

# LA MAISON PASSIVE

✉ Véronique Feldheim – Professeur



**Maison** : n.f. (lat. *mansio*, de *manere*, demeurer) Bâtiment d'habitation, bâtiment construit pour n'abriter qu'une famille, logement où l'on habite, édifice privé ou public servant à un usage particulier

**Passif, ive** : adj. (bas lat. *passivus*, susceptible de souffrir) qui n'agit pas de soi-même, qui n'accomplit pas d'action

**Maison passive** : un bâtiment qui assure un climat intérieur confortable en été comme en hiver sans avoir recours à un système conventionnel de chauffage ou de refroidissement.

**Comment peut-on y parvenir ? Quels sont les éléments à considérer afin de concevoir de tels bâtiments ? Réponse avec cette fiche pédagogique.**

Par opposition aux systèmes actifs de production d'énergie comme par exemple les capteurs solaires thermiques, le solaire passif (et la maison passive en particulier) fait référence à un ensemble d'idées simples à mettre en œuvre dans un bâtiment pour utiliser au mieux l'énergie solaire sans technologie particulière ajoutée (si l'on excepte le système de ventilation du bâtiment).

L'idée de la maison passive en tant que telle est née lors d'un voyage d'étude du professeur Wolfgang Feist (Institut für Wohnen und Umwelt – Institut for Housing and the Environment - Darmstadt) en Suède et de sa rencontre avec le professeur Bo Adamson (Université de Lund) : ils ont formalisé le premier label « passif » en 1988. La ville de Darmstadt a rapidement manifesté son intérêt pour accueillir des maisons expérimentales et en 1991, les quatre premiers logements étaient habités. Après vérifications par des mesures en tous genres, il s'est avéré que les maisons passives répondaient parfaitement à leurs objectifs. Même lors de l'hiver 1996/1997, qui a été particulièrement rigoureux, et alors que des maisons traditionnelles connaissaient des problèmes de confort, les quatre logements passifs n'ont pas augmenté leur consommation d'énergie et ont réussi à préserver une température ambiante agréable tout l'hiver. Pour l'anecdote, il est amusant de savoir que ces quatre logements étaient quand même équipés de radiateurs (qui n'ont finalement jamais servi) parce que les concepteurs n'avaient pas osé y renoncer...

## COMMENT CELA FONCTIONNE-T-IL ?

Pour savoir comment il est possible d'atteindre de telles performances, il est nécessaire de comprendre de quoi dépend la consommation en énergie pour le chauffage d'un bâtiment.

## UN PEU DE PHYSIQUE/THERMIQUE DU BÂTIMENT...

Un bâtiment doit être conçu pour garantir aux occupants un niveau de confort acceptable tout au long de l'année. Il doit les protéger à la fois des conditions climatiques hivernales et estivales : les occupants doivent avoir suffisamment chaud l'hiver et ne pas subir des températures excessives lors de la belle saison.

## DES PAROIS PARFAITEMENT ISOLÉES (OU PRESQUE)

Pour ce faire, l'enveloppe du bâtiment doit être conçue intelligemment : l'enveloppe du bâtiment, ce sont ses murs, fenêtres, plancher sur le sol, toiture qui fixent la frontière entre l'intérieur et l'extérieur. Dans un bâtiment passif, l'enveloppe doit être très bien isolée. Tous ses composants, pris individuellement doivent présenter d'excellentes

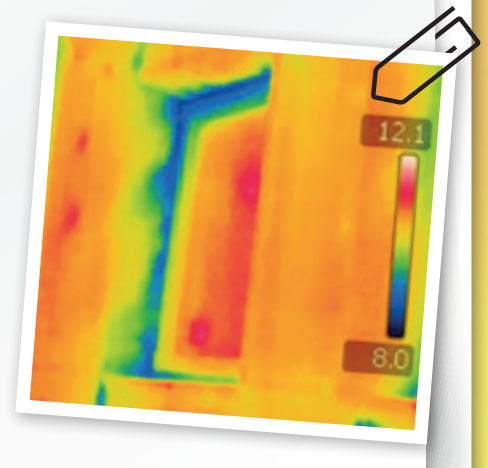
performances d'isolation, ainsi que les jonctions entre ces éléments (les ponts thermiques).

