts FOAMGLAS®-plus et Foamfix, les plaques isolantes, étanches à l'air et jointoyées, sont mises en œuvre sur toute la surface du mur à isoler. Il y a continuité thermique. Ensuite les pattes sont mises en œuvre. Les ponts thermiques sont minimales. Le résultat thermique est maximum et durable.**

**3 Maîtriser dans le temps l'efficacité thermique de la façade : nécessaire analyse qualitative du couple matériau/technique d'assemblage.**

Les matériaux isolants, lors de la définition de leur conductivité thermique en laboratoire, sont testés dans des conditions bien définies. Il y a, lors des tests, peu d'humidité, pas de contrainte à la compression, ni de circulation d'air. Il y a dix degrés de différence de température (test Acermi), et pas de variation hygrothermique dynamique, etc... **Une fois mis en œuvre, l'isolant est au prise avec des contraintes réelles bien différentes. Les variations de température et d'humidité sont parfois d'une amplitude importante.** Aussi, pour obtenir un bon résultat, il est recommandé d'analyser qualitativement les matériaux au regard de leur coefficient de dilatation (fig. f1, page 30), des tassements possibles (fig. f2), de leur perméabilité à l'humidité (fig. f3), et de leur vieillissement potentiel. Est-il normal d'avoir une sensation d'humidité dans une maison chauffée et à priori bien isolée ?

Sur ces différents sujets, FOAMGLAS® répond aux exigences nécessaires au bon comportement thermique de la façade :

- FOAMGLAS® résiste à la compression sans tassement
- Son coefficient de dilution est faible et permet le jointoiment des plaques entre elles.
- FOAMGLAS® n'absorbe pas d'humidité et ne nécessite pas de pare-pluie ni de pare-vapeur.

Il est aussi recommandé d'analyser le couple assemblages/matériaux. Par exemple : quelle est l'incidence :

- de la migration d'air et d'humidité en présence d'attaches et d'ossature secondaire ?
- des phénomènes de condensation nocturne, notamment en cas de forte baisse de température, notamment lorsqu'il y a un pare-pluie ? (fig. g1, g2, page 31).

Sur ces différents sujets également, FOAMGLAS® répond aux exigences

**Avec FOAMGLAS® les façades des bâtiments à forte et très forte hygrométrie conservent leurs qualités**

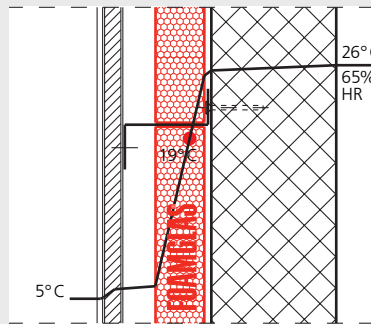


fig. A2

**Façade ventilée**

FOAMGLAS® peut être fixé au support avec collage des joints entre eux. Il réalise alors lui-même l'écran pare vapeur et empêche la vapeur de rentrer dans la couche isolante. La résistance thermique de l'isolation reste inchangée.

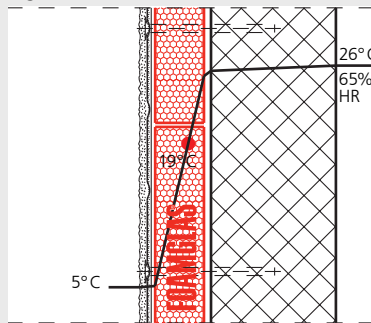


fig. B2

**Façade chaude avec parement type crépi ou parement collé**

Dito cas précédent. Ainsi, les plans de collage des parements extérieurs ont une durée de vie importante, en étant protégés de l'agression de l'humidité venant de l'intérieur du bâtiment.

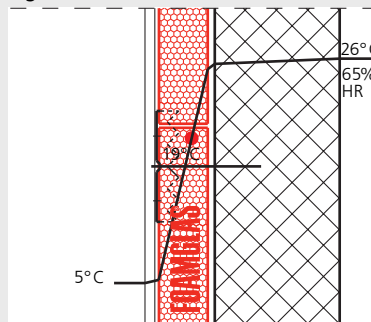


fig. C2

**Façade chaude avec parement par éléments fixés**

Même cas de figure. L'intérêt est aussi d'éviter les risques de corrosion des fixations du parement extérieur.

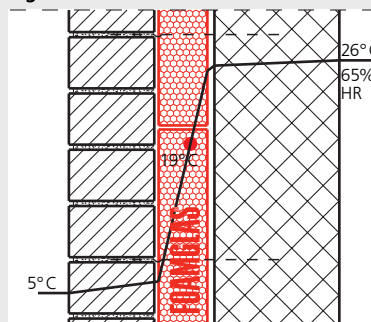


fig. D2

**Double mur**

Si la vapeur franchit le mur intérieur, elle ne pourra pas entrer dans la barrière isolante FOAMGLAS. Il n'y aura pas de condensation. La résistance thermique de la paroi reste inchangée.

