

GUIDE LUXEMBOURGEOIS D'INTÉGRATION ARCHITECTURALE DES PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES

VERSION OCTOBRE 2021

COMMENT INTÉGRER UN PANNEAU SOLAIRE DANS SA CONSTRUCTION

euro
solar Lëtzebuerg a.s.b.l.



Service sites et
monuments nationaux
Grand-Duché de Luxembourg



FÉDÉRATION
DES ARTISANS



CHAMBRE
DES MÉTIERS
Luxembourg



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Énergie, du Climat
et des Infrastructures
Administration des bâtiments publics



OAI
ORDRE DES ARCHITECTES
ET DES INGÉNIEURS-CONSEILS



myenergy
Luxembourg



GREENPEACE

PRÉFACE

Ce guide, qui est réalisé par Eurosolar Lëtzebuerg asbl, en collaboration avec l'Ordre des Architectes et Ingénieurs-Conseils, la Chambre des Métiers, la Fédération des Artisans, myenergy, Greenpeace, le Service des sites et monuments nationaux ainsi que l'Administration des bâtiments publics, montre la nécessité et surtout le bienfait de la réflexion commune sur l'installation de panneaux solaires.

Il est le fruit de la collaboration entre partenaires, partis tous d'une volonté commune, à savoir d'ouvrir, en développant les éléments qui composent une installation solaire photovoltaïque, un champ de possibilités plus large et illimité à l'intégration architecturale des panneaux solaires photovoltaïques. De l'intégration classique aux solutions les plus innovantes, ce guide donne un aperçu général de différentes possibilités existantes au Luxembourg.

Le panneau solaire, mis à part sa performance énergétique, a également un impact visuel et esthétique sur le bâtiment. Celui-ci joue souvent un rôle décisif dans le choix final du type et du modèle du panneau à intégrer dans sa construction. Le panneau solaire n'a donc plus le simple rôle d'un système de production énergétique. C'est également un élément de construction à part entière et dont la durée de vie est aussi longue que celle des parties du bâtiment. D'où l'importance d'un bon choix, d'une conception ingénieuse et d'une bonne motivation dès le départ.

La motivation va de soi car les 3.949 pages de « The Physical Science Basis » du récent rapport du IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) d'août 2021, ne laissent plus de place aux interprétations : il faut agir et il faut l'avouer, le défi est considérable. Il s'agit de remplacer les énergies qui ont contribué ces dernières décennies largement à l'évolution à tous les niveaux, par les énergies renouvelables, notamment le photovoltaïque.

Jusqu'à maintenant les énergies nouvelles se sont additionnées aux anciennes, maintenant elles viennent à leur place. Cela veut dire que dans de nombreux secteurs, dont le secteur du bâtiment, des changements dans la manière de réfléchir et faire sont requis. D'un côté, il faut absolument penser production d'énergies renouvelables et leur utilisation dès le premier trait de plume au début du projet, de l'autre côté, les constructions ne peuvent que passer par une grande sobriété énergétique après leur finition, donc, durant leur occupation. Sans oublier la gestion de l'énergie grise, c'est-à-dire l'énergie utilisée lors de la construction ainsi que l'aspect « second life » des matériaux.

Chaque maître d'ouvrage, que ce soit pour une maison unifamiliale, pour un immeuble résidentiel, un bâtiment pour bureaux ou une école, un atelier artisanal ou une construction à vocation industrielle, chacun construit d'abord pour soi, en fonction de ses besoins. Cependant il construit aussi dans un environnement, un contexte sociétal et dans le temps et l'espace, ce que lui accorde une responsabilité supplémentaire dans ce qu'il fait, notamment en ce qui concerne la production d'énergies renouvelables, mais pas seulement.

La transition énergétique vers le tout électrique va accroître inévitablement les besoins en électricité. A côté de la production, il faut apprendre à gérer utilisation et distribution. Plusieurs voies sont à envisager : l'autoconsommation rendue plus facile par les annonces gouvernementales de janvier 2021 et les idées avancées dans le

programme « Neistart Lëtzebuerg », pour les installations techniques favorisant les énergies renouvelables incluant la rénovation énergétique. Prévoir dès le départ chez des nouvelles constructions, l'autoconsommation, incluant l'installation des bornes, prises, câblages, compteurs et autres appareils du genre « smart grid » requis pour la gestion intra muros, mais aussi pour gérer le réseau électrique dans son ensemble, s'impose.

La sobriété énergétique est requise parce qu'elle aide à réduire les besoins énergétiques. Un immeuble bien isolé aide à maintenir une température stable à l'intérieur contre les changements de chaud ou froid à l'extérieur, et aide ainsi à réduire la consommation électrique pour le chauffage. Des éléments de stockage, notamment des batteries et/ou pompes à chaleur, complètent le

système pour l'immeuble tout comme et même mieux, pour un ensemble de constructions, un lotissement, un quartier.

Le rayonnement solaire constitue une source d'énergie gratuite, inépuisable, non polluante et disponible partout. Ce guide vise donc à encourager et à aider à prendre en considération le potentiel solaire du toit dès la phase de planification architecturale d'un bâtiment et à intégrer harmonieusement le photovoltaïque. L'usage de toutes ces techniques, qui existe et qui ne cesse d'évoluer tant au niveau efficacité qui est en croissant, qu'au niveau des prix, qui est en décroissant, est requis car la transition énergétique est un exercice dynamique concernant nous tous.



PAUL ZENS

Président de Eurosolar
Lëtzebuerg asbl

MOT DE MONSIEUR LE MINISTRE DE L'ÉNERGIE CLAUDE TURMES

33,6% de production électrique à partir de ressources renouvelables à l'horizon 2030 - tel est l'objectif ambitieux que le Grand-Duché du Luxembourg s'est fixé selon les termes du Plan national en matière d'énergie et de climat (PNEC). Pour y parvenir, nous devons continuer à développer l'énergie solaire, une énergie propre et compétitive.

Au niveau européen, le Luxembourg se positionne en septième position par rapport à la capacité photovoltaïque installée par habitant, néanmoins notre potentiel solaire est encore loin d'être exploité. C'est pour cette raison que je viens de présenter de nouvelles mesures de simplification : une nouvelle tarification pour les installations photovoltaïques et un cadastre solaire en ligne qui permet d'identifier les toits potentiellement adaptés pour l'accueil de panneaux solaires. Tous les acteurs - particuliers, agriculteurs, patrons de PME ou de grandes entreprises, communes et élus - peuvent facilement devenir acteurs de la lutte contre le changement climatique et en même temps profiter d'une énergie produite localement et abordable.

Si, en 2019, les panneaux photovoltaïques installés sur notre territoire ont déjà couvert les besoins en électricité d'environ 100.000 personnes - la preuve claire que le Luxembourg fait place au soleil - nous devons aller plus loin afin de soutenir cette dynamique.

