



**PATRIMOINE BÂTI,  
EFFICIENCE ÉNERGÉTIQUE  
&  
ÉNERGIES RENOUVELABLES**



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de la Culture



Institut national  
pour le patrimoine  
architectural

# Enjeux



Depuis quelques années, l'Institut national pour le patrimoine architectural – INPA (anc. Service des sites et monuments nationaux) se penche sur les questions de la performance énergétique des bâtiments appartenant au patrimoine bâti.

En effet, sous la double pression du changement climatique et de l'envol du prix de chauffage, le patrimoine bâti apparaît souvent comme un parent pauvre. Comme si la valeur patrimoniale n'avait aucune valeur, avec notamment la pensée unique que le passport énergétique a si bien installée, la substance des immeubles d'habitation donnant une identité à nos villes et villages a vocation à disparaître; partiellement, par des changements massifs et des enveloppes thermiques, voire totalement, en la remplaçant par des immeubles dits "passifs".

Or, le patrimoine est une ressource du développement durable. C'est son archive!

Corpus de références architecturales, lieu d'excellence, d'innovation et de progrès, le patrimoine bâti concentre de surcroît l'énergie grise déjà piégée. C'est celle nécessaire pour construire, fabriquer des matériaux, les transporter... et détruire !

Les défenseurs du patrimoine bâti attendent avec impatience le résultat des recherches scientifiques en matière de bilans énergétiques et écologiques, devant évaluer et comparer des habitations anciennes, leurs transformations, voire leur destruction et l'érection d'immeubles nouveaux. Une 4<sup>ème</sup> dimension du développement durable, à côté de l'environnemental, du social et de l'économique, pourrait alors être clairement identifiée. Ce sera sa dimension culturelle mettant en garde devant une consommation inappropriée d'énergie grise.

Une étude de l'Université de Luxembourg a d'ailleurs déjà établi que la performance énergétique d'anciens habitations est souvent bien meilleure que le verdict du passeport énergétique. Par contre, celui établi pour de nouvelles constructions, serait bien trop optimiste! (cf. Maas Stefan et al., "Wie genau sind unsere Energiepässe? Vergleich zwischen berechneter und gemessener Endenergie in 230 Wohngebäuden in Luxemburg").

Bien entendu, la réhabilitation énergétique de bâtiments anciens est souvent possible. Mais elle doit se faire selon une approche globale, combinant les aspects du confort d'été et du confort d'hiver. Ainsi, les solutions d'isolation, qui peuvent sensiblement modifier les propriétés d'inertie et de respiration du bâtiment, sont essentielles.

Or, il est important de conserver et d'exploiter les qualités initiales du bâti ancien telles que l'inertie et l'utilisation de matériaux respirants. Des techniques adaptées doivent être mises en œuvre. L'utilisation de matériaux naturels, compatibles avec le bâtiment en place, est fortement conseillée.





*lechternacherhaff à Eschweiler avant restauration*

Economiser de l'énergie tout en respectant le patrimoine bâti; c'est 2 buts tout en étant 1 défi. De même, la bonne santé de l'immeuble et celle de ses occupants peuvent aller de pair.

D'une architecture qui s'appliquait à prendre en compte l'environnement climatique et qui utilisait des ressources et des matériaux locaux, on est passé au fil du temps à une architecture industrialisée, assujettie à des contraintes d'urbanisme, employant des matériaux de construction aux propriétés hygrothermiques très différentes de celles du bâti ancien.

Chaque bâtiment ancien constitue un système complexe, aux interactions multiples avec son environnement. Sa réhabilitation doit nécessairement passer par une analyse complète du bâtiment et de ces interactions.

Si une solution d'amélioration énergétique s'avère difficile ou n'est pas souhaitable, le propriétaire d'un immeuble peut recourir aux dérogations expressément prévues par le règlement grand-ducal du 9 juin 2021 concernant la performance énergétique des bâtiments. L'article 13, paragraphe (1), dispose que le bourgmestre peut accorder des dérogations au niveau des exigences minimales en matière d'efficacité énergétique à condition que l'immeuble bénéficie d'une protection nationale ou est protégé au niveau communal par le plan d'aménagement général et ses mesures d'exécution.



*lechternacherhaff à Eschweiler après restauration (classe énergétique moyenne : B)*

# Le bâti ancien ...

A travers l'histoire, le génie de l'homme laisse des traces surtout avec les écrits, les créations artistiques et les œuvres architecturales. Dans nos centres urbains et villageois, issus pour la plupart de localités plus anciennes, les créations architecturales des siècles passés transmettent presque toujours un message positif, ce qui n'est guère le cas des barres de logements sociaux ou des résidences pavillonnaires, produits de façon standardisée depuis les années 1970.

