



Retour sur la construction en images

Pôle énergie Bourgogne-Franche-Comté
Maison des énergies
50 rue Paul Vinot
70400 Héricourt

www.pole-energie-bfc.fr



● Le terrain avant la construction



*Terrain marécageux devant le lycée Louis Aragon
avant le début des travaux*

Avant de pouvoir construire le futur bâtiment, quelques difficultés majeures sont rencontrées avec le terrain. Celui-ci se situe dans une zone humide et le sol est relativement meuble sur une épaisseur de 6 à 7 mètres. La présence de roches cristallines dans le sous-sol lui confère une exposition au risque radon.

Il a donc été nécessaire de renforcer le sol pour rendre le terrain constructible, s'affranchir des mouvements de terrain liés au gonflement, à la rétractation et prendre les mesures nécessaires pour limiter le risque radon.

La situation du terrain permet de bénéficier d'une vue paysagère intéressante au cœur de la ville, sur un espace de biodiversité préservé au sud de la parcelle. Une véritable opportunité pour associer l'architecture bioclimatique au confort visuel.

Fondations profondes et gros œuvre

Principe de réalisation

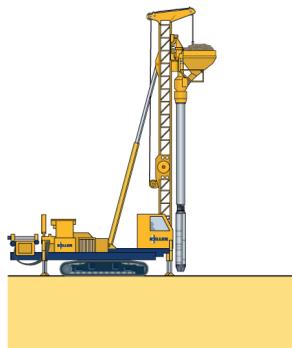
1 Préparation

La machine est mise en station au-dessus du point de forçage, et stabilisée sur ses vérins. Un chargeur à godet assure l'approvisionnement en agrégats.



2 Remplissage

Le contenu de la benne est vidé dans le sas. Après sa fermeture, l'air comprimé permet de maintenir un flux continu de matériau jusqu'à l'orifice de sortie.



Le renforcement du sol a été réalisé avec la technique des colonnes ballastées. Simple et n'utilisant que des matériaux bruts de type cailloux qui ne nécessitent aucune transformation, ni aucun liant, cette technique s'inscrit pleinement dans la démarche HQE. Le sol est renforcé et la construction peut démarrer comme sur n'importe quel terrain.

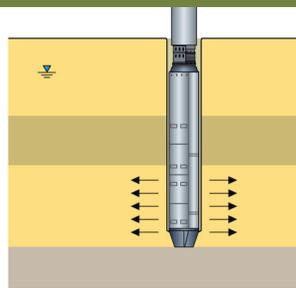
Pour la Maison des énergies, 150 colonnes de 800 mm de diamètre sont ainsi forées, ce qui représente plus d'un kilomètre et près de 500 m³ de matériaux.

Une partie des murs du bâtiment est enterrée. Ils sont constitués d'un béton banché, isolé par l'extérieur avec une couche de polystyrène extrudé de 20 cm, dont la *résistance thermique*³ est de 5,13 m²K/W. Ce polystyrène est ensuite habillé d'une membrane étanche à l'eau. La terre végétale vient ensuite recouvrir l'ensemble. A l'intérieur, l'aspect du béton brut est conservé.

³ Résistance thermique (m²K/W) : la résistance d'un matériau au passage de la chaleur

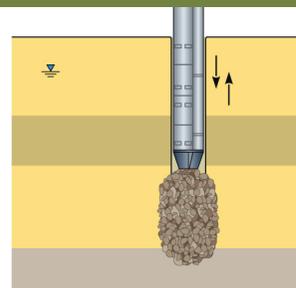
3 Fonçage

Le vibreur descend, en refoulant latéralement le sol, jusqu'à la profondeur prévue, grâce à l'insufflation d'air comprimé et à la poussée sur l'outil.



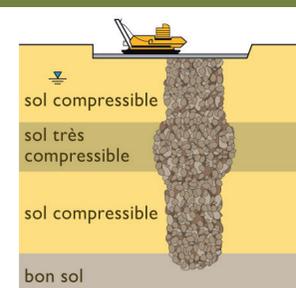
4 Compactage

Lorsque la profondeur finale est atteinte, le vibreur est légèrement remonté et le matériau d'apport se met en place dans l'espace ainsi formé. Puis le vibreur est redescendu pour expandre le matériau latéralement dans le sol et le compacter.



5 Finition

La colonne est exécutée ainsi, par passes successives, jusqu'au niveau prévu. Les semelles de fondations sont alors réalisées de manière traditionnelle.



