



THEME

Enveloppe dans le neuf



Project cofinanced by



Lead Partner



Sustainable
Construction
in Rural and Fragile Areas
for Energy efficiency

THEME

Enveloppe

CATEGORIE

constructions neuves



Avec des objectifs de consommation énergétique des bâtiments toujours plus réduits, aujourd'hui 50 kwh/m².an (modulable suivant les zones) pour la Réglementation thermique 2012 (RT2012), l'enveloppe du bâtiment doit être particulièrement bien conçue et réalisée.

ETUDES DE CAS

Salle polyvalence de mazan
Bâtiment INEED, Valence

ASPECTS LEGISLATIFS ET REGLEMENTAIRES

Réglementation thermique 2012
Marque Effinergie + BBC
Label Allemand PassivHaus
Label Suisse Minergie -P

FORCES/BENEFICES

Pour atteindre une consommation très faible des bâtiments et ainsi être au niveau d'une construction passive, voire à énergie positive (objectif de la future réglementation thermique 2020 en France) il faut réunir plusieurs "ingrédients" indispensables.

La conception bioclimatique, une enveloppe performante et une ventilation maîtrisée.

Et pour qu'une enveloppe soit performante, il faut veiller à :

Prévoir une isolation conséquente

Limiter les ponts thermiques

Concevoir et mettre en œuvre une étanchéité à l'air parfaite.

Les différentes fonctions de l'enveloppe du bâtiment sont les suivantes: limiter les flux de chaleur à travers la paroi, empêcher les infiltrations d'eau intérieures ou extérieures, empêcher les infiltrations d'air à travers la paroi et gérer la vapeur d'eau.

Nous ne parlerons pas ici des fonctions structurelles d'une paroi pour nous intéresser aux liaisons entre l'enveloppe du bâtiment et les économies d'énergie.

Avec la réglementation thermique 2012, les performances de l'enveloppe ont été largement renforcées par rapport à la RT2005.

La méthode de calcul et l'approche sont différentes, il n'y a pas à proprement parler de recommandation de performance par paroi, alors que c'était le cas pour la réglementation thermique 2005, mais une obligation de résultat.

De ce fait, là où ce n'était pas possible de prévoir une paroi non isolée avec le RT2005, cela pourrait être possible avec la RT2012 (pour un mur capteur pour du solaire passif par exemple). Cependant, pour atteindre les objectifs de la RT2012, il faut que l'enveloppe du bâtiment soit irréprochable et les épaisseurs d'isolant conséquentes.

La conception de l'enveloppe d'un bâtiment dépend de plusieurs facteurs, en France les amplitudes d'altitude et la diversité du climat de notre pays sont tellement importantes qu'il est impossible de prévoir une paroi type qui correspondrait partout. De plus il faut bien penser qu'une enveloppe se compose de paroi opaque, mais aussi de paroi vitrée, et que la bonne et juste répartition de celle-ci (paroi vitrée) suivant les différentes orientations du bâtiments est aussi un facteur très important de la bonne synergie de l'ensemble et de la consommation future du bâtiment.

Les parois vitrées:

Pour les parois vitrées, le choix se portera sur des fenêtres performantes thermiquement parlant pour les parois Nord est et Ouest, pour ce faire leur coefficient U_w devra être le plus faible possible (pour information celui d'un double vitrage de bonne qualité est à $1.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ et celui d'une fenêtre triple vitrage est à moins de $0.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$). Et pour le Sud, les fenêtres devront être performantes pour limiter les pertes mais aussi pour laisser passer le rayonnement solaire et bénéficier des apports

gratuits. On regardera alors le coefficient g: le facteur solaire: la quantité de rayonnement en pourcentage qui passe à travers la fenêtre, $g > 80\%$ pour du double vitrage, moins bon pour du triple vitrage .

On pourra donc différencier les ouvertures placées au Sud (double vitrage performant) des autres ouvertures (triple vitrage par exemple). Il faudra dans tous les cas que ces fenêtres soient prévues pour assurer une bonne étanchéité à l'air durable. Des études montrent que 40 % des fuites d'air incontrôlées se font à cause des menuiseries. Soit la menuiserie en elle-même est fuyante, soit c'est la liaison avec les autres éléments qui assure l'étanchéité à l'air qui n'est pas performante.