Avec Eurosolar Lëtzebuerg a.s.b.l, nous partageons une même ambition : le remplacement complet des énergies fossiles et atomiques par les énergies renouvelables. Ensemble, continuons à faire de l'énergie solaire une histoire à succès.



CLAUDE TURMES
Ministre de l'Énergie

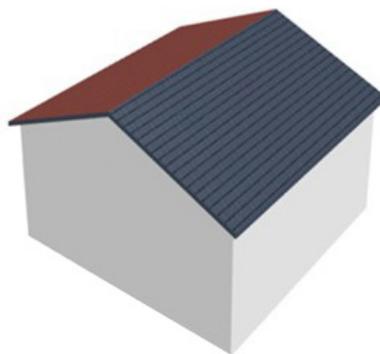
TABLE DES MATIÈRES

Préface	1
Mot de Monsieur le Ministre de l'Énergie Claude Turmes	2
Les principales typologies d'implantations	4
Allier esthétique et intégration solaire - quelques règles	5
L'intégration par l'exemple	6
Maison individuelle - implantation en toiture plate	6
Maison individuelle - implantation en toiture inclinée	7
Maison individuelle - panneaux solaires invisibles	8
Zoom sur : Um Juck Panneaux PV couvrant 60% de la consommation totale!	9
Le point de vue de l'ingénieur-conseil	10
Bâtiment Public - implantation en toiture plate	11
Bâtiment à caractère éducatif	11
Bâtiment à caractère administratif	12
La double fonction des panneaux : production et signalétique pour la Rockal-Belval	14
Bâtiment à caractère éducatif	15
Le point de vue de l'architecte	16
Zoom sur l'intégration en toute discrétion	17
Bâtiment communal	18
La façade photovoltaïque	19
Zoom sur une vitrine d'innovations au service des professions de santé	20
Intégration en toiture - Du sur-mesure pour ma toiture	21
Le point de vue du maître d'ouvrage	22
Des panneaux renforcés pour un entretien facilité	23
Bâtiments historiques	24
Maison de l'Archéologie	24
Le point de vue du conseiller en énergie	25
Intégrations futuristes	26
Voile solaire haubanée	26
Technologies solaires translucides	28
Structure solaire urbaine	29
Le point de vue de l'architecte & solar designer	30
Clever primes	31
Remerciements	33
Liste de sociétés	33

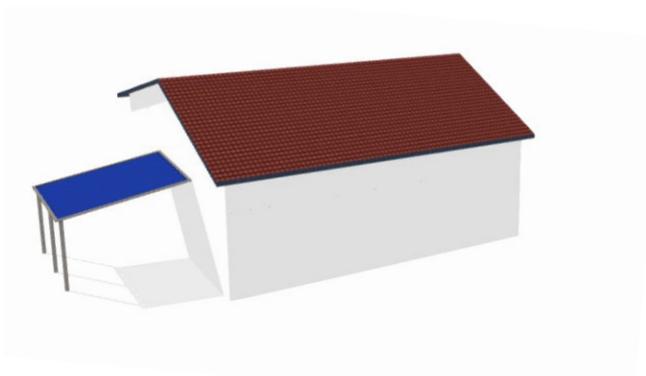
LES PRINCIPALES TYPOLOGIES D'IMPLANTATIONS



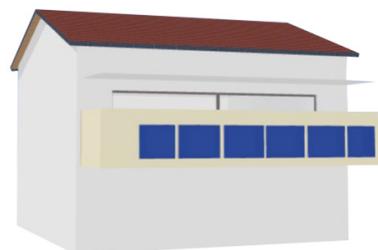
Posé sur la toiture



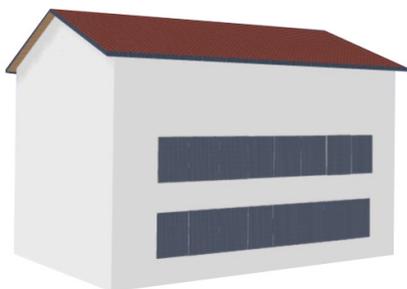
Sous formes de tuiles solaires



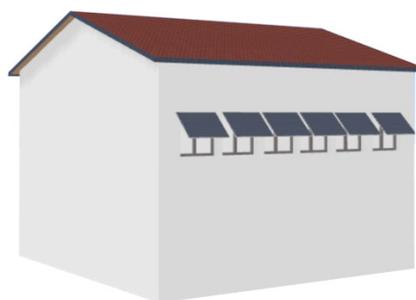
Sur une annexe : toiture terrasse, auvent ou brise-soleil