Pour caractériser la performance d'un élément de paroi, on calcule sa résistance au transfert de chaleur. Au plus cette résistance est élevée, au plus la paroi est performante. La résistance thermique d'une paroi est évaluée en sommant les résistances de tous ses composants. Par exemple, pour un mur classique comportant de l'intérieur vers l'extérieur un bloc porteur (par exemple un bloc de béton cellulaire), une couche d'isolant et une brique de parement, la résistance thermique sera donnée par la somme des résistances de ces trois couches, en ajoutant deux résistances supplémentaires qui traduisent les phénomènes superficiels le long des parois (convection et rayonnement entre la surface de la paroi intérieure et l'environnement intérieur du bâtiment et convection et rayonnement entre la surface de la paroi extérieure et l'environnement extérieur du bâtiment). La résistance d'un élément de paroi est proportionnelle à son épaisseur et inversement proportionnelle à sa conductibilité thermique. La conductibilité thermique d'un matériau représente l'énergie (quantité de chaleur) transférée par unité de surface et de temps sous un gradient de température de 1 Kelvin par mètre. Elle s'exprime en  $W/(m.K)$  ou  $J/(s.m.K)$ .

En thermique du bâtiment, on parlera plutôt de coefficient de déperdition d'une paroi ou coefficient  $U$  donné en  $W/m^2.K$ . Ce coefficient est simplement l'inverse de la résistance thermique qui vient d'être définie. Pour atteindre le standard passif, on recommande d'atteindre une valeur  $U$  inférieure à  $0.15 W/m^2.K$  pour une paroi opaque. Cela conduira généralement à des épaisseurs d'isolant importantes (par exemple jusqu'à 30 cm d'isolant dans la toiture).

FIGURE 1

La thermographie infrarouge (IR) est une technique de mesure de température à distance, basée sur le rayonnement émis par les surfaces visées dans le spectre infrarouge. Au plus la température de la surface est élevée, au plus celle-ci sera capable d'émettre de l'énergie par rayonnement. On doit également tenir compte de l'émissivité des surfaces (leur capacité à émettre du rayonnement) pour traduire le signal reçu par le détecteur de la caméra de thermographie IR en niveaux de température. Un logiciel de traitement du signal convertit ensuite les niveaux de température en niveaux de couleur pour une meilleure lisibilité des résultats.



Lors de l'isolation du bâtiment, il faudra également veiller à la continuité de l'isolant pour éviter ce qu'on appelle les « ponts thermiques ». Les ponts thermiques (aussi appelés nœuds constructifs) correspondent à des zones du bâtiment où les déperditions sont plus importantes parce que la continuité de l'isolation n'est pas garantie par exemple. On peut les mettre en évidence par des mesures de température par thermographie infrarouge (exemple figure 1) et on peut évaluer numériquement leur sévérité, à l'aide d'un logiciel (exemple figure 2 et 3). Les simulations numériques permettront aussi d'évaluer l'intérêt des solutions proposées pour diminuer l'impact des ponts thermiques dans le bilan énergétique global du bâtiment. Il suffit parfois d'augmenter localement l'isolation pour résoudre un pont thermique.

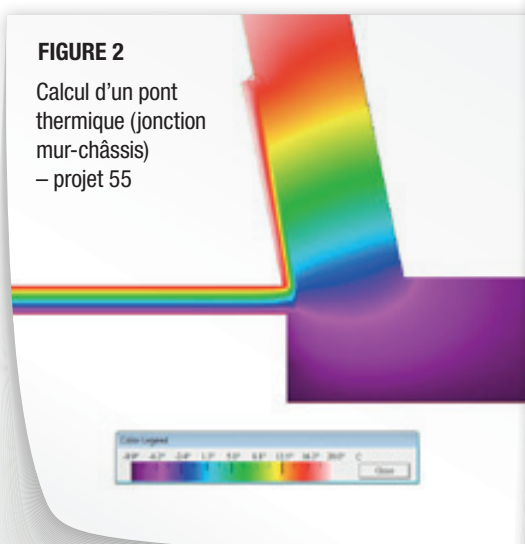
### UN BÂTIMENT CORRECTEMENT VENTILÉ

Les échanges de chaleur entre le bâtiment et son environnement ne sont pas uniquement dus aux transferts énergétiques à travers les parois de son enveloppe. Il faut aussi tenir compte de la ventilation du logement. L'air situé à l'intérieur du bâtiment doit toujours présenter des qualités correctes pour le confort des occupants. Cela signifie en particulier une concentration limite en CO<sub>2</sub>. Si le bâtiment est parfaitement isolé thermiquement mais non ventilé, les occupants n'y vivront pas confortablement.