Fondations profondes et gros œuvre



Renforcement du sol par la technique des colonnes ballastées



Coffrage de la cage d'ascenseur



Coffrage du support du mur en pisé et longrines dessinant le contour du bâtiment



Application de colle bitumée à froid pour isoler l'extérieur du mur enterré

La barrière anti-radon

La zone présentant un fort potentiel *radon*³, des mesures préventives sont nécessaires pour éliminer ce risque. Quelques choix relativement simples permettent de prendre en compte cette problématique dès la conception du bâtiment :

- une construction sur terre-plein : afin de diminuer les risques, la maison est conçue sans sous-sol ni vide sanitaire.
- un sol étanche : afin de parer à d'éventuelles remontées de radon dans le bâtiment, une barrière anti-radon est mise en place sous forme d'une membrane en polyéthylène de 0,20 mm d'épaisseur installée sur un lit de sable en dessous de l'isolant et de la dalle.
- une mise en dépression du sous-sol : c'est le meilleur moyen d'éviter le risque radon. Des puisards sont raccordés à un tube PVC pour remonter directement à l'extérieur du bâtiment et créer un chemin d'évacuation du radon afin d'éviter qu'il ne s'accumule et se concentre sous la dalle. Le réseau fonctionne d'abord en tirage naturel. Il peut être rendu actif avec la pose d'un ventilateur.

L'isolation du plancher est exécutée par des panneaux en polyuréthane sans gaz fluorés (gaz à effet de serre) de 15 cm avec une *résistance thermique*⁴ de 6,67 m²K/W.

³ Radon : c'est un gaz rare, radioactif, incolore, inodore et d'origine le plus souvent naturelle.

⁴ Résistance thermique (m²K/W) : résistance d'un matériau au passage de la chaleur



*Isolation sous dalle du rez-de-chaussée
et raccordement de la barrière anti-radon*

● Le bois : matériau principal

Le bois est omniprésent dans la Maison des énergies, de l'ossature au bardage en passant par le *platelage*⁵, les plafonds acoustiques, la poutre maîtresse d'1,40 m d'épaisseur, l'escalier, les menuiseries intérieures, certaines menuiseries extérieures et l'isolation par l'extérieur. Plusieurs essences sont utilisées : sapin, épicéa, mélèze, robinier, etc. Le bois est également utilisé pour le chauffage.

Les éléments de l'ossature bois ont été préfabriqués en atelier puis assemblés par les charpentiers sur le chantier. La poutre maîtresse a été taillée à la main car la machine numérique de l'entreprise ne permettait pas un usinage supérieur à 1,20 m.

⁵ Platelage : nom donné à un plancher en charpente.



Ossature bois avant isolation

Le bois : matériau principal



Poutre maîtresse, support de l'ossature du 1er étage



Charpente du rez-de-chaussée, support de la terrasse



Mariage de matières entre le béton et le bois

● L'étanchéité à l'air



Etanchéité à l'air à l'intérieur du bâtiment

Tous les *contreventements*⁶ intérieurs sont réalisés avec des panneaux *OSB*⁷ en bois. Ils servent de *frein-vapeur*⁸ et assurent aussi le rôle d'étanchéité à l'air sur les parois verticales. Les adhésifs verts visibles sur les photos viennent traiter les raccords d'étanchéité entre les panneaux. Au plafond, des bandes de membrane *pare-vapeur*⁹ sont installées pour protéger l'isolant (installé en toiture) de l'humidité et assurer la fonction d'étanchéité à l'air du plafond.

⁶ Contreventement : pièce d'une construction destinée à garantir celle-ci contre les déformations résultant d'éventuelles poussées horizontales.

⁷ OSB : panneau de grandes particules orientées ou OSB, aussi appelé panneau à copeaux orientés et panneau structural orienté. C'est un produit dérivé du bois.

⁸ Frein-vapeur : film partiellement étanche à la vapeur d'eau

⁹ Pare-vapeur : film totalement étanche à la vapeur d'eau

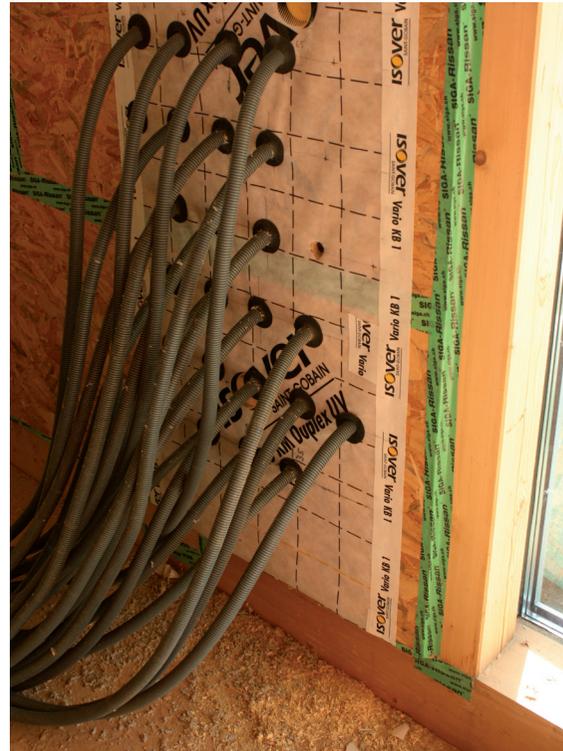


Etanchéité des murs avec des panneaux OSB raccordés entre eux par de l'adhésif et traitement de points singuliers