De surcroît, les bâtiments anciens, pensés et construits localement, ont un bilan énergétique global plus positif que bon nombre de nos constructions récentes. En effet, s'ils n'ont pas été trop détériorés par des initiatives malheureuses, ils présentent généralement une performance énergétique très satisfaisante. Ainsi, il convient de réaliser un minimum de travaux pour bénéficier d'une hygiène et d'un confort d'habitat suffisants.

Or, les exigences en matière de performance énergétique pour des bâtiments existants - souvent interprétées à outrance notamment en vertu des dangers pouvant résulter du changement climatique - peuvent mettre gravement en péril notre patrimoine architectural.

Car les effets des rénovations thermiques en réponse à des exigences de performance énergétique démesurées risquent de faire perdre à ces témoins fragiles de notre histoire leur authenticité, leurs qualités matérielles, voire immatérielles.

Le bâti ancien est construit avec des matériaux issus de son environnement immédiat, créant une harmonie entre localité et paysage: pierre, bois, sable, chaux, fer, ardoises...

Les maisons anciennes tiennent largement compte des qualités de ces matériaux et bénéficient d'une conception bioclimatique. Les moyens modestes d'antan ont poussé à la recherche d'une efficacité réelle, par la combinaison de différents facteurs tels que l'orientation, la compacité et le regroupement.

S'agissant souvent de ressources non renouvelables, il fallait penser à la longévité des matériaux utilisés, ce qui amenait nos ancêtres à réutiliser, récupérer, réemployer et recycler matériaux et bâtiments.



## ... à réhabiliter durablement



Le choix des matériaux est un facteur déterminant de la qualité d'une réhabilitation et le comportement des matériaux doit être considéré dans son contexte. En effet, ces matériaux réagissent différemment selon le système constructif dont ils font partie.

Pour garantir une réhabilitation durable et une amélioration énergétique avec un choix adéquat des matériaux, il est essentiel de connaître le fonctionnement de la construction.



Le bâti ancien constitue généralement un système respirant, alors que le bâti récent s'apparente à une boîte ventilée. Cette différence de comportement conditionne les réponses techniques à apporter.

Pour évaluer objectivement les matériaux à utiliser, il convient de considérer leur bilan écologique global, qui intègre notamment leur cycle de vie ainsi que l'énergie grise. Cette dernière est la quantité d'énergie absorbée par les matériaux nouveaux pour leur extraction, voire fabrication et transformation, leur transport, mise en œuvre, utilisation, entretien et, enfin, leur recyclage.



Les matériaux dits «traditionnels» ont pour principale caractéristique d'être perméables à l'eau et à la vapeur d'eau. Ces vertus peuvent néanmoins entraîner des dommages causés par l'humidité, tels des désordres mécaniques, chimiques et bactériologiques qui affectent la qualité de l'air intérieur ainsi que la performance thermique, la durabilité des matériaux et la pérennité du bâti.



Or, les matériaux et procédés «contemporains», utilisés pour contrecarrer ces inconvénients, peuvent conduire à la perte des qualités de l'existant et entraîner de graves désordres.

Pour les transformations et restaurations, il convient donc d'utiliser des matériaux perméables à la vapeur d'eau.

Enfin, il est important de se soucier de l'ordre de grandeur de l'action que l'on veut mener sur le patrimoine bâti. Cette action doit être guidée par la cohérence de la démarche et par la question de sa réversibilité.

# La pierre

La composition géologique de notre région étant abondante en roche, la construction en pierre s'est naturellement développée au Luxembourg.

La pierre est visible dans les anciens bâtiments, notamment dans des encadrements d'ouvertures, des escaliers, socles et corniches. Il était d'usage de recourir aux carrières locales pour toutes sortes de maçonneries et divers éléments architecturaux.

Il existe sur le marché différentes pierres typiques du Luxembourg avec des caractéristiques distinctes. Ce sont le grès de Luxembourg (par exemple la pierre d'Ernzen à la tonalité gris-beige), le calcaire de Rumelange et le grès de Gilsdorf (teinte légèrement verdâtre) qui présente une plus grande dureté et se prête davantage aux marches et escaliers.

La pierre est souvent considérée comme un matériau noble et durable. Pourtant, la pierre n'est pas insensible au cycle des saisons, à la pollution et aux micro-organismes.

Les empreintes du temps peuvent prendre plusieurs formes et vont d'un simple désagrément visuel à une détérioration plus profonde, qui peut alors représenter un danger pour les utilisateurs ou menacer structurellement l'édifice.

Quand il s'agit de préserver un bâtiment en pierre ou certains de ses éléments, il convient d'adopter une attitude raisonnée, basée sur un bon diagnostic. La déontologie de la conservation privilégie la restauration au remplacement. Cependant, trop d'interventions sont réalisées sans la réflexion nécessaire ou sans les compétences requises. Les conséquences peuvent alors être dramatiques, à savoir perte de substance historique, altération esthétique, fragilisation de la pierre et accélération des processus de dégradation.