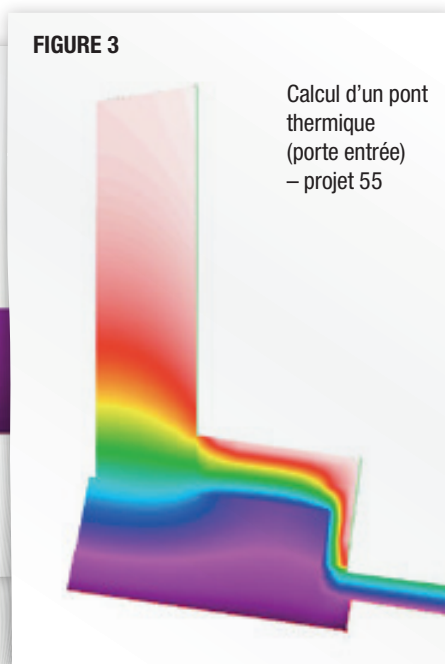
Chaque être humain qui respire produit une certaine quantité de CO<sub>2</sub> ainsi que de la vapeur d'eau. Sans renouvellement de l'air du bâtiment, ces éléments se concentrent, entraînant des risques pour la santé. Un taux de CO<sub>2</sub> trop élevé entraîne une perte d'attention (qui ne s'est jamais endormi dans une salle de classe insuffisamment ventilée ?) ainsi que des nuisances (80% des personnes sont incommodées par les odeurs corporelles de leurs voisins dans un local avec une concentration en CO<sub>2</sub> supérieure à 1000 ppm – parties par millions). Une concentration en vapeur d'eau trop élevée peut donner lieu à des condensations sur les parois les plus froides du local ainsi qu'au développement de moisissures.

Il faut donc ventiler son logement. Mais qui dit ventilation dit également déperditions énergétiques : on remplace l'air chaud à l'intérieur du logement par de l'air froid provenant de l'extérieur, l'air neuf. Cet air froid devra être réchauffé pour maintenir les conditions de confort. Afin de ne pas alourdir le bilan énergétique du bâtiment, ce réchauffage de l'air neuf de ventilation se fera en utilisant un échangeur de chaleur. Le bâtiment sera donc équipé de tuyauteries pour l'arrivée d'air neuf, pulsé grâce à un ventilateur ainsi que pour l'extraction d'air vicié : on parlera de ventilation mécanique double flux avec récupération d'énergie.

Le système de ventilation devra être installé dans un bâtiment dont l'étanchéité sera par ailleurs quasi parfaite, afin d'éviter des entrées d'air parasites.



**FIGURE 2**  
Calcul d'un pont thermique (jonction mur-châssis) – projet 55



**FIGURE 3**  
Calcul d'un pont thermique (porte entrée) – projet 55

### UN BÂTIMENT ÉTANCHE À L'AIR

Un troisième point d'attention est donc l'étanchéité du bâtiment. Le label « maison passive » exige une étanchéité particulièrement soignée pour le bâtiment. Cette étanchéité doit d'ailleurs être contrôlée par un test d'étanchéité : le « blower door test » ou test de pressurisation. On met le bâtiment sous pression ou en dépression (par rapport à l'environnement extérieur) et on mesure le débit d'air qui s'échappe ou qui entre dans le bâtiment par toutes ses imperfections (toutes ses inétanchéités). Le résultat de ce test doit donner un taux de renouvellement de l'air du bâtiment inférieur à 0.6 volume par heure pour une différence de pression de 50Pa.

Lors de la réalisation du bâtiment, il n'est pas évident de le rendre étanche en une seule fois. Les différents corps de métier qui se succèdent sur un chantier doivent d'ailleurs être conscientisés à cette problématique pour éviter de devoir traquer trop de fuites lors du test de pressurisation. On doit être particulièrement attentif au percement des membranes d'étanchéité lors du passage des gaines techniques (exemple : tuyaux pour les câbles électriques).

Lors du test de pressurisation, on remplace une ouverture du bâtiment (porte ou fenêtre) par l'installation de test (voir figure 4). L'ouverture qui est choisie doit être une des ouvertures les plus étanches du bâtiment. On met ensuite le bâtiment sous pression (ou en dépression) et on vérifie toutes les jonctions du bâtiment (lien entre mur et fenêtre, châssis des fenêtres, lien entre le mur et le plancher, ...) à l'aide d'un test de thermographie infrarouge ou bien en injectant de la fumée. Le moindre courant d'air perturbe le panache de fumée et permet la détection d'une fuite. Avec la thermographie infrarouge, on va visualiser le rayonnement émis dans l'infrarouge par la surface de la zone analysée et vérifier si des différences significatives de température sont présentes là où on soupçonne un défaut d'étanchéité. Une fois la zone du défaut

“ Les échanges de chaleur entre le bâtiment et son environnement ne sont pas uniquement dus aux transferts énergétiques à travers les parois de son enveloppe. Il faut aussi tenir compte de la ventilation du logement. ”

identifiée, il faut corriger le défaut (ex : bandes visibles sur la figure 5).