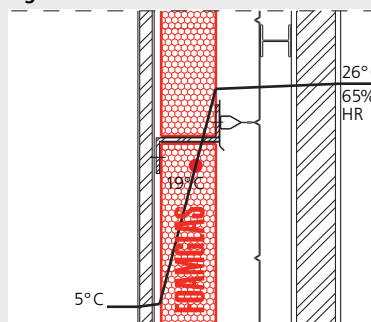
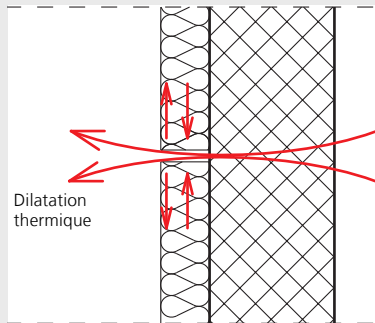


fig. E2

**Façade légère**

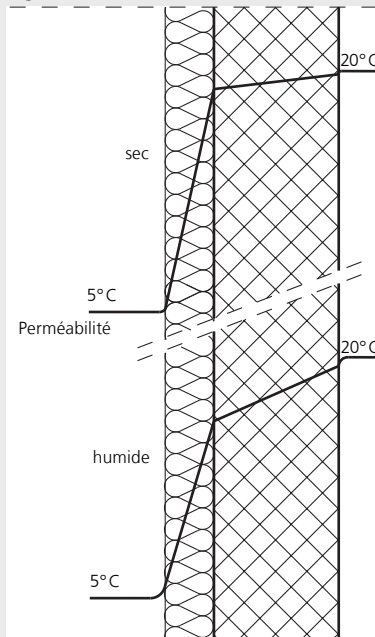
Il peut y avoir des condensations au droit de l'ossature secondaire côté intérieur (plateaux métalliques), mais le système est conçu pour drainer ces éventuels condensats. Ils ne peuvent pas se former dans FOAMGLAS. La couche isolante garde ses performances

## Importance des caractéristiques physiques des isolants



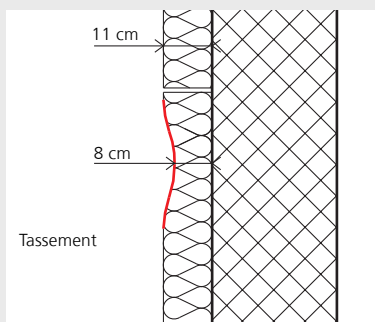
Suivant la nature des isolants, les coefficients de dilatation peuvent être très différents. La dilatation-rétraction des isolants peuvent altérer par fatigue les finitions extérieures et générer l'hiver des ponts thermiques linéaires.

fig. f1



Un isolant, s'il est sec ou humide, engendrera des courbes de température différentes dans la paroi. S'il est humide, la différence de température sera moins grande dans l'isolant et plus grande dans le support que dans le cas où il est sec; la température de surface intérieure est plus froide; les déperditions thermiques seront plus importantes.

fig. f2



La tenue mécanique des isolants a son importance: un isolant de 11 cm qui se tasse de 3 cm perd plus de 20% d'efficacité en résistance thermique.

fig. f3



FOAMGLAS® est incompressible et son faible coefficient de dilatation offre la possibilité unique de coller les plaques isolantes entre elles. FOAMGLAS® est imperméable à l'eau et à la vapeur. Une performance thermique stable par tout temps est réalisable grâce au FOAMGLAS® en paroi verticale.

fig. F

nécessaires au bon comportement thermique de la façade et du bon comportement des fixations.

**FOAMGLAS® est étanche à l'air et les plaques peuvent être collées entre elles. Au droit des fixations mécaniques, les ponts thermiques sont minimes. Il ne peut pas y avoir accumulation de condensats, les fixations et assemblages sont bien protégés des risques de corrosion.**

Deux caractéristiques du FOAMGLAS® sont complémentaires et essentielles dans les techniques qui lui sont associées : l'étanchéité à l'air du matériau issue de sa structure cellulaire hermétiquement close, et sa stabilité dimensionnelle qui permet le collage des panneaux entre eux. Ainsi c'est la couche isolante dans son ensemble qui présente, en tant que système, l'avantage de l'étanchéité à l'air. Avec FOAMGLAS® et la technique du collage des plaques entre elles, il n'y a pas de convection d'air possible à l'intérieur de la couche isolante ou entre les joints de panneaux.