L'étanchéité à l'air



Passage d'une poutre



Passage de câbles



Encadrement des menuiseries extérieures

● L'isolation extérieure et intérieure



Isolation extérieure du bâtiment après insufflation de ouate de cellulose et pose de panneaux en fibre de bois

Ce bâtiment se veut exemplaire en matière d'efficacité énergétique. Cela passe donc par une forte isolation de l'enveloppe permettant la réduction des besoins en énergie.

L'isolation principale du bâtiment est réalisée par insufflation. Cette technique particulière consiste à injecter sous pression et à sec, de la *ouate de cellulose*¹⁰ en vrac, directement dans l'épaisseur des ossatures (180 mm). Les fibres sont comprimées dans un volume fermé par un géotextile pour atteindre une densité de 55 kg/m³. Cette densité importante limite le phénomène de tassement et garantit l'efficacité de l'isolation sur le long terme. La même technique est employée pour l'isolation de toute l'épaisseur des plafonds.

Cette isolation extérieure est complétée par des panneaux rigides de fibres de bois de 80 mm, fixés du côté extérieur de l'ossature avec une triple fonction : assurer la fermeture du complexe, rompre les *ponts thermiques*¹¹ au droit des poteaux et former un pare-pluie. Ce matériau écologique et naturel est issu du recyclage du bois.

Pour l'isolation intérieure, ce sont des cloisons en plaques de plâtre haute dureté (ou hydrofuges pour les pièces humides) qui séparent les différents espaces. La laine de roche appliquée sur une épaisseur de 80 mm isole thermiquement et phoniquement ces cloisons dans le but de réduire le bruit provenant de l'extérieur. Les plaques de plâtre peuvent ensuite être posées.

¹⁰ Ouate de cellulose : matériau isolant composé à 85 % de journaux recyclés

¹¹ Ponts thermiques : variation de résistance thermique de l'isolation dans l'enveloppe du bâtiment

L'isolation extérieure et intérieure

Coupe du mur

écorché de mur

La majeure partie des murs de ce bâtiment sont constitués de :

- ossature bois de 180 mm d'épaisseur ;
- contreventement intérieur utilisant des panneaux OSB ;
- isolation dans l'épaisseur de l'ossature par 180 mm de ouate de cellulose à 55kg/m³ (insufflée par l'extérieur dans des coffrages déjà créés par : l'ossature elle-même, le contreventement intérieur et le géotextile extérieur) ;
- une isolation par l'extérieur en fibre de bois assez dense de 80 mm fixée mécaniquement sur l'ossature ;
- une isolation par l'intérieur en laine de roche de 80 mm d'épaisseur, insérée entre le contreventement intérieur (qui joue aussi le rôle de pare vapeur et de barrière étanche à l'air) et les plaques de plâtre, contribue également à une meilleure isolation acoustique et permet de remplir le vide technique créé.



Insufflation de ouate de cellulose dans l'ossature



Géotextile et fibre de bois en isolation extérieure



Laine de roche en isolation intérieure **12**

● La technique du pisé : l'inertie du bâtiment



Construction d'un mur en pisé en couches tassées puis en briques de terre préfabriquées

La Maison des énergies est construite selon le procédé de l'ossature bois. C'est une structure assez légère mais qui manque toutefois d'*inertie thermique*¹² pour garantir un confort d'été acceptable. Les concepteurs du bâtiment ont donc choisi de rajouter de la masse à l'intérieur du bâtiment pour stocker la chaleur. Le choix s'est tourné vers une technique ancienne, le *pisé*¹³, qui présente de nombreux avantages.

Cette technique met en œuvre des matériaux bruts présents localement, qui ne nécessitent pas de transformation. Par ailleurs, le mur est capable de réguler naturellement l'humidité à l'intérieur du bâti.

La terre est un matériau simple et efficace avec une *énergie grise*¹⁴ très faible en raison de son mode d'extraction, du transport sur faible distance, et très facilement recyclable en fin de vie.

¹² Inertie thermique : résistance dans le temps au changement de température d'un matériau lorsque intervient une perturbation de celle-ci

¹³ Pisé : c'est un système constructif en terre crue, comme la bauge ou le torchis. On le met en œuvre dans des coffrages, traditionnellement appelés banches. La terre est idéalement graveleuse et argileuse, mais on trouve souvent des constructions en pisé réalisées avec des terres fines.