Le nettoyage de la pierre peut se faire à l'eau, ainsi qu'à la vapeur d'eau. L'emploi de méthodes mécaniques douces comme le nettoyage à la brosse en chiendent permettent d'obtenir un bon résultat pour la plupart des grès de notre région.

Le nettoyage mécanique agressif avec des brosses en acier ou à l'aide d'une sableuse est déconseillé. De même, les traitements chimiques peuvent provoquer de grands dégâts.

En tout état de cause, il est déconseillé de rechercher des surfaces d'une apparence immaculée et ainsi de sacrifier la couche de finition historique.



# L'enduit



L'enduit constitue une peau pour le bâtiment. C'est à la fois une couche protectrice et une signature esthétique. Cependant, tout comme une peau, l'enduit est soumis à des agressions diverses dues au climat, à l'environnement et aux activités humaines.

L'enduit figure comme couche de finition et de protection des murs et permet ainsi d'augmenter la durée de vie de la maçonnerie qu'il enveloppe. Il agit comme une couche-tampon de protection contre les intempéries, tout en permettant une régulation provoquée par un échange des différentes formes d'humidité. Enfin, l'enduit confère à la façade son aspect spécifique par le biais de sa teinte et le degré de réfléchissement de la lumière.

L'enduit historique est un témoin important de son époque et il est important de le conserver. La simple démolition de cet élément culturel et artisanal et son remplacement par des mélanges standards est un non-sens.

La réfection convenable d'un enduit présuppose que le mortier soit compatible avec le support, ceci afin d'obtenir une bonne adhésion.

L'utilisation d'enduits étanches provoque des remontées d'eau par capillarité avec apparition d'efflorescences. Sur les maçonneries anciennes des solutions à base de ciment gris, de chaux artificielle ou d'enduits plastiques sont à éviter, car elles empêchent l'échange de l'humidité, favorisent la stagnation de celle-ci à l'intérieur des bâtiments et dénaturent la construction.

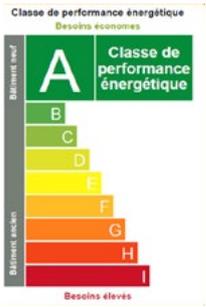
Les crépis se composent de trois éléments essentiels : chaux, sable et eau. Grâce à un mélange équilibré de ces composants traditionnels, l'enduit minéral à base de chaux devient suffisamment souple et perméable pour affronter les contraintes hygrométriques et les dilatations physiques.

Comme la chaux naturelle est un produit incolore, c'est le sable qui donne la couleur à l'enduit.

Lors de la réfection d'un enduit et pour définir sa teinte, il convient de s'inspirer des coloris des enduits anciens des maisons traditionnelles existant à proximité ou dans la région.

Le respect des granulométries et structures typiques est aussi important pour l'identité d'un enduit que sa couleur.





# CAS PRATIQUES



# 1 « NECKELSHAUS » à Septfontaines

Situées au pied du château et proche de l'église, la maison Frantzen, la maison Ries et la maison Neckel font partie du tissu historique de la localité de Septfontaines et forment un petit ensemble marquant le Kierchewee, qui à cet endroit est bordé d'un côté par les façades de l'ensemble et de l'autre côté par un mur de soutènement.

La maison sise 16, Kierchewee, connue sous le nom de « Neckelshaus » se trouve en plein cœur du noyau historique de la localité. Suivant les caractéristiques architecturales, la maison remonte à la seconde moitié du XVIIIe siècle. Le linteau de l'entrée porte d'ailleurs le millésime 1784. D'après les archives, il y avait déjà une maison « Neckelshaus » à cet endroit avant cette époque.



