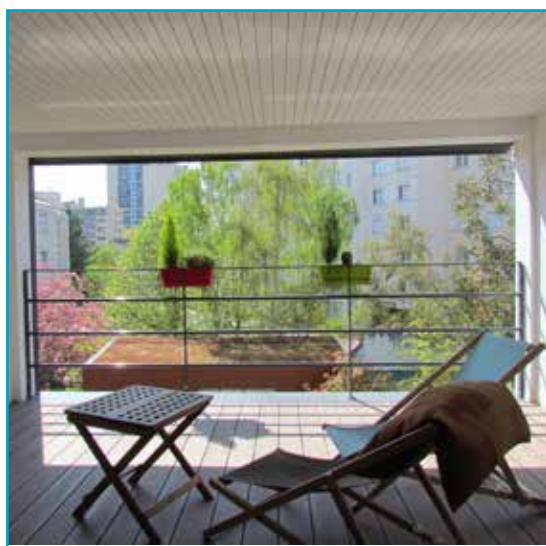


Construction d'une maison individuelle très performante à Boulogne-Billancourt



BÂTIMENTS

Soucieux d'optimiser le confort de son logement et la maîtrise de ses consommations d'énergie, un couple de propriétaires bouloonnais s'est lancé dans l'aventure de la construction, avec pour objectif l'atteinte du niveau passif. Bénéficiant d'une exposition idéale, la maison se veut être un terrain d'expérimentation laissant une large place à l'innovation et à l'amélioration continue. Bénéficiant d'une enveloppe très performante, cette maison de 250 m² nécessite un apport de chaleur très limité, fourni par un système spécifique adapté aux besoins !



Façade sud de la maison (à gauche) et loggia au 2ème étage (à droite) - Source : GPSO Energie

Lieu

Boulogne-Billancourt (92100)

Dates

Lancement des travaux : 2011

Clôture des travaux : 2014

Chiffres

Surface de la maison : 250 m² habitables (R+3)

Volume chauffé : 732 m³

Acteurs

- **Maîtrise d'oeuvre** : autoconstruction par le biais de la société JPML, créée par le propriétaire.
- **Ingénieur thermicien** : Denis Consigny (validation des choix techniques)



La conception

Le propriétaire a basé la conception de son habitation sur le bon sens en se fixant pour objectif de vivre dans un logement efficace, que ce soit en termes de confort, de consommations énergétiques ou de simplicité d'usage. Les choix techniques et architecturaux, réalisés de manière empirique, ont ensuite été retravaillés et validés par un ingénieur thermicien, afin d'atteindre le niveau de performance requis pour l'ensemble des critères de performance du label allemand Passivhaus®.

Orienté de manière optimale, la maison est dotée de nombreuses ouvertures en façade sud-ouest afin de favoriser le réchauffement passif hivernal. Des stores extérieurs et des loggias permettent d'éviter les surchauffes estivales, en limitant la pénétration du rayonnement solaire.

Le logement est par ailleurs parfaitement isolé thermiquement afin de réduire au maximum les déperditions thermiques. Les besoins en chauffage, très faibles, peuvent ainsi être couverts par un système non conventionnel, conçu par le propriétaire.

Un système de domotique doit venir compléter cette conception performante afin de piloter ces équipements de manière automatique et performante. Des sondes de température et de CO² permettront notamment de réguler le débit de ventilation en fonction de l'évolution des besoins.



Loggia au 2ème étage de la maison - Source : GPSO Energie

LE LABEL ALLEMAND PASSIVHAUS®



Les bâtiments passifs sont des bâtiments dont la consommation d'énergie globale est très réduite, grâce à une **enveloppe thermique très performante** permettant de limiter le besoin de chauffage, et à la **mise en œuvre de systèmes et d'équipements peu énergivores**.

Le label Passivhaus® permet de valider les performances des bâtiments passifs, grâce à un référentiel de certification reposant sur 3 critères :

- Une consommation annuelle de chauffage inférieure à 15 kWh_{eff}/m²/an*,
- Une étanchéité à l'air de l'enveloppe maîtrisée, avec un volume de fuite inférieur à 0,6 volume/h sous une pression de 50 pascals,
- Une consommation en énergie primaire* totale (électroménager inclus) inférieure à 120 kWh_{eff}/m²/an.