**FOAMGLAS® permet d'atteindre les résultats thermiques pour tout type de façade et sécurise les performances de la paroi dans le temps, même en locaux humides.**

### 4 Cas particulier des locaux à forte et très forte hygrométrie (locaux scolaires, vestiaires, restaurants, cuisines, laveries, piscines, industries,...)

Peinture à refaire trop vite, cloquage des revêtements, décollement de faïence, corrosions de divers éléments du bâtiment, les problèmes qui sont d'origine hygrothermique sont nombreux en locaux à forte et très forte hygrométrie. Une façade qui ne donne plus satisfaction au bout de 15 ou 20 ans, est-ce une façade économique ?

## Ventilation difficile des isolants protégés par un écran pare-pluie

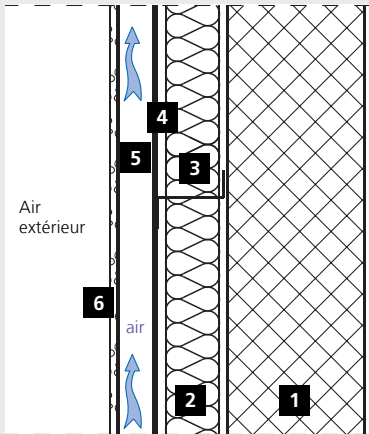


fig. g1

- 1 Élément porteur
- 2 Isolant
- 3 Ecarteur
- 4 Pare-pluie
- 5 Ossature secondaire
- 6 Parement extérieur

T° ext= 15° C  
H.R.= 60 %

Quantité humidité : 7.5 g/m<sup>3</sup>

Si la température extérieure  
baisse rapidement de 10° C  
Condensation

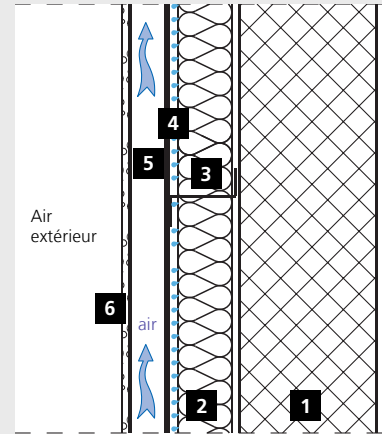


fig. g2

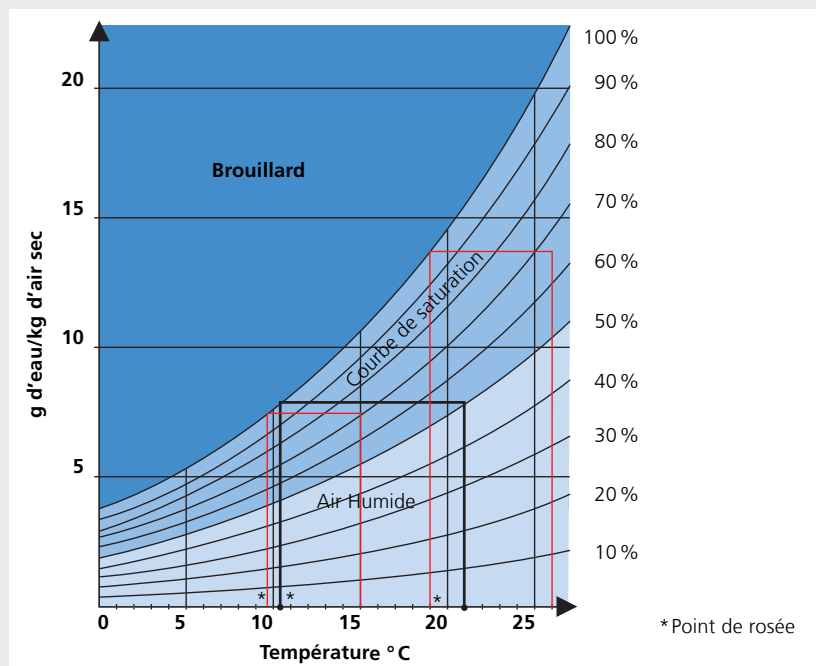
- 1 Élément porteur
- 2 Isolant
- 3 Ecarteur
- 4 Pare-pluie avec en  
sous-face de l'humidité
- 5 Ossature secondaire
- 6 Parement extérieur

T° ext= 5° C  
H.R.= 60 %

Quantité humidité : 3 g/m<sup>3</sup>

Pour éviter que la pluie et l'air humide n'altèrent les isolants perméables, un pare-pluie est souvent utilisé, mais celui-ci n'a pas vocation à être étanche à l'air. Par forte chute de température, l'humidité de l'air située sous le pare-pluie va en partie se condenser. La présence du pare-pluie va freiner sa régulation par ventilation. La résistance thermique de la paroi sera altérée à chaque chute de température, à hygrométrie relative égale. La contradiction technique est que le pare-pluie empêche la pluie d'altérer l'isolation perméable mais qu'il freine considérablement la ventilation dont elle a besoin lors des chutes de température.