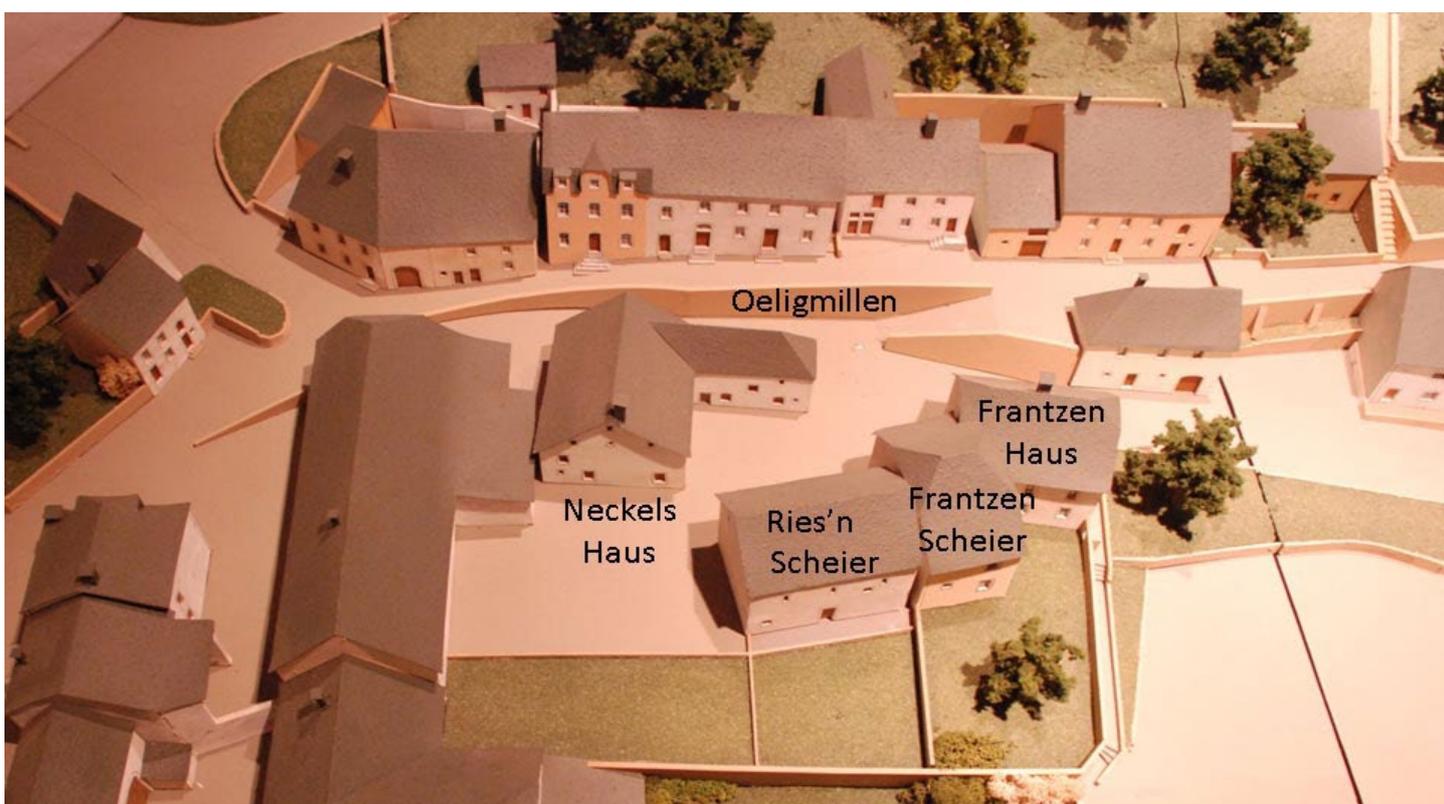


La maison d'habitation est implantée en perpendiculaire par rapport à la rue, tandis que l'annexe, accolée en angle droit à la maison, longe le Kierchewee. Cette annexe a été érigée entre 1770 et 1840. Aujourd'hui, une partie de l'annexe, de même que la grange Ries (construite en 1856), implantée dans la cour, font partie d'une parcelle cadastrale isolée.



La façade principale de la maison s'élève sur deux niveaux et se divise en trois travées d'ouvertures. Les baies présentent des encadrements en pierre de taille avec un linteau droit, surmonté par un arc segmentaire, caractéristique pour l'architecture du XVIII<sup>e</sup> siècle. La façade latérale donnant sur la rue se distingue par des ouvertures avec des arcs en plein cintre, tandis que l'autre façade latérale et la façade postérieure ne présentent que quelques ouvertures, de diverses formes, tailles et époques. L'intérieur de la maison a été transformé au fil du temps, de façon que peu d'éléments d'origine ont été gardés. On peut cependant mentionner quelques structures portantes qui sont encore en place, un encadrement de porte, ainsi qu'une cave voûtée.

Depuis le 23 mars 2011, l'ensemble est inscrit à l'inventaire supplémentaire pour son intérêt historique, architectural et esthétique.



# « NECKELSHAUS »



## Situation avant travaux

Pas d'isolation des murs extérieurs  
Pas d'isolation de la toiture inclinée

Faible isolation de dalle de sol  
Faible isolation dalle contre grenier non chauffé

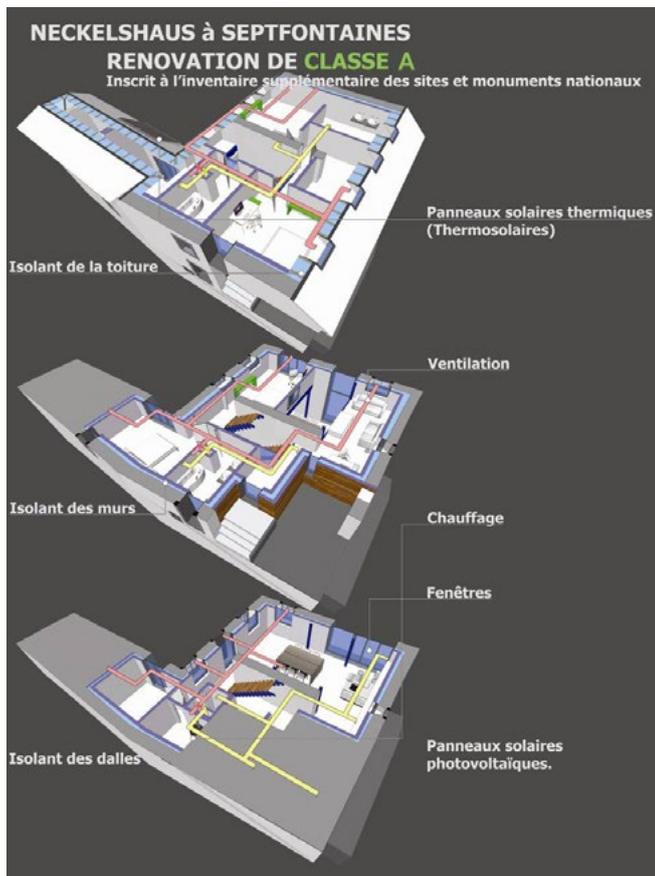
Chauffe eau électrique  
Chauffage électrique