*Pour rappel, l'énergie primaire intègre la consommation finale totale, mais également la consommation nécessaire à la production et à la transformation de cette énergie. Elle dépend donc du facteur de conversion de la source d'énergie.

L'enveloppe thermique

QUELQUES RAPPELS

La résistance thermique (R) représente la performance de l'isolation en prenant en compte l'épaisseur de la paroi ainsi que la conductivité thermique. Plus elle est élevée, plus la paroi est isolante. Cette résistance s'exprime en $m^2.K/W$.

Le lambda (λ) représente la conductivité thermique du matériau. Plus elle est faible, plus le matériau est isolant. Cette conductivité s'exprime en $W/m.K$.

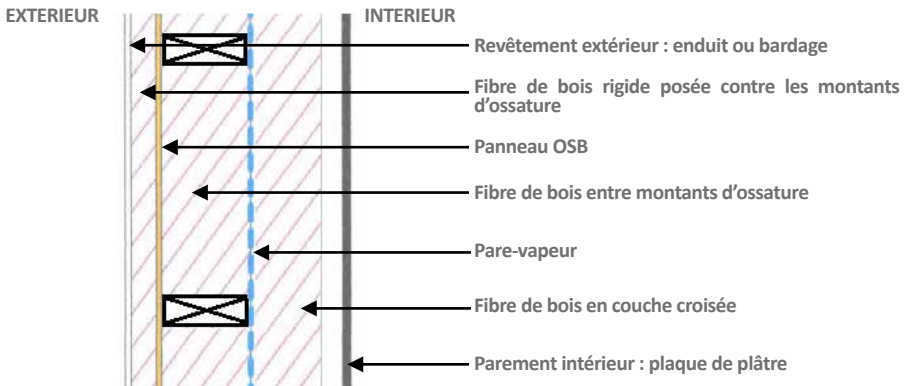
La masse volumique (ρ) représente la densité du matériau, c'est-à-dire sa capacité d'accumulation de chaleur, et donc son potentiel de rayonnement. Elle s'exprime en kg/m^3 .

La transmission thermique U représente l'aptitude d'une paroi à transmettre la chaleur, c'est-à-dire sa déperdition. Plus elle est faible, plus la paroi est performante. C'est l'inverse de la résistance thermique. Elle s'exprime en $W/m^2.K$. On l'utilise pour caractériser la performance des parois vitrées (U_g pour le vitrage, U_w pour l'ensemble menuiserie + vitrage)

Basées sur une ossature bois, l'ensemble des parois de la maison ont été isolée de manière très performante afin de réduire au maximum les déperditions thermiques par conduction. Une attention particulière a également été portée à l'étanchéité à l'air, afin de supprimer toute source de fuite ou d'infiltration d'air froid.

• Les murs

L'ensemble des murs donnant sur l'extérieur ont été isolés avec 300 mm de fibre de bois. Grâce à cette isolation performante, le complexe de façade atteint une résistance thermique totale de $7,75 m^2.K/W$.



Composition des murs donnant sur l'extérieur - Source : JPML

Le pare-vapeur est mis en œuvre entre les couches d'isolants, ce qui permet d'éviter les percements pour le passage des gaines techniques et d'assurer le maintien de l'étanchéité à l'air, garantissant la pérennité des performances de la maison.



Matériaux	Épaisseur posée (cm)	Masse volumique (kg/m ³)	Conductivité thermique (W/m.K)	Résistance thermique (m ² .K/W)
Fibre de bois rigide (pare pluie)	4	180	0.044	0.91
Panneau de particules	1	550	0.15	0.08
Fibre de bois souple	14	50	0.038	3.68
Pare-vapeur	/	/	/	/
Fibre de bois souple	12	50	0.038	3.16
Plaque de plâtre	1.3	785	0.32	0.04
R des murs donnant sur l'extérieur				7.87

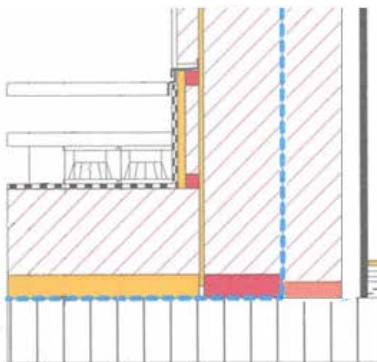
Détails structurels des murs (de l'extérieur vers l'intérieur) et résistances thermiques

• La toiture

La toiture-terrasse a été isolée avec 160 mm de polyuréthane, matériau performant de par sa conductivité thermique très faible, sur plancher bois massif. Ce complexe permet d'atteindre en toiture une résistance thermique totale de 7 m².K/W.