## Diagramme de Mollier



Les schémas ci-joints (fig. a2 – fig. d2, page 28) exposent différents risques classiques pour les parois verticales en milieu humide. La température de rosée (cf diagramme de Mollier) est rapidement atteinte dans la paroi, et cela explique la raison de tant et tant de désordres.

FOAMGLAS® présente pour ces ouvrages un intérêt exceptionnel car il est quasiment impossible de réaliser un pare vapeur parfait devant un isolant (un trou d'aiguille suffit à l'humidité pour passer et envahir le volume de la couche isolante) : son étanchéité à la vapeur et le collage des plaques isolantes entre elles. **Mis en œuvre selon ses spécifications, c'est le seul isolant dont les performances ne sont pas altérées par l'humidité.** Grâce à ces qualités, la température de rosée n'est pas atteinte dans la maçonnerie ou les murs en béton ban-



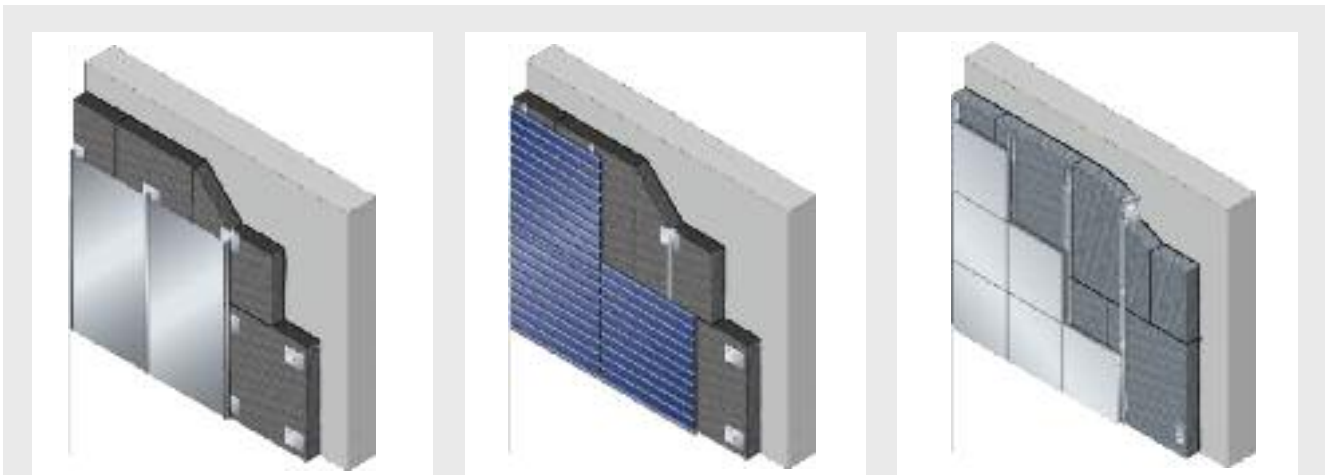


fig. F

Isolation thermique en verre cellulaire FOAMGLAS® avec les concepts de fixation FOAMGLAS®-plus et Foamfix

ché, il n'y a pas altération de la paroi, ni en particulier de ses performances thermiques (fig. A2 – fig. D2, page 29).

Dans le cas des façades légères (fig. e2), le problème est encore plus aigu et les désordres peuvent intervenir très vite. FOAMGLAS® propose un système (fig. E2) qui présente des ponts thermiques et des risques maîtrisés de condensation. Le concept de l'assemblage est tel que les éventuels condensats ne portent pas atteinte à l'intégrité de la paroi (isolant étanche et insensible à l'humidité, jointoiement, prélaquage spécifique des plateaux métalliques positionnés verticalement). Les façades légères isolées en FOAMGLAS®, même en locaux à très forte hygrométrie, se comportent très bien dans le temps.

## Avec FOAMGLAS® les résultats thermiques sont atteints en façade

- FOAMGLAS® est étanche à l'air et à l'humidité
- Les plaques sont jointoyées entre elles, il y a continuité thermique et pare-vapeur
- Les systèmes de fixation innovants FOAMGLAS®-plus et Foamfix minimisent les ponts thermiques
- Même en locaux à forte et très forte hygrométrie, FOAMGLAS® donne pleinement satisfaction
- Les résultats thermiques sont atteints avec FOAMGLAS® et durent la vie du bâtiment