Porte d'entrée non isolée  
Fenêtres double vitrage

## Le projet

Libération de la substance historique de la transformation de 1978  
Stabilisation des murs existants  
Projet maison d'habitation classe A (AA réalisé)  
Projet sans pont thermique  
Utilisation d'isolation sur base de matériaux recyclés  
Aucune saignée dans la maçonnerie historique  
Réalisation de toute la structure intérieure avec des blocs pleins en chaux  
Mise en valeur des structures anciennes  
Langage simple pour les nouvelles interventions





## CONCEPT ÉNERGÉTIQUE

Dans le cadre de l'assainissement énergétique de la maison «Neckelshaus», compte tenu de l'aspect patrimonial extérieur, la décision de recourir à une isolation par l'intérieur s'est imposée tout naturellement.

Cette technique demande une attention toute particulière lors du choix et de la mise en œuvre des nouveaux matériaux sélectionnés.

Pour des raisons à la fois statiques et thermiques, l'option de reconstruire une structure portante à l'intérieur a été retenue.

Cette technique en termes thermiques a deux avantages:

- réduction, voire suppression significative des ponts thermiques engendrés par la technique de l'isolation intérieure;
- diminution significative des malfaçons lors de la pose de pare vapeur.

### Isolant des dalles

La mousse de polyuréthane (PUR) projetée engendre les aspects positifs suivants:

Une mise en œuvre rapide, un enrobage uniforme des conduites situées sur la dalle de sol, une valeur isolante très élevée et l'obtention d'une bonne étanchéité à l'air.

La rigidité du matériau PUR est obtenue rapidement, réduisant ainsi les solvants se libérant à moyen et long terme et présente un faible coût, en particulier en relation coût/performances énergétiques.

### Fenêtres

Utilisation de triple vitrage avec dans certains cas, en vue de conserver l'aspect patrimonial de la maison, du simple vitrage placé devant le triple vitrage. Le choix du vitrage se fera en fonction du facteur « U » et des valeurs « Gp » et « Gg » ayant trait aux apports solaires.

Le positionnement des châssis a été étudié de manière à réduire les ponts thermiques. Afin d'obtenir un apport solaire complémentaire, on a procédé à quelques ouvertures en façade côté sud et en toiture.

### Isolant de la toiture

L'isolation de la toiture est réalisée avec de la fibre de bois/cellulose offrant des caractéristiques particulièrement utiles, à savoir: isolant naturel issu d'une ressource renouvelable, impact CO2 très faible, empreinte grise minime, excellentes qualités pour le déphasage thermique évitant la surchauffe en été, rapidité de la mise en place, pouvoir de régulation hygrométrique important, matériaux à haute valeur lors d'un recyclage ultérieur.



# « NECKELSHAUS »

## Isolant des murs

Des billes de silicate, issues du reconditionnement et recyclage du verre ou isolant type verre cellulaire et mis en œuvre en vrac, représentent des solutions adaptées pour la régulation hygrométrique de la teneur en vapeur d'eau contenue dans l'air. Ces isolants contribuent à la diminution de l'impact CO2 et ils ont une empreinte grise réduite.

Une mise en place aisée à réaliser par le maître d'ouvrage permet de réduire les coûts.

## Panneaux solaires thermiques

Les besoins en eau chaude sanitaire (ECS) seront assurés par des panneaux thermo solaires composés de capteurs à tube sous vide présentant une meilleure rentabilité que des capteurs plans. Il est envisagé d'exploiter une citerne de 200.000 litres (ancienne fosse à purin à 4 divisions) comme stockage du surplus produit par les panneaux solaires (pile énergétique).

## Ventilation

Vu la nécessité incontournable d'un apport d'air neuf, tout en restant soucieux de l'aspect énergétique, il est prévu de faire fonctionner une centrale de ventilation mécanique avec système de récupération de chaleur via un échangeur thermique qui récupérera l'énergie de l'air usée au profit de l'air frais d'échange.