¹⁴ Energie grise : quantité d'énergie nécessaire au cycle de vie des matériaux (extraction, transformation, transport, mise en œuvre, utilisation, entretien, recyclage)

La technique du pisé : l'inertie du bâtiment



Pour monter ces murs de 90 cm d'épaisseur, des coffrages sont nécessaires. A l'aide de planches appelées «banches», ces coffrages en bois, confectionnés sur place, sont remplis de terre. Celle-ci est insérée par couches de 30 cm, tassées avec une dameuse pneumatique réduisant l'épaisseur à 20 cm. L'opération est renouvelée jusqu'à l'obtention de la hauteur souhaitée, ce qui explique les différentes couches visibles.

Ce compactage provoque des efforts importants sur les banches qui doivent être renforcées par des lattes en bois. Des tirants évitent l'écartement lors du damage de la terre.

A l'étage, les murs en pisé sont complétés avec une maçonnerie en briques de terre crue préfabriquées et assemblées avec un enduit terre. Il s'agit d'une autre technique de construction du mur en pisé. Certains murs s'effritant et ne donnant pas le rendu prévu ont été renforcés avec une armature métallique de type grillage (à droite sur la photo) puis recouverts d'un enduit en terre assurant une belle finition (à gauche du visuel).

● Du plafond au plancher



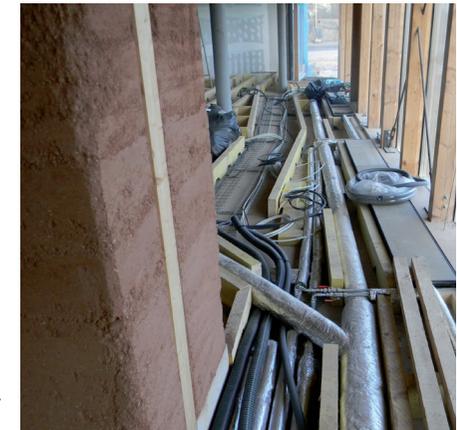
Isolation, étanchéité et acoustique des plafonds

Le plafond bois de la Maison des énergies est composé d'une ossature primaire pour plenum (espace entre le plafond et le faux plafond), d'un feutre acoustique noir et de lames en bois massif de 22 mm disjointes laissant environ 20% d'espace libre. L'ensemble constitue un plafond décoratif en bois capable de garantir le confort acoustique. Légèrement incliné, il permet de concentrer davantage la lumière à l'intérieur du bâtiment.

Afin d'éviter au maximum les volumes inutilement chauffés comme les faux plafonds, la majeure partie de la distribution du chauffage, de la ventilation et de l'électricité passe par des planchers techniques en bois. Ces derniers sont recouverts de panneaux agglomérés bois puis d'un revêtement en caoutchouc.



Plancher technique en bois avant recouvrement par les panneaux agglomérés bois



Electricité, chauffage et ventilation serpentent à travers les planchers techniques

● Les parois vitrées : le mur rideau



Pose du mur rideau à l'aide de ventouses

Le mur rideau se définit par une façade vitrée sans châssis posée directement sur l'ossature du bâtiment, plaquée sur un joint monté à même l'ossature bois du bâtiment et maintenue mécaniquement par un montant en aluminium fixé également sur l'ossature.

Le recours à un multi-vitrage consiste à emprisonner un air sec et immobile entre des parois de verre. Cette technique est utilisée pour augmenter les performances d'isolation. Suivant ce procédé, les doubles vitrages possèdent un espace isolant enfermé entre deux vitres tandis que les triples vitrages en offrent deux successifs. Cette succession est justement à l'origine des écarts de performances qui font du triple vitrage une meilleure isolation en comparaison au double vitrage mais pour un coût supérieur.

Ce type de façade est largement utilisé dans la Maison des énergies, du côté des parties exposées au soleil allant du sud-est au sud-ouest. Cela forme une large surface vitrée qui contribue à favoriser les apports solaires passifs.

Conductivité thermique : $U_w = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$ ¹⁵

Côté nord, des fenêtres traditionnelles avec un châssis bois sont également équipées de triple vitrage.

Conductivité thermique : $U_w = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$

¹⁵ Conductivité thermique U_w ($\text{W/m}^2\text{K}$) : la performance de l'isolation thermique de la fenêtre. Plus il est faible, meilleure sera l'isolation.

● L'ascenseur et l'escalier



Cage d'ascenseur vue du dessous

A l'entrée de la Maison des énergies, deux double-portes vitrées forment un sas. L'espace entre les deux portes crée une zone tampon qui sépare la zone chauffée (ou fraîche) intérieure de l'air extérieur. Cet espace non chauffé permet d'accéder à la cage d'ascenseur, ce qui a permis au concepteur de s'affranchir des problèmes d'étanchéité à l'air autour de cette cage.