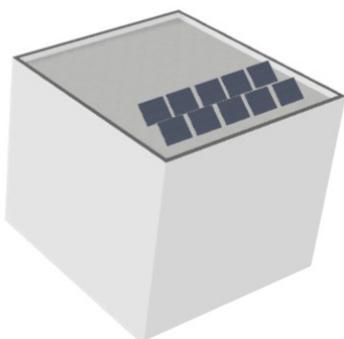
Intégration sur un garde-corps



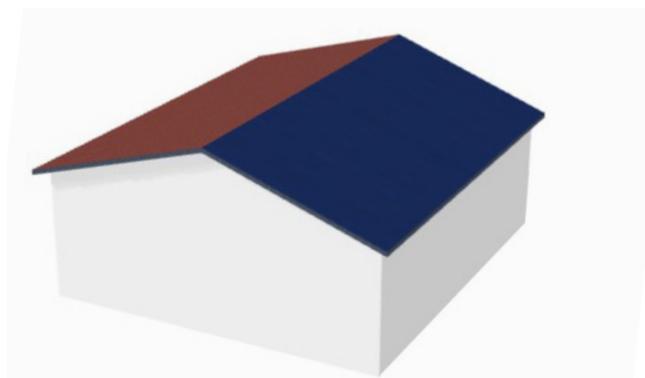
Intégration en façade



En pare-soleil sur façade



En toiture ou toiture-terrasse



Panneaux faits sur mesure

ALLIER ESTHÉTISME ET INTÉGRATION SOLAIRE - QUELQUES RÈGLES



Placer les panneaux dans l'axe des fenêtres



Disposer les panneaux de manière équilibrée et symétrique



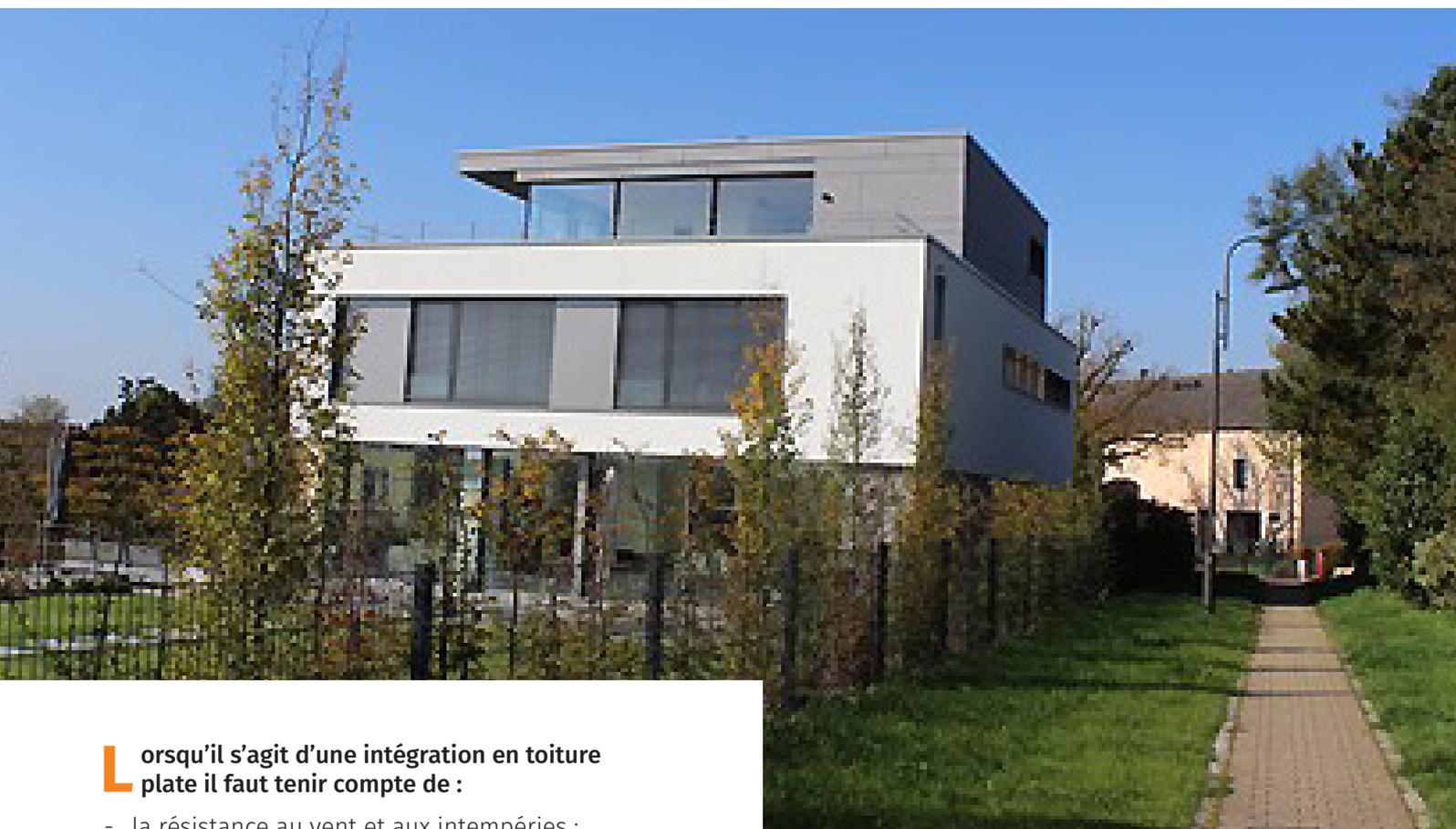
Sur une annexe : couverture totale ou équilibrée

L'INTÉGRATION PAR L'EXEMPLE

MAISON INDIVIDUELLE OU BI-FAMILIALE - NOUVELLE CONSTRUCTION

MAISON INDIVIDUELLE - IMPLANTATION EN TOITURE PLATE

PANNEAU INSTALLÉ EN SURIMPOSITION SUR CHÂSSIS



Lorsqu'il s'agit d'une intégration en toiture plate il faut tenir compte de :

- la résistance au vent et aux intempéries ;
- la stabilité de la toiture ainsi que des ombrages ;
- synergie avec des espaces verts sur le toit, car le substrat peut être utilisé comme ballast pour la protection contre le vent et réduction de la température en été.



Architecte
HO Architectes

Maison privée bi-familiale à énergie positive
© HO Architectes

MAISON INDIVIDUELLE - IMPLANTATION EN TOITURE PLATE



Maison privée / passive
© TR Engineering S.A.

Un panneau intégré en toiture inclinée produit de l'électricité et assure également une fonction technique, notamment en matière d'étanchéité sans faire de compromis sur l'esthétique.

Ils existent plusieurs types de panneaux solaires à intégrer, principalement on parle de deux catégories :

- 1 Les modules standards : avec ou sans cadre à intégrer directement.**
- 2 Les modules non-standards : adaptés en fonction du projet et faits sur mesure.**

Dans cet exemple, les panneaux solaires sont intégrés sur un versant de la toiture et remplacent le revêtement de celle-ci.

L'énergie produite par les panneaux solaires couvre les besoins en chauffage, en électricité et sert également à charger un véhicule électrique. Il s'agit du bilan annuel, et n'est pas une autarcie.

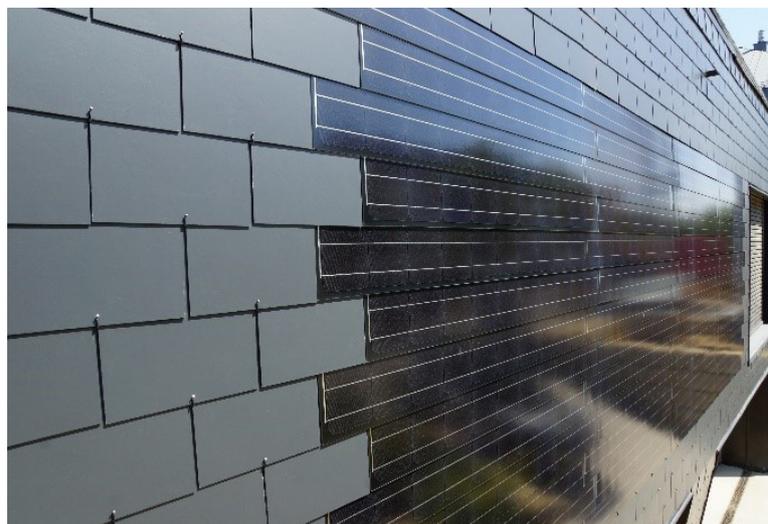
Ingénieurs
TR-Engineering S.A.
Goblet Lavandier et Associés S.A.