A noter aussi que la performance d'une fenêtre ne se mesure pas que à la qualité de son vitrage (coefficient U_g à prendre en compte) mais à celui de la fenêtre complète, le U_w cité ci-dessus. En effet, aujourd'hui pour une fenêtre standard, c'est par le cadre (coefficient U_f) que se font le maximum de pertes. Il faut donc favoriser le choix de menuiserie au cadre performant (bois par exemple avec rupteur pont thermique)

Pour les parois opaques, comme nous l'avons dit, pour qu'un bâtiment soit performant il faut que la paroi assure les rôles suivants : limiter les flux de chaleur à travers la paroi, empêcher les infiltrations d'eau intérieures ou extérieures, empêcher les infiltrations d'air à travers la paroi et gérer la vapeur d'eau.

Limiter le flux de chaleur :

Entre 2 volumes à ambiance différente (un volume chauffé et un non chauffé, l'extérieur par exemple) un état d'équilibre veut être atteint. De ce fait des flux de chaleur vont passer à travers la paroi. Tous les matériaux ont une performance intrinsèque plus ou moins importante à laisser passer les flux de chaleur, cette caractéristique est renseignée par un indicateur, le lambda: λ en $W/m.K$.

Plus le lambda est petit et plus un matériau est isolant. Le lambda varie de 0.06 à 0.024 pour des isolants manufacturés courants. Par comparaison, celui du bois est de 0.15, celui d'un aggloméré de ciment est de 0.9, celui du granit : 2.8, et celui du cuivre: 380.

Pour avoir l'efficacité du matériau mis en œuvre, on s'intéresse à sa résistance thermique R, soit le rapport de son épaisseur sur son lambda. $R = e$ (en m) / λ . La résistance thermique s'exprime en $m^2.K/W$. A l'inverse du lambda, plus la résistance thermique d'une paroi est élevée et plus elle est isolante. La valeur de R recommandée pour la réglementation thermique 2005 pour un mur était de 2.5, avec la RT2012 elle est environ de 4, elle sera de environ de 7 pour le RT 2020. En 15 ans, la valeur d'isolation recommandée aura presque triplée; et vu que cette valeur est liée à l'épaisseur du matériau, les épaisseurs d'isolant auront donc aussi triplées (à moduler car les isolants sont de plus en plus efficaces depuis 15 ans). Pour avoir la résistance thermique R d'une paroi, on ajoute la résistance thermique de tous les matériaux la composant.

Une fois qu'on a calculé le R paroi, on regarde le flux de chaleur la traversant, c'est la valeur de conductance, le U. On obtient le U en faisant l'inverse de la résistance thermique de la paroi: $U = 1/R$.Plus la conductance est faible, meilleure sera l'efficacité de l'isolation. C'est grâce à cet indicateur que l'on peut comparer l'efficacité d'une fenêtre à celle d'un mur. En effet, le U_w et le U_{paroi} sont les mêmes indicateurs.

Un U_{paroi} de 0.2 est recommandé pour un mur de "niveau passif", une fenêtre triple vitrage aura un

Uw de 0.8, on voit donc que malgré l'évolution des performances, une fenêtre reste néanmoins très en dessous d'un mur en terme d'isolation (4 fois moins performant) mais bénéficie d'apport solaire.

C'est aussi grâce à cet indicateur que l'on peut observer l'effet suivant: les premiers centimètres isolent plus que les suivants. En effet, la résistance thermique, le R, est proportionnel à l'épaisseur, plus on augmente l'épaisseur d'un matériau et plus sa résistance thermique augmente. Mais lorsque on regarde la conductance, il faut alors, pour doubler l'efficacité, doubler les épaisseurs, ce n'est donc plus linéaire (pour doubler les performances on doit passer de (en cm) 1 à 2, 2 à 4, 4 à 8 etc ...).

Beaucoup de matériaux et principes constructifs permettent d'atteindre ce niveau de performance. Il faut néanmoins bien penser à intégrer aux calculs la prise en compte des ponts thermiques. Ils sont de 2 sortes: les ponts thermiques de liaison et les ponts thermiques intégrés.

Les premiers sont liés à un raccord de paroi qui va interrompre l'isolation : jonction de dalle et de mur ou de mur de refend et de mur extérieur, par exemple.

Les ponts thermiques intégrés sont une discontinuité de l'isolant en partie courante: ossature métallique pour tenir l'isolant par exemple.

Les ponts thermiques peuvent être linéaires ou ponctuels.