La pose de l'escalier a été délicate en raison du poids du chêne massif. Pour réussir à le monter, des chèvres et des poulies ont donné lieu à un système de levage en 4 morceaux pour accéder aux étages par palier.



Montage de l'escalier en chêne massif grâce à un système de levage par poulies



Deux tests intermédiaires réalisés
au cours du chantier :

ultrason et étanchéité à l'air



L'étanchéité à l'air se mesure aussi à l'ultrason

Les ultrasons sont des hautes fréquences supérieures à 20 kHz, inaudibles à l'oreille humaine.

Le test ultrason sur les premiers éléments de menuiserie posés permet, après analyse, et en cours de chantier, de déceler des défauts d'étanchéité et d'éviter la répétition d'éventuelles erreurs commises lors de la pose des éléments de fermeture du bâtiment ou sur l'équipement même. En effet, cela pourrait entraîner des pathologies futures.

Le signal créé par le générateur d'ultrasons doit présenter un niveau de bruit constant au niveau d'un assemblage donné. En cas d'augmentation de ce signal, cela peut traduire un affaiblissement de la compression des joints ou même un passage d'air entre les différents éléments inspectés, donc une fuite ou un défaut d'assemblage.

Deux tests intermédiaires réalisés au cours du chantier : ultrason et étanchéité à l'air

Le test de perméabilité à l'air par porte soufflante (ou d'infiltrométrie) vient conforter ces premières mesures. Il s'opère sur tout type de bâtiment et volume (neuf et existant, maison individuelle, logements collectifs ou encore bâtiment tertiaire). Il peut être renouvelé à différentes étapes du chantier.



La mise en surpression du bâtiment permet de déceler les dernières fuites

Avant d'effectuer le test, il est nécessaire de calfeutrer les orifices volontaires d'entrées et sorties d'air (système de ventilation, conduits non raccordés).

Une porte soufflante est installée dans une ouverture centrale du bâtiment (porte d'entrée par exemple). La porte est dotée d'un ventilateur et d'appareils de mesure de pression, pilotés par un système informatique.

Dans un premier temps, le volume intérieur est mis en dépression (environ 50 Pa) pour vider le bâtiment de son air et faire entrer l'air extérieur par les discontinuités. Les fuites d'air peuvent être senties à la main et sont mises en évidence à l'aide d'équipements spécifiques (anémomètre, caméra thermographique).

On peut ensuite mettre le bâtiment en surpression et utiliser un fumigène à l'intérieur pour visualiser les fuites à l'extérieur.

● Le chauffage : une combinaison de plusieurs systèmes



Poêle à granulés

L'installation de chauffage de la Maison des énergies associe plusieurs systèmes provenant des *énergies renouvelables*¹⁶ : pompe à chaleur, poêle à granulés, solaire thermique et capteurs géothermiques. Dans un but pédagogique et démonstratif, il a été décidé de les installer ensemble ce qui entraîne une complexité de gestion et de régulation des réseaux.

La distribution du chauffage est assurée principalement par soufflage d'air neuf préparé une première fois par l'échangeur géothermique. Il passe ensuite par la ventilation double flux pour récupérer les calories de l'air extrait, et enfin par les planchers techniques avant d'être réchauffé une dernière fois par les radiateurs à eau chaude. Ces derniers, encastrés dans le sol, sont placés judicieusement à proximité des baies vitrées pour contrer l'effet de paroi froide.

L'eau chaude circulant dans ces radiateurs provient soit :

- de la pompe à chaleur air/eau incluse dans la tour tri fonction (une pompe à chaleur fonctionnant sur une partie d'air neuf et une partie d'air extrait),
- du poêle à granulés hydraulique,
- des panneaux solaires thermiques.

¹⁶ Energies renouvelables : sources d'énergie qui se renouvellent en permanence pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables

Le chauffage : la combinaison de plusieurs systèmes

Le cheminement du chauffage



Tour tri fonction vue de dos, élément principal le chauffage du bâtiment



Circulation des tuyauteries de chauffage isolées dans le plancher technique



Raccordement d'un radiateur à ailettes encastré dans le plancher

Le chauffage : la combinaison de plusieurs systèmes

La tour tri fonction

L'appareil principal de chauffage est une tour tri fonction. Elle associe les fonctions de ventilation double flux, de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (ECS).

Le chauffage et la production d'ECS sont réalisés grâce à une pompe à chaleur air/eau fonctionnant en partie sur l'air extrait et grâce à un *échangeur thermique*¹⁷ raccordé aux panneaux solaires thermiques.

¹⁷ Echangeur thermique : dispositif permettant le transfert de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre sans les mélanger



Le chauffage : la combinaison de plusieurs systèmes

La géothermie

La géothermie est l'énergie de la terre qui est récupérée pour être convertie en chaleur ou en fraîcheur selon les saisons. Les capteurs géothermiques servent donc à puiser les calories du sol qui sont transmises à l'air neuf de la ventilation. L'hiver, l'air est ainsi préchauffé et en été, un rafraîchissement garantit une diminution sensible de la température ambiante.