MAISON INDIVIDUELLE - PANNEAUX SOLAIRES INVISIBLES



Pour intégrer des panneaux solaires en façade, une profonde réflexion doit être menée en amont pour déterminer la meilleure solution d'intégration d'un point de vue esthétique, mais aussi et surtout technique. Ce sont bien souvent des concepts uniques qui sont mis au point pour s'adapter à chaque logement et à des contraintes particulières. Par exemple, pour cette maison unifamiliale, des tuiles solaires classiques ont été détournées de leur utilisation traditionnelle en toiture afin d'être intégrées en façade.

Au-delà de se marier parfaitement avec l'architecture caractéristique de cette maison, ces tuiles solaires assurent un niveau de performance élevé.



Maison unifamiliale
© Betic Ingénieurs-Conseils

Architecte
Polaris Architectes
Ingénieurs
Betic Ingénieurs-Conseils

ZOOM SUR : UM JUCK PANNEAUX PV COUVRANT 60% DE LA CONSOMMATION TOTALE!



© Beng Architectes Associés

Architecte
Beng Architectes Associés
Ingénieurs
Betic S.A. - Ingénieurs Conseils

Ce bâtiment à énergie positive, de classement énergétique AAA, est le premier immeuble d'habitation au Luxembourg, qui s'autoalimente en énergie à raison de 60% de sa consommation totale.

Le projet a regroupé 4 propriétaires privés pour la création de 4 logements : 2 appartements, un duplex et une maison.

La volonté première a été de réaliser un bâtiment énergétiquement autonome et quasi entièrement recyclable pour une empreinte écologique minimale. Le programme s'est donc orienté vers un bâtiment passif, utilisant au maximum le soleil.

Situé en environnement villageois, les 125 m² de toiture en panneaux photovoltaïques se font discrets ; la pente de toiture à 35° et le choix de panneaux sans cadres couvrant toute la toiture Sud, contribue à les assimiler aux toitures d'ardoises environnantes.

L'énergie est produite par une installation photovoltaïque de 22.8 kWp, pour les consommations de chauffage, eau chaude et d'électricité pour éclairage et appareils. Cette énergie est consommée ou stockée en batterie (lithium ion 18KWh). Si les batteries sont pleines, l'énergie est transformée en eau chaude sanitaire (réserve de 4 ballons de 300L). Le surplus de production peut aussi être vendu au réseau.

L'ensemble est géré par Energiepark Réiden mandaté comme syndic et gestionnaire qui exerce une nouvelle fonction de « concierge énergétique ». Chaque logement est doté de son système de régulation avec une pompe à chaleur eau/eau pour l'alimentation d'un ballon sanitaire de 500L et un échangeur intégré pour la ventilation.

Pour tirer parti de l'énergie solaire de la façon la plus efficace possible, la conception d'une installation photovoltaïque doit reposer sur plusieurs éléments essentiels :

- Choisir les panneaux qui correspondent le mieux aux besoins identifiés;
- Concevoir une intégration esthétique harmonieuse avec le reste du bâtiment, en collaboration avec le maître d'ouvrage et l'architecte;
- Définir l'inclinaison et l'orientation idéale des panneaux (orientation sud, est/ouest ou autres, pose à plat ou inclinée...);
- Etudier les structures de support existantes, leur résistance au vent, les systèmes de fixation appropriés;
- Exploiter au mieux la toiture et les autres surfaces disponibles en veillant à l'intégration des couloirs d'entretien, des protections individuelles (lignes de vie...), ou des éventuelles végétations;
- Assembler de manière optimale les panneaux par groupes, ou « strings », en fonction des orientations et d'un éventuel ombrage;
- Modifier ou installer des protections parafoudre;
- Placer les onduleurs pour faciliter leur entretien et le dégagement de la chaleur;
- Raccorder efficacement l'installation sur le réseau électrique existant;

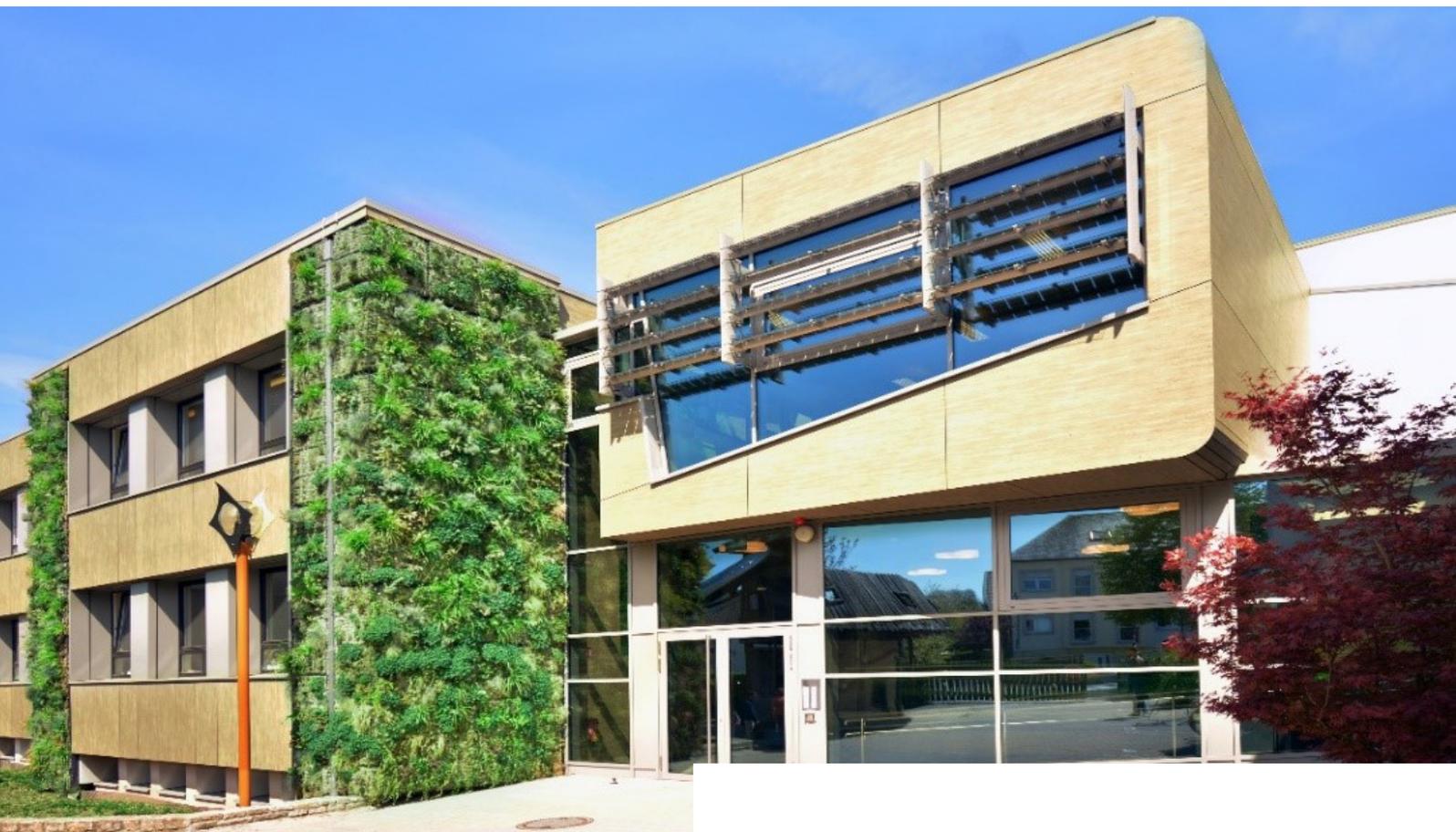
En matière d'installation photovoltaïque et plus largement de toute installation technique, l'ingénieur-conseil a un rôle central. Il dispose en effet des outils essentiels pour analyser les différents produits disponibles et ainsi conseiller au mieux le propriétaire. Parfaitement indépendant, il est la personne de confiance à solliciter pour choisir les panneaux les plus appropriés aux spécificités du site, qui assureront de ce fait la meilleure interaction entre le rendement et le dimensionnement possible et ce dans la durée. Les différentes simulations réalisées durant la phase d'étude permettent en effet d'obtenir une projection rigoureuse et fiable d'efficacité de l'installation sur sa durée de vie complète. Afin de proposer le meilleur rapport qualité-prix pour chaque produit retenu, l'ingénieur-conseil consulte également le marché et sélectionne le fournisseur le plus approprié, qu'il suivra durant toute la durée du chantier jusqu'à attester de la conformité de l'installation pour une mise en service sans défaut. L'ingénieur-conseil assiste d'autre part le propriétaire dans toutes les démarches administratives requises au niveau de la commune et des gestionnaires des réseaux et peut même proposer des modèles de gestion entre copropriétaires.