## Chauffage

Le gaz urbain n'étant pas disponible en cette localité et le combustible mazout étant à éviter autant que possible dans un concept ayant une démarche environnementale, il a été retenu de travailler avec une pompe à chaleur.

La réflexion évoluant autour d'une chaudière pellets a été engagée, mais n'a pas été retenue pour des raisons de stockage de pellets.

**Maître d'ouvrage: M. et Mme Diederich-Girardin**  
**Conception énergétique: HLG**



## 2 Maison Henschen-Stropek à Steinsel

### RENOVATION **ENERGETIQUE** > SITUATION AVANT RESTAURATION MAISON HENSCHEN - STROPEK à STEINSEL

2009 > ACQUISITION



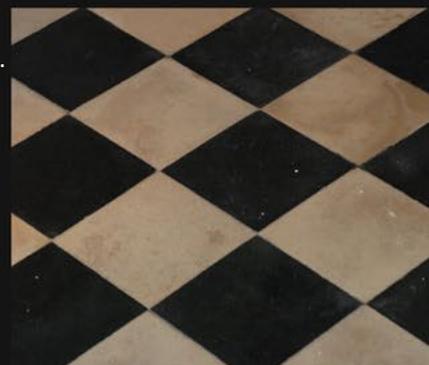
#### > Inventaire ...



La maison de type ferme a été construite en 1776. Elle n'est pas classée, mais elle constitue un élément typique du noyau historique de Steinsel.

Afin de conserver l'identité de la maison, on a renoncé à une isolation par l'extérieur de la façade principale.

La maison avait déjà subi diverses transformations au cours du temps mais les éléments structurels ont été ménagés.



Le concept de restauration visait à garder tous les éléments, à l'extérieur, comme à l'intérieur, jugés dignes d'être protégés.

Compte tenu de ces prémisses, le choix a été porté sur un système d'isolation mixte de façade, par l'intérieur pour la façade principale et par l'extérieur pour la façade arrière.



Combles



Cuisine



Hall 1er étage

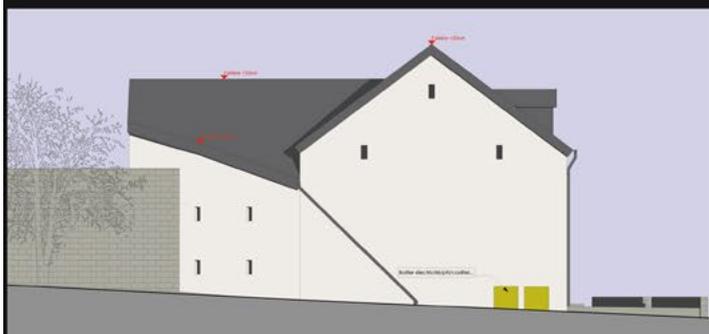
# Maison Henschen-Stropek

## > CONCEPT ENERGETIQUE

### ETUDE & CONCEPT ENERGETIQUE



Service des sites et monuments nationaux



Façade latérale



Façade avant

## > Concept - conservation - technique



- Concept architectural: Incorporer différents matériaux modernes, verre, acier,...

- Concept énergétique: Isolation écologique et régulatrice d'humidité

- Murs: Isolation intérieure avec des panneaux en silicate de calcium

> régulation d'humidité par capillarité.

Crépis naturel à base de chaux ou peinture naturelle laissant respirer les murs.

Ce système permet une respiration maximale du mur pour éviter une accumulation d'humidité (problème du point de rosée).

- Toiture: Toute la charpente en chêne a été conservée et sablée.

Isolation par l'extérieur avec de la laine de bois

> Isolation écologique et performante

- Dalles de sol:

Conservation du dallage existant

Excavation sur +50cm

Couche drainante

Dalle béton

Isolation en polyuréthane et

pare-vapeur

Chauffage au sol

Repose de l'ancien dallage

> Ce complexe permet de réduire les remontées capillaires dans les murs au rez-de-chaussée.

- Technique:

Ventilation double flux avec récupération de chaleur, panneaux solaires, chaudière au gaz de ville.