Bien que "physiquement" pas représentatifs sur une paroi, les ponts thermiques peuvent avoir un impact très important sur l'efficacité de l'ensemble. Une ossature métallique de 0.5 mm d'épaisseur et traversant complètement l'isolant du sol au plafond (exemple: ossature de montant en "U" servant à tenir un isolant en panneaux et servant de support pour plaque de plâtre). Si on prend un entraxe (courant) de 60 cm, cette mise en œuvre réduira de 46 % l'efficacité de la paroi isolée ... (R diminué de 46 %). Alors que ramenée au m², la "surface" d'ossature métallique par rapport à la surface d'isolant représente 1/100 de la surface ! Ceci s'explique par le pont thermique intégré généré par le montant et par le caractère "non isolant" de l'acier (λ de 50 pour l'acier / 0.04 pour un isolant: facteur de 1250 !).

Empêcher les infiltrations d'eau intérieures ou extérieures

Une autre fonction de la paroi est de protéger la structure contre les infiltrations d'eau.

Que ce soit par remontée capillaire par le sol ou par humidification de la paroi extérieure. Cette fonction est facile à atteindre avec de nombreux matériaux et finitions différentes, mais comme souvent ce sont les points de détails qui sont négligés.

En effet que ce soit par des enduits (minéraux ou synthétiques), par des bardages (bois ou matériaux composites) ou des vêtements (terre cuite, panneaux dérivé du bois, verre, etc.), l'étanchéité à l'eau, avec une bonne mise en œuvre, est bonne en partie courante. Ce sont les liaisons avec les menuiseries ou les raccords de toiture (arêtier ou noue etc,...) qui représentent beaucoup de risques d'infiltration d'eau.

L'eau d'infiltration et l'eau de condensation étant les principales sources de dégâts du bâtiment nécessitant expertise et réparation, il est important de bien comprendre cet enjeu pour le traiter convenablement. Une réparation à posteriori d'une infiltration d'eau ne vaudra jamais une bonne mise en œuvre initiale.

Empêcher les infiltrations d'air à travers la paroi

Nous avons vu comment quantifier l'efficacité d'une paroi du point de vue thermique, nous avons aussi vu que augmenter indéfiniment l'épaisseur d'un isolant ne nous apporte plus rien au-dessus de certaines valeurs (car il faut doubler l'épaisseur pour doubler l'efficacité: un isolant de 20 cm doit passer à 40 cm pour doubler son efficacité, il n'y a plus de "retour sur investissement" possible avec de tels ordres de grandeur).

Nous avons vu aussi que rien ne sert de mettre en œuvre des isolants de très forte épaisseur si la structure permettant de les maintenir génère des ponts thermiques qui vont affaiblir de façon très importante la paroi complète.

Il reste un troisième élément à prendre en compte pour s'assurer de l'efficacité optimum de la mise en œuvre de l'isolant, c'est l'étanchéité à l'air de la paroi. En effet, les isolants "classiques" (hors isolant sous vide ou isolant mince réfléchissant, mais ces isolants ont un domaine d'emploi très restreint et ne sont donc pas "courants") fonctionnent sur le principe suivant :

ils emprisonnent de "l'air sec immobile" dans les cellules les plus petites possibles.

L'air sec immobile étant un très bon isolant, il y a peu d'échanges par conduction à travers ces matériaux. Et c'est bien ce qu'on cherche : limiter les échanges de chaque côté du matériau pour limiter le flux de chaleur.

Hors si une paroi n'est pas étanche à l'air et par extension si un isolant n'est pas étanche à l'air, un flux d'air va pouvoir passer à travers la paroi et les différents matériaux. Il y aura donc échange de flux de chaleur entre le volume chauffé et le volume non chauffé par convection. Et un isolant s'oppose très peu aux échanges par convection.

L'image qu'on peut garder et qui représente bien ce phénomène est l'image du pull en laine. Avec un pull en laine, on a une isolation qui nous protège bien du froid extérieur, mais si une légère bise se fait ressentir, notre pull en laine ne "fonctionne" plus. Il faut alors remettre un "coupe-vent" pour retrouver la pleine efficacité de l'ensemble. C'est la même idée pour une paroi, un isolant ne sera à son efficacité optimum que si il est confiné et étanche à l'air.

Des études en laboratoire ont été faites pour montrer l'impact d'un défaut d'étanchéité à l'air sur un isolant. Les ordres de grandeur d'affaiblissement sont énormes. A titre d'exemple, une fente de 1 mm de haut sur un isolant de 1m X 1 m avec un passage d'air (soit 0.001 cm² de trou sur une surface de 1 m²) affaiblira d'un facteur 5 l'efficacité de la résistance thermique de cette paroi.