Face à la contrainte du risque radon et pour profiter des avantages du puits canadien (préchauffage ou rafraîchissement et limitation des effets de givre dans l'échangeur double flux de la ventilation) sans les inconvénients (mauvaise qualité de l'air, évacuation des condensats, exposition au risque radon), les concepteurs ont choisi de mettre en place sa version hydraulique. Plus d'un kilomètre de capteurs géothermiques sont enterrés dans le sol pour récupérer des calories ou en céder grâce à un simple échangeur de chaleur entre l'air neuf et le fluide circulant dans ces capteurs.



Entrée des capteurs géothermiques dans le local technique depuis le talus



Ensevelissement des capteurs géothermiques dans le talus

Le chauffage : la combinaison de plusieurs systèmes

Le solaire thermique



5 m² de capteurs solaires thermiques sont installés sur le toit de la Maison des énergies.

Ils fournissent un appoint au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire. Cette installation est raccordée à un échangeur thermique.

Le chauffage : la combinaison de plusieurs systèmes

Le poêle à granulés

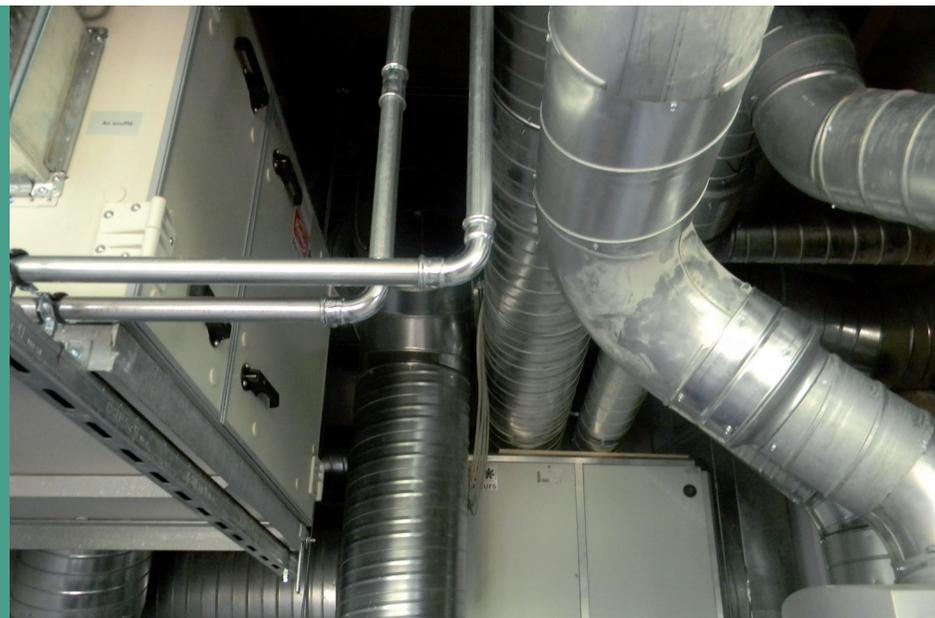


Poêle à granulés hydraulique, un élément du dispositif de chauffage du bâtiment

Un poêle à granulés de bois de 10 kW est installé dans la salle d'exposition. C'est un poêle bouilleur muni d'un échangeur hydraulique qui transmet la chaleur produite à l'eau du réseau de chauffage.

Le poêle à granulés est un type de chauffage entièrement autonome. Il s'allume et s'éteint tout seul avec une alimentation automatique et un chargement manuel. Le bois est actuellement l'une des énergies les moins coûteuses pour se chauffer en France.

La ventilation



Un réseau de gaines assure le renouvellement de l'air du bâtiment

La gestion de la ventilation dans la Maison des énergies (assurée par la tour tri-fonction) est exemplaire car elle concilie qualité de l'air intérieur et efficacité énergétique. Suivant la température des locaux et la température extérieure, l'air neuf peut être préparé une première fois (soit préchauffé, soit rafraîchi) en passant par l'échangeur du puits canadien hydraulique.

Le bâtiment est équipé de trois *ventilations double-flux*¹⁸ : la première est permanente et sert principalement à ventiler les pièces à occupation continue comme le centre de ressources et les bureaux. Les deux autres, asservies à des sondes CO₂, ventilent les pièces à occupation discontinue telles que la salle d'exposition, la salle de conférence et la salle de travail. Ces deux centrales à haut rendement récupèrent un maximum d'énergie sur l'air extrait avant de le rejeter à l'extérieur. Elles possèdent également des boîtes à débit variable. La ventilation va donc s'adapter aux besoins du bâtiment en régulant les débits en fonction du CO₂ de la qualité de l'air et de l'occupation.