> Ventilation en permanence de tous les locaux évitant des problèmes d'humidité

Plan r.d.c. et technique

## > SITUATION APRES RESTAURATION



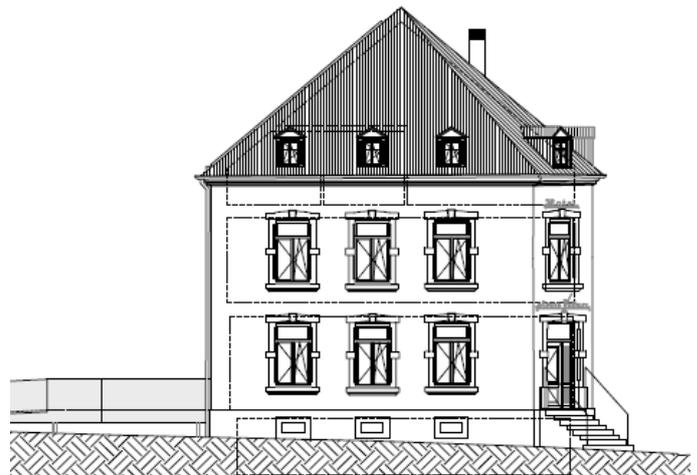
Façade avant



### 3 Maison de l'Archéologie à Dalheim

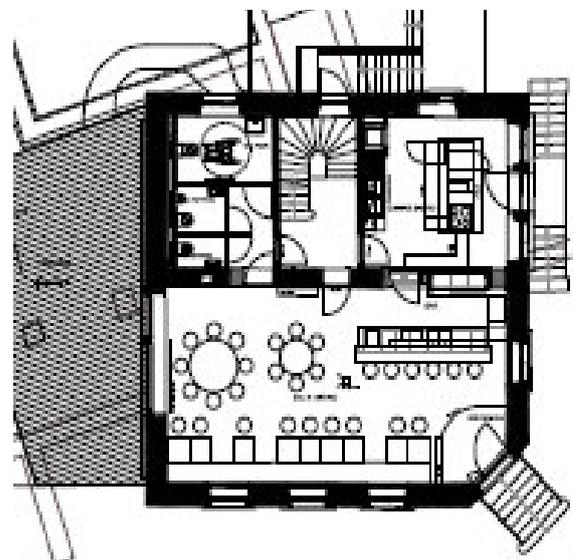
Ce projet de l'INPA porte sur la valorisation du site des anciens thermes romains qui se trouve au milieu du village de Dalheim. Il concerne e.a. la transformation d'un immeuble appartenant à la commune de Dalheim et qui est inscrit à l'inventaire supplémentaire. C'est un ancien café construit sur les vestiges romains.

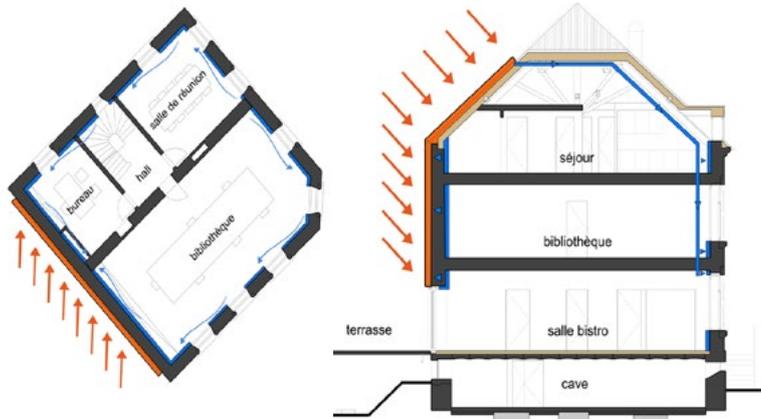
Le programme comprend l'aménagement d'un bistrot au rez-de-chaussée avec cuisine et locaux sanitaires, ainsi qu'une terrasse extérieure. Le 1<sup>er</sup> étage et les combles sont destinés aux archéologues avec locaux logistique et administratif, ainsi que des séjours durant les périodes de fouilles.



Le bâtiment est dans un bon état. Sa structure est maintenue au maximum dans l'état existant.

Afin d'améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment, l'INPA a tout d'abord pensé à des méthodes qui, depuis plusieurs années, s'appliquent e.a. sur le patrimoine bâti, à savoir l'isolation intérieure. En effet, comme l'immeuble présente des façades très caractérisées de par son architecture et ses modénatures, il ne pouvait en aucun cas recevoir une isolation extérieure.





Die Luftführung im Gebäude:  
■ Luftpolster  
■ Luftkollektor außen zur Sammlung solarer Energien

Or, en l'espèce, la complexité du bâtiment laissait entrevoir des problèmes physiques majeurs inhérents avec une isolation intérieure.

Aussi, le maître d'ouvrage a-t-il investigué sur des méthodes alternatives devant améliorer les performances énergétiques de l'immeuble. Une toute nouvelle approche fut trouvée avec un programme scientifique de recherche dans le domaine du développement durable, lancé par l'Université technique de Darmstadt. C'est auprès de cet institut que la fondation « Kybernetik », initiée et dirigée par le professeur-architecte Günter Pfeifer, a développé la mise en place du système de la cybernétique, c-à-d le gain et la distribution d'énergie par et dans un même immeuble.

Après des analyses approfondies de cette méthode et de son applicabilité à l'immeuble de Dalheim, l'INPA a décidé de mettre en œuvre cette technique dans la future Maison de l'Archéologie.