Matériaux	Épaisseur posée (cm)	Masse volumique (kg/m ³)	Conductivité thermique (W/m.K)	Résistance thermique (m ² .K/W)
Plancher bois en lamellé-collé (épicéa)	12	600	0.15	0.08
Isolant mousse polyuréthane haute densité	16	32	0.023	6.95
R de la toiture				7.03

Détails structurels de la toiture et résistances thermiques



Continuité de l'isolation au niveau des planchers des loggias
Source : JPMVL

Les planchers bas et hauts des loggias ont par ailleurs été isolés de la même manière afin d'assurer la continuité de l'enveloppe thermique de la maison.

Une partie de la toiture-terrasse est par ailleurs recouverte d'un complexe de végétalisation extensif (sédum) en modules, simples à mettre en œuvre et ne nécessitant pas d'entretien.

Ce complexe permet de réguler les débits d'eau pluviale et d'éviter l'engorgement des canalisations en cas d'orage, tout en contribuant à l'isolation phonique et thermique de la maison. Il apporte également de l'inertie à la paroi, améliorant ainsi le confort thermique d'été.



Les eaux de pluie sont également récupérées et stockées dans une cuve enterrée pour l'arrosage du jardin.



Dalles préculтивées pour la végétalisation de toiture
© Ecosedum

• Les planchers

Le plancher bas est isolé avec 2 épaisseurs croisées de 8 cm de mousse de polystyrène extrudé en panneaux sur dalle béton, permettant d'obtenir une résistance thermique de $5.6 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Une chape de compression vient ensuite supporter les lambourdes sur lesquelles repose le parquet bois. Les espaces entre lambourdes sont comblés avec des billes de vermiculite, qui viennent accroître la résistance thermique de la paroi.

Les planchers intermédiaires en bois lamellé collé ont été isolés avec 10 cm de laine de verre en sous-face, complétée d'une couche de liège et d'une sous-couche entre le plancher et le parquet afin d'assurer une isolation phonique entre les étages.

Si ce complexe permet de limiter la transmission des bruits aériens, les bruits d'impacts ne sont en revanche pas suffisamment atténués.

• Les parois vitrées

L'ensemble des menuiseries extérieures sont mixtes (bois/aluminium) et isolées avec de la fibre de bois pour limiter les ponts thermiques. Elles sont dotées de triple-vitrages très performants à faible émissivité ($U_g = 0,53 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$).

La performance globale des fenêtres atteint un niveau très élevé avec un $U_w = 0,73 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$, ce qui permet de réduire significativement les déperditions de chaleur liées aux ouvertures et fait disparaître la sensation de paroi froide, engendrant ainsi un plus grand confort. Elles sont certifiées par l'Institut Passivhaus pour leur performance.



Menuiseries à triple vitrage et rupture de pont thermique
Source : André Menuiserie



Détail sur le rez-de-chaussée vitré de la façade sud - Source : GPSO Energie

Ménisèrie	Épaisseur de vitrage (mm)	Type de vitrage	Transmission thermique U_w ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)	Facteur solaire
Bois/Alu	4/18/4/18/4	Triple vitrage à faible émissivité, gaz argon	0.73	0.53

Caractéristiques techniques des vitrages



• Étanchéité à l'air

Dans une construction, de nombreuses sources de fuites d'air involontaires peuvent entraîner un débit d'air parasite non maîtrisé. La surface cumulée de ces défauts d'étanchéité à l'air dans une maison individuelle classique de 100 m² peut atteindre l'équivalent de la surface d'une feuille A4.

Dans une maison très performante, un débit de fuite équivalent représenterait une source de déperditions considérable.

La construction passive nécessite donc d'intégrer une réflexion approfondie sur toutes les sources de fuites afin de réduire ce débit parasite.

Un premier test d'étanchéité a donné un résultat provisoire de n_{50} de 1.3 vol/h et a permis d'identifier et de corriger les principales sources de fuites, notamment au niveau des jonctions de dalles de plancher.