En hiver, l'air chaud, préparé à partir des échangeurs géothermal et de VMC double-flux, circule à travers des gaines. Afin de limiter les pertes de chaleur dans des volumes non chauffés de type faux-plafonds ou planchers techniques, ces gaines sont calorifugées (isolées) sur tout leur parcours pour éviter les déperditions et garantir une température de soufflage suffisante.

¹⁸ Ventilation double-flux : système qui préchauffe l'air entrant à l'aide de l'air sortant à travers un échangeur thermique

La ventilation

Le cheminement de gaines de ventilation



*Centrales de traitement d'air
et tour tri fonction*



*Gaines de ventilation
isolées avant de monter
à l'étage*



*Faux plafonds du rez-de-
chaussée, une partie du
réseau circule*



Planchers techniques

● L'électricité

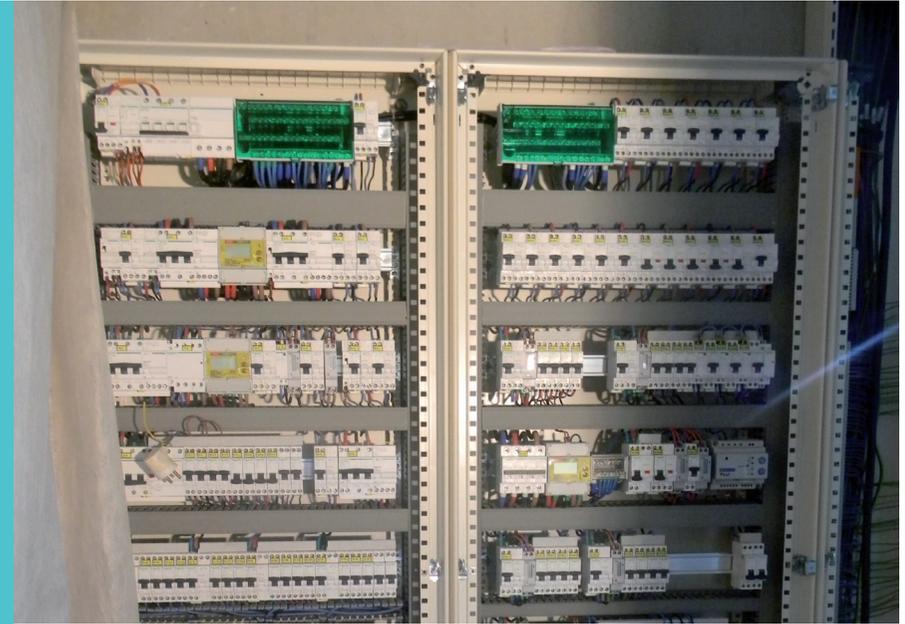


Tableau général basse tension

La Maison des énergies est pilotée par une Gestion Technique Centralisée (GTC) reliée au tableau électrique basse tension. Celle-ci contrôle à distance l'ensemble des équipements automatisés tels que le chauffage, la ventilation, l'éclairage extérieur, le portail, etc. Ce système informatique de gestion rassemble des données variées paramétrables qui permettent d'agir automatiquement sur ces équipements à travers des mesures permanentes (températures, débits de ventilation, taux de CO₂, etc.). La GTC donne également des relevés de consommation généraux et par secteur.



Prises de courant situées dans le plancher technique



Electrification des stores extérieurs



Le photovoltaïque

160 m² de panneaux photovoltaïques sont placés sur le toit (sur une charpente métallique). Ils produisent de l'électricité en courant continu ¹⁹. Des onduleurs transforment ensuite ce courant continu en courant alternatif ²⁰ afin de le réinjecter sur le réseau.

Ces panneaux produisent chaque année plus d'énergie que tout ce qui est consommé dans la Maison des énergies. C'est donc un bâtiment à énergie positive.

La terrasse permet d'accéder aux panneaux photovoltaïques, aux onduleurs, au coffret de protection du courant continu, aux protections surtensions et foudre et au dispositif de coupure générale. La terrasse offre un lieu convivial, pédagogique et pratique dédié à l'information sur la technologie photovoltaïque.

¹⁹ courant électrique dont la tension est indépendante du temps (ex : pile, production photovoltaïque, etc.)

²⁰ courant électrique périodique qui change de sens, utilisé par le réseau électrique



Capteurs photovoltaïques du toit de la Maison des énergies



Grutage des panneaux photovoltaïques sur le toit



Installation de la charpente métallique sur le toit



Sur la terrasse, les onduleurs transforment le courant continu en courant alternatif

● L'éolienne



UrWind, l'éolienne à axe vertical spécifique pour les milieux urbains

L'éolienne est installée à l'extrémité de la terrasse pédagogique. Elle est spécifique aux milieux urbains grâce à son axe vertical.