M. Gilles CHRISTNACH

Betic Ingénieurs-Conseils

BÂTIMENT PUBLIC - IMPLANTATION EN TOITURE PLATE

BÂTIMENT À CARACTÈRE ÉDUCATIF



Ecole fondamentale et maison relais Itzig
© XXA Architecture s.à r.l.

Dans le cadre de la rénovation d'un bâtiment à caractère éducatif, des panneaux solaires photovoltaïques ont été installés sur la toiture.

La disposition des panneaux solaires sur cette toiture réduit leur impact visuel.

Pour allier le solaire actif et le solaire passif, des modules photovoltaïques sont intégrés également en brise-soleil.

Ceci permet de profiter des apports solaires gratuits en hiver et de protéger le bâtiment contre la surchauffe en été. Tout en produisant de l'électricité !

L'inclinaison du brise-soleil photovoltaïque doit être optimale afin de permettre une production maximale d'électricité.

Architecte

XXA Architecture s.à r.l.

Maître d'ouvrages

Administration communale de Hesperange

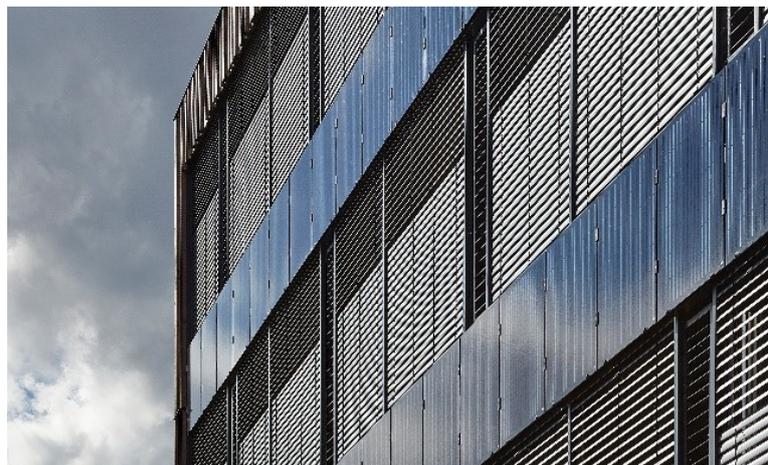
BÂTIMENT À CARACTÈRE ADMINISTRATIF



S iège de l'Administration de la nature et des forêts et premier bâtiment public luxembourgeois à énergie positive. Construit au bord de la Sûre, des panneaux photovoltaïques ont été installés en toiture, sur la façade sud ainsi que sur l'ensemble du carport.

L'énergie produite par l'ensemble de ces installations sur une durée de vie de 50 ans est supérieure au cumul de l'énergie grise utilisée pour la construction ainsi qu'à la consommation énergétique nécessaire au conditionnement du bâtiment pendant ce temps.

A ceci s'ajoute une certification DGNB en platine, qui s'inscrit dans la ligne droite de l'Administration des bâtiments publics de promouvoir le développement durable.



Administration de la nature et des forêts
© AM atelier b – morph 4 / ANF / Lucas Huneke

Architectes

AM atelierb – morph4

Génie-civil

Daedalus Engineering s.à r.l.

Génie-technique

Enerventis Lux S.A.

Consultant DGNB

E3 Consult s.à r.