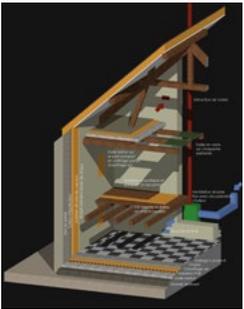
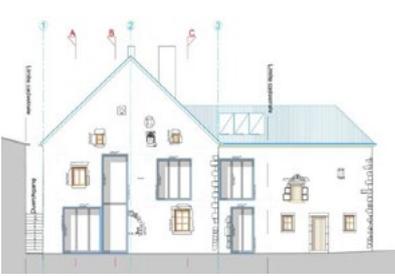
Ce système permettra à l'immeuble de dépenser plus d'énergie, en produisant lui-même la chaleur nécessaire, tout en n'émettant point de CO<sub>2</sub>.

En pratique, l'immeuble doit principalement :

- collecter la lumière solaire et la transformer directement en chaleur,
- assurer la distribution de cette énergie dans l'édifice,
- mettre en réserve l'énergie non directement utilisable.

A partir des panneaux en polycarbonate, faisant office de capteur thermique, de l'air chaude sera propulsée à l'intérieur du bâtiment. Une grande partie sera redistribuée le long des murs avec l'aide d'un ventilateur installée sous la toiture. Les panneaux feront encore office d'isolant et soutiendront la capacité de réservoir thermique des murs.







# PATRIMOINE BÂTI & ÉNERGIES RENOUVELABLES



# Installation de capteurs solaires ou autres sur des bâtiments historiques

**En principe**, une maison historique, située dans une localité ou un quartier plus ou moins intact, ne devrait pas être perturbée par des capteurs d'énergie. Car, comme ce qui est toléré pour l'un doit aussi l'être pour l'autre, le risque est grand, surtout dans les centres villageois, de voir ces installations détruire l'authenticité des maisons et le cachet du site. De surcroît, la protection de ces maisons et sites, tout comme celle des paysages, devrait présenter un intérêt public tout aussi valable que celui qui nous guide en matière énergétique.

Cependant (et comme chaque principe connaît ses **exceptions**), lorsque ni l'immeuble, ni la localité ne pâtissent outre mesure d'une nuisance matérielle optique due à des capteurs d'énergie, une telle installation peut être possible. Surtout si l'immeuble bénéficie directement de cette énergie et n'est pas seulement considéré comme une carcasse générant de l'électricité pour alimenter un quelconque réseau. L'application de la cybernétique est certes un bon exemple. Ce système met en oeuvre des moyens techniques peu considérables ( du *low-tech*, à l'inverse de la photovoltaïque) pourtant capables de générer beaucoup de chaleur utilisable directement dans le bâtiment qui sert à la capter. De plus, la production et le recyclage de ces systèmes ont un impact moindre sur l'environnement, contrairement à la photovoltaïque.



**Maison de l'Archéologie à Dalheim: principe cybernétique**

Les 3 façades authentiques de cette maison protégée n'ont pas été touchées (pas d'isolation extérieure, ni intérieure); sur le pignon nu côté sud-ouest, des panneaux en polycarbonate font chauffer l'air qui est ensuite distribuée à l'intérieur de la maison.

**L'installation de capteurs d'énergie** nécessite le respect impératif de quelques critères techniques. Ainsi, les capteurs ne doivent pas être intégrés à la toiture, ce qui signifie qu'ils ne doivent pas être un élément constituant la couverture, mais qu'ils doivent être posés sur une couverture d'ardoises. D'ailleurs, il est moins coûteux de couvrir d'abord une toiture avec ardoises et d'y installer ensuite des capteurs. En effet, une couverture traditionnelle permet d'économiser sur des isolants onéreux. Enfin, les capteurs ayant perdu leur efficacité peuvent être facilement démontés à tout moment.



Greiveldange et Olingen: mauvais exemples



Elvange: cas limite car panneaux intégrés



France: mauvais exemple



Useldange: acceptable



mauvais exemple



lechternacherhaff à Eschweiler: bon exemple



Allemagne: bon exemple: l'air chauffée sur les chiens assis est ventilée dans le nouveau mobilier creux qui sert à donner du confort aux gens qui s'assoient et de la chaleur à l'édifice



Pour les **capteurs et panneaux solaires**, il est encore indiqué qu'ils soient:

- de type "full black", c'est à dire sans éléments métalliques scintillants;

- en verre structuré, réfléchissant et décomposant la lumière autrement que le verre plat;

- parallèles à la toiture, donc en aplat par rapport à la couverture;

- d'un relief intérieur à 10 cm par rapport aux ardoises;

- centrés, donc constituer un rectangle harmonieux épousant la toiture, et en aucun cas être installés en escalier;

- être éloignés de 30-40 cm de la gouttière et ne pas dépasser la toiture elle-même.



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de la Culture

4, bd F-D Roosevelt  
L-2450 Luxembourg



**INPA**

Institut national  
pour le patrimoine  
architectural

26, rue Münster L-2160 Luxembourg  
Tél: 247 86652

[inpa.public.lu](mailto:inpa.public.lu)  
e-mail: [info@inpa.etat.lu](mailto:info@inpa.etat.lu)