Pour bien prendre en compte ces éléments, la réglementation thermique 2012 impose donc un test permettant de jauger de l'efficacité d'une enveloppe par rapport à l'étanchéité à l'air. Un test "à la porte soufflante" est donc obligatoire pour toute nouvelle construction à partir du 1^{er} Janvier 2013. Ce test consiste à mettre la maison en dépression ou en surpression à l'aide d'un ventilateur et grâce à un ordinateur et des capteurs de pression, de quantifier la quantité d'air qui rentre par les fuites d'air involontaires. La ventilation étant obligatoire, normée et gérée, on ne cherche pas à savoir la quantité d'air passant par la ventilation, on obstrue donc les entrées d'air et les bouches d'extraction lors du test.

Ce genre de test permet 2 choses:

-permet de faire de la recherche de fuite: à l'aide de la main, d'un anémomètre à fil chaud ou de générateur de fumée, on va rechercher les fuites d'air sur les parois

-permet de fournir un indicateur de l'efficacité de l'ensemble, cet indicateur est le $Q_{4pa-surf}$, son unité est le m³/h/m². Le niveau maximum à atteindre pour la RT2102 est de 0.6 m³/h/m² (1 pour les logements collectifs).

Pour le niveau passif, il est beaucoup plus draconien, à savoir : environ $0.2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$.

Il existait déjà une valeur pour la Rt2005, mais elle n'était pas connue et pas respectée, on pouvait donc prendre une valeur par défaut, assez représentative de la réalité en terme de fuite d'air, cette valeur est de $1.3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$. A noter que à l'international, et pour les labels passifs, ce n'est pas cet indicateur qui est pris en compte, c'est le le N50 en volume/heure. Le niveau à atteindre en passif est de 0.6 v/h ce qui n'a rien à voir avec un $Q_{4\text{pa} - \text{surf}}$ à $0.6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ et qui génère parfois des confusions entre les 2 indicateurs.

Pour arriver à avoir une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe, la mise en œuvre de membrane destinée à cet usage est indispensable, membrane ou tout autre matériau assurant cette fonction, un enduit, si il est bien mis en œuvre, étant par exemple étanche à l'air. Les points de risque importants de fuite d'air étant connus: menuiserie, raccord de menuiserie, perçage dû à la mise en œuvre de l'électricité ou de la plomberie, trappe d'accès ou gaine technique, on veillera tout particulièrement en phase de conception à gérer ces points de détails.

On pourra par exemple prévoir une contre cloison technique sur les murs étanches à l'air pour permettre le passage de gaine, câble et tuyau sans percer la membrane. Une attention toute particulière devra être portée à la mise en œuvre des scotchs et membranes pour s'assurer de leur bonne efficacité.

Un test à la porte soufflante en phase de chantier, mais une fois la "couche étanche" terminée", permettra de vérifier l'efficacité de l'enveloppe et "réparer" si nécessaire.

A noter qu'avec ce test à la porte soufflante, c'est la première fois qu'on testera un élément du gros/second œuvre dans le bâtiment. Jusqu'à maintenant, seule l'électricité, l'installation gaz et l'assainissement étaient vérifiés.

Gérer la vapeur d'eau

La dernière fonction d'une paroi est de gérer les transferts de vapeur. Un isolant étant efficace quand il enferme de l'air sec immobile, on veille à ce que qu'il y ait un minimum de vapeur d'eau qui puisse passer dans la paroi. En effet remplacer l'air, un bon isolant, par de la vapeur d'eau, un mauvais isolant, réduira de façon importante l'efficacité de l'isolation. De plus de la vapeur d'eau migrant à travers le mur (par diffusion) risque de condenser dans les périodes de grand froid. Il y aura alors de l'eau "liquide" dans le mur, de la condensation, et nous avons déjà vu que c'est une des principales sources de dégradation du bâti.

Pour limiter le risque de condensation et la migration de vapeur d'eau dans le mur, on applique le principe suivant:

on limite au maximum l'entrée de la vapeur dans le mur. Mais si la vapeur d'eau entre, il faut qu'elle puisse s'évacuer sans problème. On freine ou pare la vapeur en entrée mais on la laisse s'évacuer à l'extérieur.