Un test final doit être réalisé afin de quantifier l'étanchéité à l'air de la maison après colmatage des fuites et confirmer le respect du standard passif pour ce critère ($n_{50} < 0,6$ vol/h)



Porte soufflante utilisée pour mettre le bâtiment en dépression ou surpression lors du test de perméabilité à l'air.

Source : GPSO Energie

LA PERMÉABILITÉ DE L'AIR DANS UN PASSIVHAUS®

Dans le cadre du label Passivhaus®, la perméabilité à l'air est caractérisée par le débit de fuite sous un différentiel de pression de 50 pascals (équivalent à un vent artificiel de 32 km/h appliqué sur l'ensemble des façades extérieures). Il est noté n_{50} et s'exprime en volume/heure.

Le label passif correspond à une limite de débit de fuite d'air à 0,6 volume/heure, contre un débit de 9 volumes/heure pour une étanchéité à l'air moyenne, soit un débit de fuite 15 fois inférieur pour une construction passive. Chaque unité de n_{50} gagnée permet de générer entre 2 et 5 kWh/m²/an de gain énergétique.

Des systèmes sur mesure

• Renouvellement d'air

Le renouvellement d'air est assuré par surpression grâce à une ventilation mécanique par insufflation (VMI), couplée au système de chauffage. L'air extérieur est insufflé dans la maison grâce à un ventilateur, après avoir été préalablement réchauffé grâce à un échangeur aérotherme. L'air est extrait au niveau des pièces humides et récupéré pour la production d'eau chaude.



• Chauffage et eau chaude sanitaire

L'eau chaude sanitaire est produite grâce à deux ballons thermodynamique de 200 litres, grâce à une pompe à chaleur spécifique qui récupère les calories de l'air extrait par le système de ventilation.

Les besoins en chauffage de l'ensemble de la maison sont faibles. Ils sont assurés par un système expérimental imaginé par le propriétaire et son ingénieur thermicien, par détournement du fonctionnement des deux chauffe-eau thermodynamiques utilisés pour la production d'eau chaude.

Les deux ballons de stockage permettent de réchauffer un liquide dans un serpentin intégré. Ce liquide passe ensuite dans des échangeurs aérothermes qui transfèrent la chaleur à l'air insufflé dans le logement par la VMI.

Ce système consomme néanmoins beaucoup d'énergie. Près du tiers de la consommation annuelle

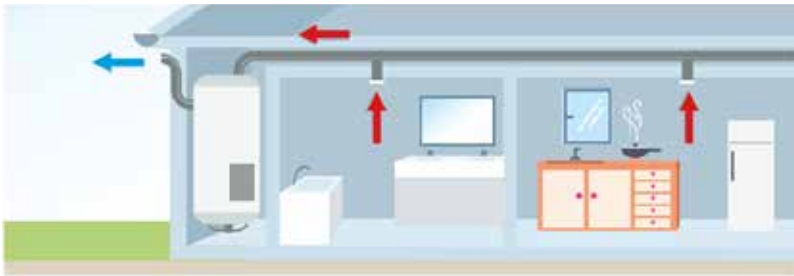


Schéma d'un chauffe-eau thermodynamique sur air extrait (CETI-airextrait)

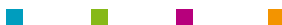
Source : ADEME – Atelier des Giboulées

du logement est imputable aux pompes de circulation et aux ventilateurs, dont les puissances restent élevées (45W pour les pompes et environ 300 W pour les ventilateurs).

Le propriétaire a donc prévu de modifier son installation afin d'en améliorer le rendement.

Une pompe à chaleur géothermique alimentera directement les aérothermes et permettra également de rafraîchir la maison en période estivale.

Les pompes et ventilateurs seront par ailleurs remplacés par des modèles plus efficaces, avec des puissances moindres (respectivement 4 et 40W), ce qui devrait engendrer des économies d'énergie substantielles.

**POUR EN SAVOIR PLUS**

CONTACTS

Agence Locale de l'Énergie - GPSO Energie
Espace Info Energie
2, rue de Paris
92190 Meudon

infoenergie@gpso-energie.fr
www.gpso-energie.fr

N° Vert 0 800 10 10 21



Quelques fiches techniques sur la même thématique :

- Construction d'une maison passive à Issy-les-Moulineaux
- L'étanchéité à l'air
- L'isolation thermique de la toiture
- L'isolation thermique des murs
- Les isolants naturels