Consultant en énergie

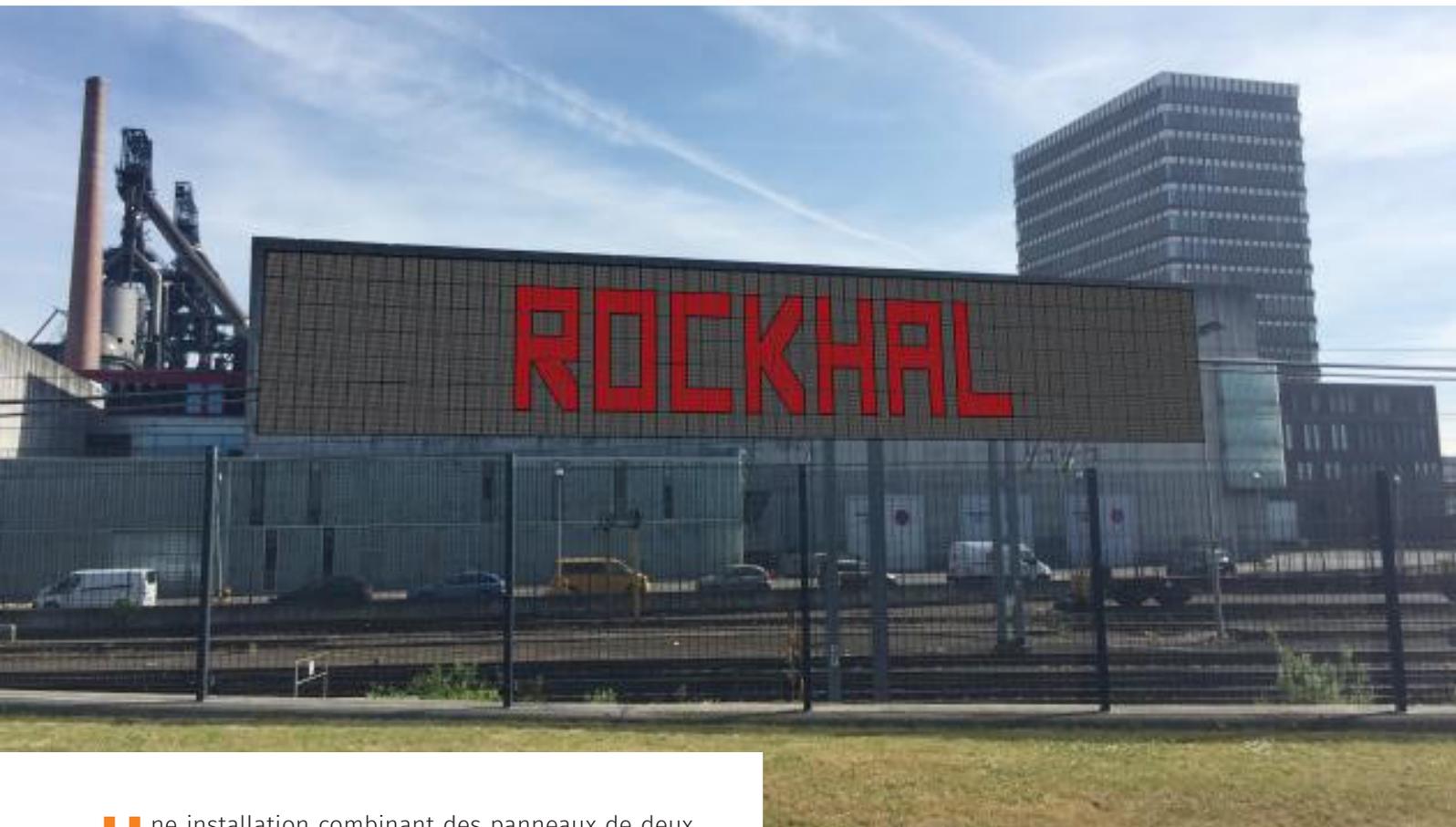
EBP Schweiz AG

Maître d'ouvrage

Administration des bâtiments publics



LA DOUBLE FONCTION DES PANNEAUX : PRODUCTION ET SIGNALÉTIQUE POUR LA ROCKAL-BELVAL



Une installation combinant des panneaux de deux couleurs, rouge et noir, a été développée pour créer, en sus de la production électrique, une signalétique lumineuse et faire apparaître le mot « ROCKHAL ». L'espace entre les panneaux a été augmenté pour l'ajout d'un éclairage LED et des demi-panneaux de tailles presque toutes différentes ont été réalisés sur mesure.

Sur la toiture sont installés des panneaux photovoltaïques à simple fonction de production.



Architecte
Beng Architectes Associés
Génie-technique
Betic S.A. - Ingénieurs Conseils
Maîtres d'ouvrages
Le Fonds Belval



© Fonds Belval

BÂTIMENT À CARACTÈRE ÉDUCATIF



Campus scolaire multifonctionnel, classé basse énergie grâce à l'installation photovoltaïque de sa toiture. L'inclinaison ainsi que l'orientation des différents panneaux ont été étudiées avec précision de manière à maximiser la puissance. Les rangées des panneaux sont posées de manière à éviter les ombres des uns sur les autres.

Une intégration réussie nécessite un bon compromis entre différents paramètres dès la phase de conception. Ces paramètres peuvent être d'ordre architectural (l'orientation du bâtiment, l'inclinaison du toit, les masques et ombres ainsi que l'exposition aux vents, ...), d'ordre réglementaire (respect des lignes de vie, nombre et disposition des coupes de désenfumages, ...) ou bien d'ordre sécuritaire (le risque incendie et de vandalisme). Ce compromis influence fortement le résultat final.



Photos : Campus scolaire Schouweiler
© WW + Architektur & Management SARL

Architecte

WW + Architektur & Management SARL

Génie-civil

Goblet Lavandier & Associés Ingénieurs-Conseils SA

Génie-techniques

TR Engineering SA

Maître d'ouvrages

Administration communale de Dippach

Comme tout élément de la peau extérieure d'un bâtiment, les panneaux photovoltaïques contribuent à l'esthétique du bâtiment. Il faut éviter de les considérer seulement comme équipement. Il ne faut pas oublier que, comme les portes et les fenêtres, ils participent à la composition architecturale des murs et des toitures.

Le choix de leur forme, matériau et teinte ainsi que leur implantation fait parti de la composition architecturale : en ce sens, selon le contexte et le style architectural, ils peuvent se faire très discrets ou, apparaître comme des éléments structurants et objets de design.

Au milieu de toitures ardoisées, des panneaux de teinte noire, assemblés en rectangle, sans cadre, seront parfaitement discrets. A l'inverse lorsque le photovoltaïque est un élément central du parti architectural, il peut devenir moteur d'innovations intéressantes en termes de volumétrie, de façades...