Pour pouvoir quantifier ceci, on compare un indicateur, le Sd (en m) .Cet indicateur correspond à la perméabilité à la vapeur d'eau du matériau concerné. C'est le rapport du mu (sans unité) par l'épaisseur, en m, du matériau.

$$Sd = \mu * e \text{ (en m)}$$

Le Sd correspond à l'épaisseur équivalente de lame d'air. Plus il est petit et plus un matériau laisse passer la vapeur d'eau. Dans une paroi courante doublée par l'intérieur, c'est généralement la membrane étanche à l'air qui assure aussi la fonction de régulation de la vapeur d'eau. Pour avoir une paroi où le risque de condensation est faible, on applique un facteur 5. La couche intérieure doit être 5 fois plus étanche à la vapeur d'eau que la couche extérieure ($Sd_{\text{int}} = 5 \times Sd_{\text{ext}}$) .

On peut aussi se servir du diagramme de Glaser (méthode statique simplifiée qui permettait de vérifier le risque de condensation suivant les matériaux mis en œuvre) ou faire une simulation hygrothermique dynamique (avec un logiciel comme Wufi par exemple) pour s'assurer de la bonne conception de la paroi.

FAIBLESSES/DESAVANTAGES

Aujourd'hui, les moyens, que ce soit techniques, matériaux ou matériels, de rendre une paroi performante sont connus et maîtrisés. La conception d'une enveloppe performante aussi. Il y a pourtant cependant des freins à la diffusion très large de ce niveau d'exigence.

Les 2 raisons principales sont:

- D'ordre économique: les maîtres d'ouvrage ne raisonnent souvent qu'en coût d'investissement, les banquiers aussi. Or, investir un peu plus pour l'enveloppe du bâtiment est le gage assuré de faire des économies d'énergie...et de faire des économies tout court.

Il faut donc raisonner en coût global : coût d'investissement et coût d'exploitation.

L'énergie que nous payons pour alimenter nos moyens de chauffage ne cessera d'augmenter, le coût d'investissement supplémentaire que nous aurons mis dans la structure de notre bâtiment est lui unique et connu. C'est donc relativement hasardeux de construire un bâtiment inefficace du point de vue thermique et de ce fait, ne pas savoir combien nous coûtera l'énergie que nous allons devoir dépenser pour le chauffer. Les ordres de grandeur d'augmentation sont énormes: le prix de l'électricité va augmenter de 30 % en 5 ans et celui du pétrole n'est pas près de baisser. Même les énergies moins chères aujourd'hui, comme le bois, augmenteront proportionnellement au prix du pétrole.

- La deuxième raison est technique : à tous les niveaux d'actions du bâtiment (industriel, négoce , artisan) il reste un énorme travail de sensibilisation et de formation à faire. Le bâtiment est un milieu qui a beaucoup d'inertie....les habitudes sont longues à faire changer. Les augmentations de performance importantes demandées par la Rt 2012 et les nouvelles obligations: étude thermique, étanchéité à l'air etc... ne sont pas faciles à mettre en œuvre par tous les intervenants sur le terrain . Il ne s'agit pas à proprement parler d'un manque de compétences mais juste d'un manque de formations.

SUGGESTIONS POUR PALIER LES FAIBLESSES

Pour pallier à ces problèmes; plusieurs pistes de réflexions sont possibles:

- introduire l'idée du coût global dans les façons de raisonner.

A partir du moment où le coût d'utilisation est pris en compte en phase conception de projet, il paraît évident que la basse consommation, et même le passif, sont rentables économiquement malgré le coût d'investissement supplémentaire.

-la deuxième piste de réflexion est le renforcement de la diffusion de message lié aux économies d'énergie et à la performance énergétique. Il faut que cela devienne un leitmotiv dans le bâtiment.

Ceci et un renforcement de la formation pour tous les corps de métiers devrait permettre de développer les chantiers avec des bâtiments exemplaires où l'enveloppe sera traitée parfaitement. L'objectif étant d'être prêt pour 2020...

Bibliographie références sites web

www.ademe.fr

www.cstb.fr



Sustainable
Construction
in Rural and Fragile Areas
for Energy efficiency

Project cofinanced by



European Regional Development Fund



Lead Partner

- Province of Savona (ITALY)



Project Partner

- READ S.A.-South Aegean Region (GREECE)
- Local Energy Agency Pomurje (SLOVENIA)
- Agência Regional de Energia do Centro e Baixo - Alentejo (PORTUGAL)
- Official Chamber of Commerce, Industry and Navigation of Seville (SPAIN)
- Chamber of Commerce and Industry - Drôme (FRANCE)
- Development Company of Kefalonia & Ithaki S.A. - Ionia Nisia (GREECE)
- Rhône Chamber of Crafts (FRANCE)
- Cyprus Chamber Of Commerce and Industry - Kibris (CYPRUS)
- Marseille Chamber of Commerce (FRANCE)



NÉOPOLIS