C'est le bâtiment même qui sert de mât.

Elle est prévue pour capter tous les vents, qu'ils soient dominants ou perturbants. Elle est par ailleurs moins bruyante que les autres éoliennes. Ses vibrations sont réduites de 50 à 70 % car la force du vent ne s'exerce pas sur les pales. Sa puissance est de 2,2 kW et la production est autoconsommée dans le bâtiment.

Le bardage



En haut le bardage se prépare, en bas il est terminé

Les éléments de finition extérieurs complètent l'isolation. Un bardage ajouré recouvre un pare-pluie noir et utilise des lattes de bois brut en essence de mélèze non rabotées sur tous les murs du bâtiment.



Bâchage du bâtiment en attendant la pose d'un pare-pluie



Pose du bardage en mélèze non raboté



Mise en place du pare-pluie

Le platelage



Platelage extérieur en bois pour circuler sur la terrasse

Le bardage est réalisé en mélèze, un bois naturellement résistant. Pour le platelage c'est une autre essence de bois qui a été choisie : le pin traité autoclave, particulièrement résistant aux intempéries.



Préparation du support de la terrasse pédagogique



Itinéraire du parking à la porte d'entrée



L'architecture bioclimatique



Stores extérieurs à lamelles orientables pour se protéger des rayons du soleil

La Maison des énergies dispose d'une grande surface vitrée favorisant les apports solaires passifs en hiver mais contribuant à augmenter la chaleur en été.

Afin de garantir un bon confort d'été, il est primordial de se protéger des rayons directs du soleil. Des stores à lamelles orientables ont été installés afin de réguler cet apport de chaleur tout en conservant la lumière naturelle.

Le bâtiment possède également 3 murs en pisé intérieur d'une épaisseur de 90 cm qui lui apportent de l'inertie thermique et sont capables de stocker une grande quantité de chaleur avant que celle-ci ne commence réellement à chauffer les locaux.

De plus, la Maison des énergies dispose d'une surventilation nocturne. En été, lorsque la température est plus fraîche à l'extérieur qu'à l'intérieur, des trappes s'ouvrent automatiquement pour ventiler le bâtiment. Cela fait baisser la température générale des pièces et permet de décharger les murs en pisé.

En parallèle, le puits canadien hydraulique permet de profiter de la fraîcheur du sol pour rafraîchir l'air neuf entrant dans la maison. Cette conception offre un confort d'été acceptable sans avoir recours à la climatisation.





Les aménagements extérieurs



Nivellement du terrain

Enfouis dans le talus, plus de mille mètres de capteurs géothermiques répartis sur plusieurs niveaux constituent le puits canadien hydraulique.

La pente créée avec la réalisation du talus a permis de dessiner un cheminement engazonné pour faciliter l'accès des personnes à mobilité réduite. Ce cheminement peut servir à l'évacuation du bâtiment par les issues de secours du premier niveau.

Le talus



Élévation du talus et enfouissement des capteurs



Cheminement et végétalisation du talus



Les aménagements extérieurs

Les parkings et la noue



Installation d'une bande de guidage au sol pour permettre l'accès des malvoyants



Coulage de la dalle de l'abri à vélos



Création de la noue pour évacuer les eaux pluviales

La Maison des énergies est située à proximité de la gare SNCF. Elle est équipée d'un parking à vélos couvert et d'une borne de recharge pour véhicules électriques. Les modes de transport doux sont privilégiés.

Pour faciliter l'accès en toute autonomie des malvoyants depuis le parking jusqu'à l'entrée du bâtiment un traçage en relief au sol est dessiné.

Afin que l'eau ne s'écoule pas sur tout le terrain, un système de chaînes guide la descente des eaux de pluie à certains endroits bien précis comme la noue. Ces eaux sont absorbées par les plantes, le surplus étant dirigé vers la zone humide (de l'autre côté de la Maison).

Les aménagements extérieurs

La toiture végétalisée



Végétalisation de la terrasse du rez-de-chaussée haut

Les toitures sont aménagées en toit-terrasse et recouvertes de végétation, ce qui permet de :

- réguler naturellement le taux de poussières grâce à la filtration de l'air par les végétaux ;
- développer la biodiversité et apporter de la verdure
- tempérer l'intérieur des bâtiments ;
- réduire les risques d'inondation par un meilleur drainage et une réduction du ruissellement ;
- atténuer les nuisances sonores.

La toiture végétalisée fonctionne par couches successives, installées au-dessus des éléments porteurs : pare vapeur, isolation thermique, étanchéité anti-racine, protection drainante (écran de filtrage polyester et mousse recyclée), 30 cm de terre végétale, pour finir avec l'engazonnement de l'ensemble.

La terrasse du premier niveau est dotée d'une contre-pente pour évacuer l'eau du côté du talus.