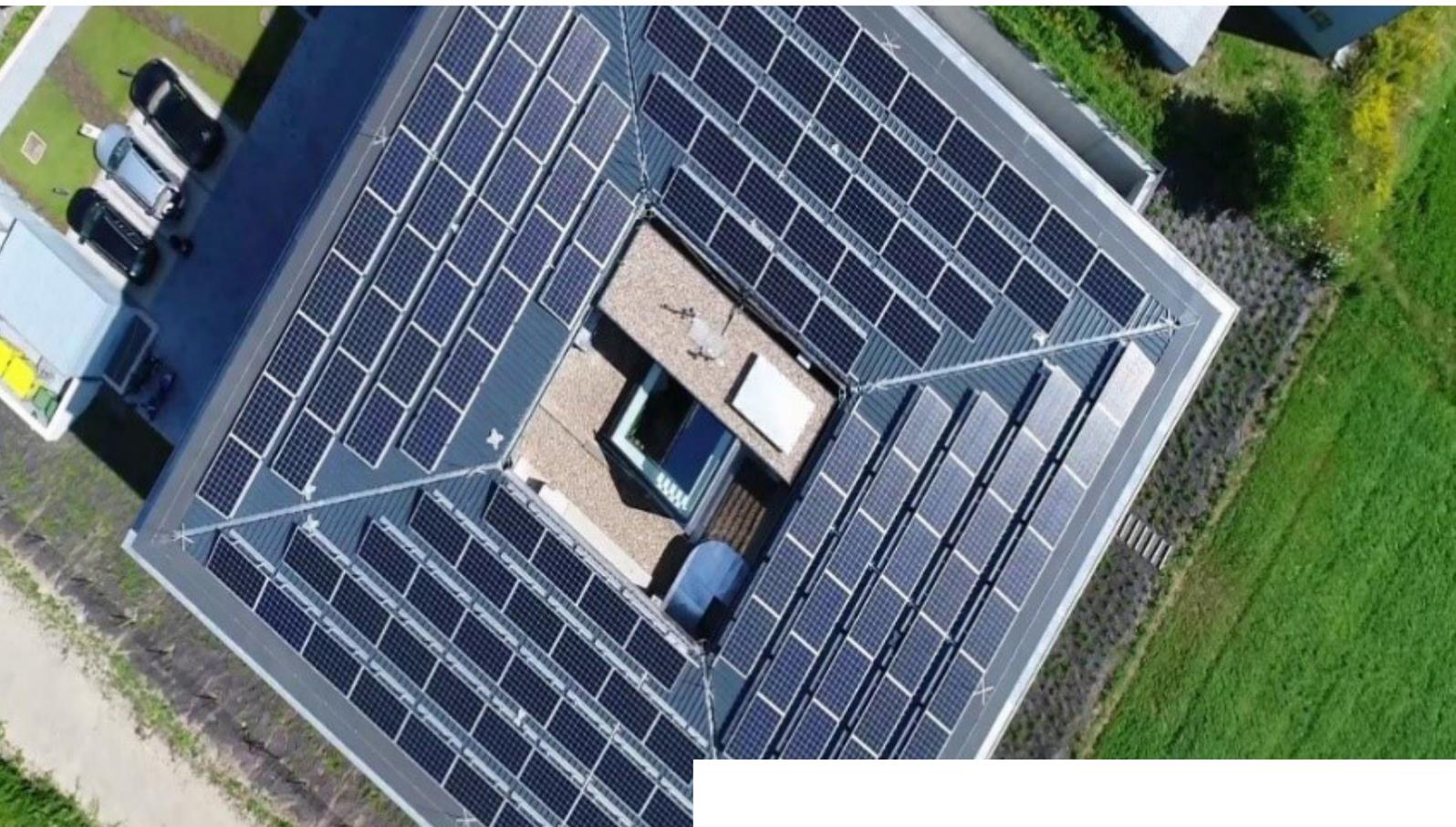
De façon générale, tous les projets devraient prévoir leur installation à court ou long terme, avec une conception du projet anticipant cette possibilité : par exemple, en réduisant ou regroupant les émergences en toiture (cheminées, équipements techniques) pour libérer des surfaces et limiter les ombres générées, et également en réservant des gaines pour les alimentations électriques.

M. Albert GOEDERT

Beng Architectes Associés



ZOOM SUR L'INTÉGRATION EN TOUTE DISCRÉTION



Bureaux de Goblet Lavandier et Associés S.A.
© Goblet Lavandier et Associés S.A.

Labélisé DGNB Platine, ce bâtiment s'inscrit définitivement dans la liste des bâtiments fonctionnels visant aussi bien la perfection environnementale que la durabilité économique.

Pour atteindre le nearly zero energy building, ce bâtiment a été doté de techniques innovantes, solaires et géothermiques afin de permettre des économies d'énergie.

L'installation photovoltaïque a été posée sur une toiture conçue en tôle galvanisée. Son intégration est aussi bien esthétique que discrète, la puissance installée est de 40 kWc. En étant équipé de batteries de stockage, la consommation propre de l'installation photovoltaïque est augmentée.

BÂTIMENT COMMUNAL



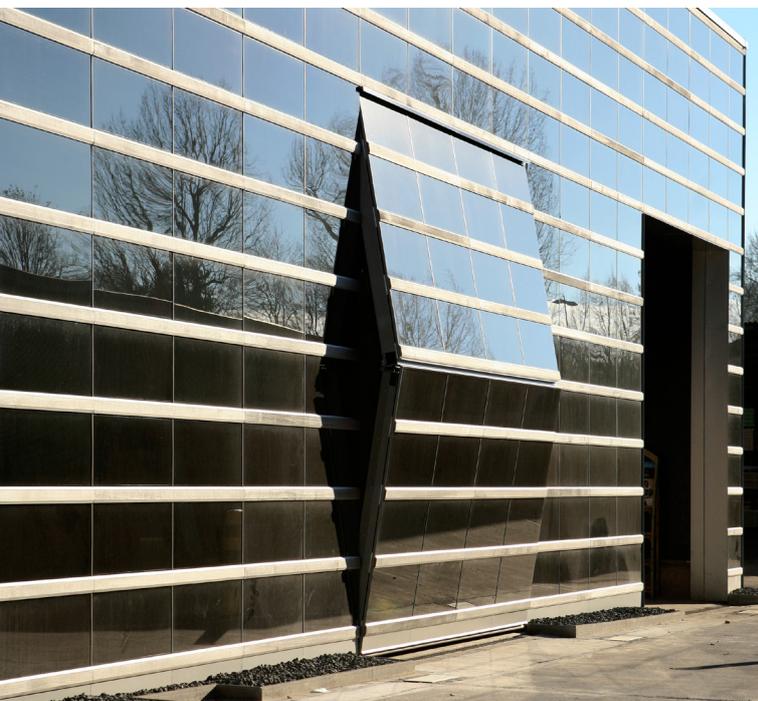
Il s'agit d'un nouvel atelier communal avec deux halls, le premier accueillant le service technique et le deuxième le service d'incendie. Les panneaux solaires ont été intégrés sur le côté sud-ouest de la toiture sur une surface de 260 m² pour une puissance de 177 W/m². Cette dernière est de construction métallique avec tôles à profil trapézoïdal et panneaux composites en aluminium. Une bande vitrée sépare la toiture des murs et lui donne un aspect flottant.



Atelier communal avec poste de pompier à Biver
© Steve Troes

Architecte
WeB Sàrl
Ingénieurs-conseils
INCA Ingénieurs-Conseils
Génie-civil
INCA Ingénieurs-Conseils
Génie-technique
Ekoplan S.A.
Maîtres d'ouvrages
Administration communale de Biver

LA FAÇADE PHOTOVOLTAÏQUE



Photos du bâtiment : Halls et bureaux Hoffmann Frères
© Hoffmann Frères S.à r.l. et Cie s.e.c.s.

Ces panneaux photovoltaïques sont intégrés de manière à ce que la façade parait uniforme et homogène et que même la porte du garage s'y fonde complètement.

Cette intégration a été réalisée dans le cadre d'une rénovation d'un bâtiment servant de hall industriel et de surface de bureaux.

Grâce à cette installation photovoltaïque ce bâtiment a un bilan énergétique positif.

Architectes

CCArchitectes S.A.

Jean Petit Architectes S.A.