En rénovation, l'étanchéité poussée est particulièrement difficile à atteindre. Il faut parfois refaire le test de pressurisation plusieurs dizaines de fois avant d'atteindre le seuil de 0.6 renouvellement par heure pour une différence de pression de 50 Pa !

### DES APPORTS ÉNERGÉTIQUES GRATUITS !

Une maison passive ne fonctionnera pas seulement grâce à ses déperditions réduites, elle tirera également parti des gains solaires qui pénètrent à l'intérieur grâce à l'ensemble de ses parois vitrées. On veillera donc à l'orientation optimale des surfaces vitrées afin d'avoir un maximum d'apports énergétiques « gratuits » en hiver (les rayons du soleil) tout en évitant la surchauffe en période estivale. Il ne serait pas énergétiquement efficace de concevoir un bâtiment qui ne nécessite pas de chauffage en période froide mais qui soit équipé d'une climatisation pour éviter les températures trop élevées à la belle saison. On veillera donc à équiper, le cas échéant, le bâtiment passif, de protections solaires adéquates pour limiter les apports solaires en conditions estivales.

FIGURE 4

Installation de «blower door test» ou test de pressurisation d'un bâtiment – projet 55



FIGURE 6

Isolation de la façade avant par l'intérieur – projet 55



FIGURE 7

Isolation de la dalle de sol avec projection de polyuréthane – projet 55

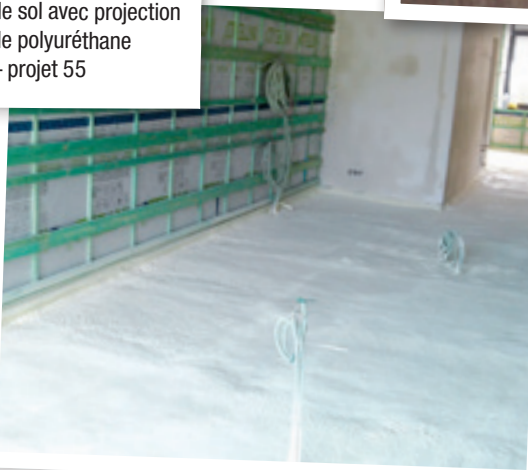


FIGURE 5

Étanchéité – correction des défauts



## LA CERTIFICATION MAISON PASSIVE

Afin d'obtenir la certification « maison passive » décernée par la plateforme maison passive asbl ou PMP, quelques critères doivent être respectés. Les besoins nets en énergie pour le chauffage du bâtiment (les BNE) doivent être inférieurs à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an, le bâtiment ne peut pas présenter des besoins énergétiques pour le refroidissement. Le test d'étanchéité à l'air du bâtiment doit conduire à un taux de renouvellement de l'air inférieur à 0.6 volume par heure (pour une différence de pression de 50 Pa) et la probabilité du risque de surchauffe doit rester inférieure à 5%. Enfin, la consommation en énergie primaire (chauffage, eau chaude sanitaire, auxiliaires, production solaire et cogénération) doit être calculée

pour le bâtiment ou l'unité de logement et sa valeur doit être mentionnée dans le certificat.

### DES BNE INFÉRIEURS À 15 KWH/M<sup>2</sup>.AN

Les besoins nets en énergie pour le chauffage seront simplement calculés en sommant les déperditions du bâtiment par transmission et par ventilation et en retranchant de cette somme l'ensemble des apports énergétiques gratuits dont le bâtiment bénéficiera (les apports solaires et les apports internes). Les apports internes correspondent à la puissance dégagée par les occupants (environ 100 W par personne), l'éclairage et les équipements du bâtiment (ex : machines). Les déperditions du

bâtiment sont proportionnelles au coefficient de déperdition (par transmission ou par ventilation) et à la différence de température entre l'intérieur du bâtiment et l'extérieur.

### LE PASSIF EN RÉNOVATION

Atteindre le standard passif avec une nouvelle construction constitue déjà, pour beaucoup, un réel challenge. Est-il pour autant uniquement réservé à la construction neuve ?

Réponse avec le partage d'expérience de la société Homeco qui réalise actuellement un projet NZEB au centre-ville de Mons. Elie Delvigne et Xavier Bachelart, tous deux ingénieurs civils architectes FPMs se sont lancé un défi : faire de leurs bureaux un site exemplaire de démonstration du standard passif (ou plus) appliqué à la rénovation. Il s'agit du projet 55 (voir site [www.homeco.be/projet-55](http://www.homeco.be/projet-55), Figure 6 et figure 7).



[www.homeco.be/projet-55](http://www.homeco.be/projet-55)

“ Une maison passive ne fonctionnera pas seulement grâce à ses déperditions réduites, elle tirera également parti des gains solaires qui pénètrent à l'intérieur grâce à l'ensemble de ses parois vitrées. ”

Ce projet vise la rénovation d'une maison de maître de centre-ville en bâtiment zéro-énergie, c'est-à-dire répondant aux critères passifs et compensant le peu de consommation restante en chauffage, refroidissement éventuel et éclairage par une production d'énergie renouvelable locale. Les moyens à mettre en œuvre pour atteindre cet objectif sont « relativement » simples : isoler l'enveloppe du bâtiment (isolation par l'intérieur du mur avant – la maison étant le long du boulevard, il n'était pas possible de réaliser une isolation par l'extérieur de cette façade –, isolation par l'extérieur des murs à l'arrière, isolation des versants de toit et des toitures plates, isolation de la dalle de sol, installation de vitrages et châssis très performants). L'étanchéité à l'air doit être soignée (taux de renouvellement de l'air n50 de 0.6 par heure), des protections solaires seront installées à l'arrière pour limiter la surchauffe en été, un système de ventilation double flux avec récupération de chaleur sera prévu. Les besoins résiduels en chaud et froid seront comblés grâce à une pompe à chaleur. L'éclairage sera assuré par des LED performants et régulés et enfin, des panneaux photovoltaïques sont installés pour compenser le reste des consommations énergétiques.

Concrètement, l'isolation par l'intérieur du mur existant en briques s'est faite avec 16 cm de laine de bois pour atteindre un U de 0.23 W/m²K (voir figure 6). L'isolation des murs à l'arrière comprend 23 cm de cellulose entre ossatures bois avec une isolation extérieure complémentaire en polystyrène de 16 cm d'épaisseur pour atteindre un U de 0.10 W/m²K. L'isolation des toitures plates et des versants de toit comprend 23 à 30 cm de cellulose dans la charpente et minimum 6 cm d'isolation extérieure de type « Sarking ». Quant à la dalle de sol, son isolation a été réalisée via la projection de 15 cm d'épaisseur de polyuréthane pour atteindre un U de 0.14 W/m²K (voir figure 7). Les vitrages et châssis sont très performants : double vitrage à l'arrière et triple vitrage à l'avant pour une performance moyenne de 0.95 W/m²K. Enfin, le bâtiment a atteint un taux de renouvellement d'air n50 de 0.58 par heure une fois que tous les problèmes d'inétanchéité ont été résolus.



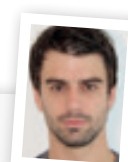
Le système « Sarking » est un procédé d'isolation thermique des toitures inclinées caractérisé par la pose de panneaux isolants rigides au-dessus des chevrons ou des fermettes. Les panneaux sont généralement en mousse synthétique ou en verre cellulaire, plus rarement en laine de roche rigide incompressible.

### LA MAISON PASSIVE EN BELGIQUE

Les bâtiments passifs en Belgique, une anecdote ? Actuellement, le recensement des certificats passifs décernés en Wallonie et à Bruxelles reprend 11 bureaux, 3 crèches, 325 logements collectifs et 214 maisons unifamiliales. Ces chiffres sont en constante augmentation depuis la naissance de la PMP en 2006. Ils ne vont faire que croître encore à l'avenir si l'on sait que les directives européennes en matière de performance énergétique des bâtiments imposent à tous les états membres d'avoir des exigences de type ZEB (« Zero Energy Building ») ou NZEB (« Nearly Zero Energy Building ») à l'horizon 2020 pour toute nouvelle construction. On parlera alors de bâtiments qui produisent, sur une année, suffisamment d'énergie pour compenser tous leurs besoins, par exemple grâce à des panneaux solaires photovoltaïques et des systèmes de stockage.

### Sources

- Dictionnaire Larousse
- Plate-forme Maison Passive : [www.maisonpassive.be](http://www.maisonpassive.be)
- Projet 55 Homeco : [www.homeco.be/projet-55/](http://www.homeco.be/projet-55/)
- La maison passive – Introduction pour les architectes et les futurs maîtres d'ouvrage – Adeline Guerriat – La Cambre
- Energie + le site : [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be)
- Vade Mecum Résidentiel – Guide d'aide à la conception de bâtiments à haute performance énergétique



### Contributeurs

- Elie Delvigne et Xavier Bachelart (projet 55)