Petit Carré Architectes Sàrl

Ingénieurs-Conseils

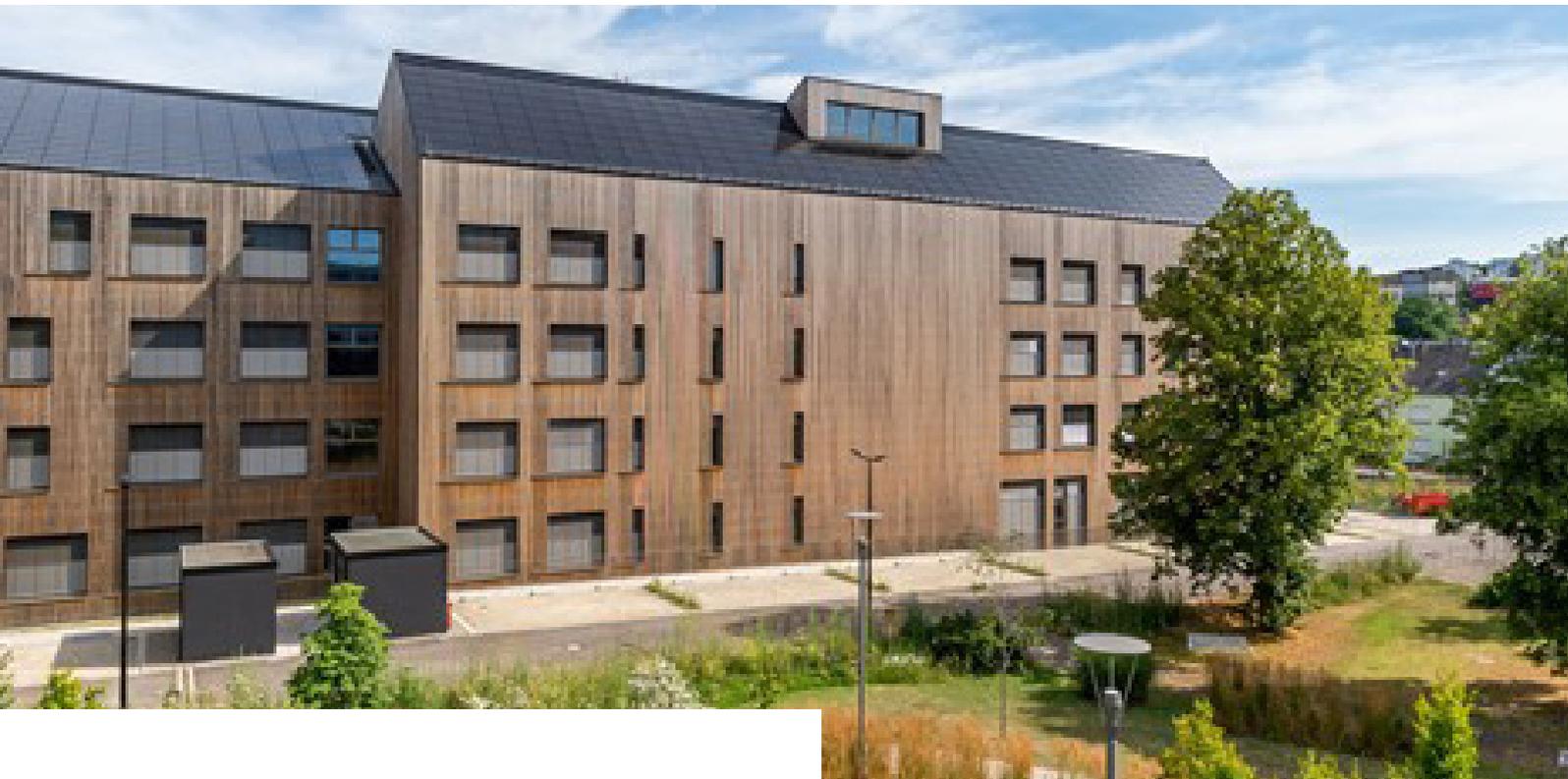
Jean Schmit Engineering Sàrl

Maître d'ouvrages

Hoffmann Frères S.à r.l. et Cie s.e.c.s.

ZOOM SUR UNE VITRINE D'INNOVATIONS AU SERVICE DES PROFESSIONS DE SANTÉ

LYCÉE TECHNIQUE POUR PROFESSIONS DE SANTÉ À ETTTELBRUCK.



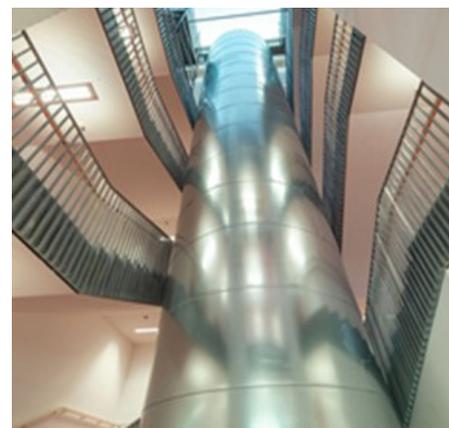
Le Lycée technique pour professions de santé à Ettelbruck est un bâtiment alliant esthétique, efficacité énergétique et respect de l'environnement.

Ce lycée est le premier bâtiment d'enseignement public à énergie positive au Luxembourg grâce à ses 1626 panneaux photovoltaïques d'une surface de 2120 m² intégrés en toiture qui produisent près de 275 % de ses besoins.

En outre, 52 collecteurs thermiques ont été installés verticalement en façade pour couvrir près de 100 % des besoins en chauffage du bâtiment. Les panneaux photovoltaïques et les panneaux solaires contribuent à son design architectural unique. L'énergie est stockée dans un réservoir saisonnier de 91.000 litres mesurant près de 20 mètres de hauteur. Il s'agit du plus grand réservoir de ce type au Luxembourg. Grâce à ses différentes installations novatrices, le lycée est le premier bâtiment au Luxembourg qui a obtenu la certification environnementale très exigeante « Minergie-P-Eco ».

Intégration en façade :
allier esthétique et fonctionnalité

Intégration en toiture :
couverture et production d'énergie



© Marie De Decker

Architecte
Fabeck Architectes s.à r.l.
Génie-civil
Daedalus Engineering s.à r.l.
Génie-technique
Betic S.A.
Consultant en énergie
EBP Schweiz AG
Maître d'ouvrage
Administration des bâtiments publics

INTÉGRATION EN TOITURE - DU SUR-MESURE POUR MA TOITURE



Le panneau solaire comme alternative aux tuiles traditionnelles ! Pour créer un système de production d'énergie renouvelable alliant performance et esthétique, 88 panneaux photovoltaïques ont été intégrés à la toiture. Ils ont été sélectionnés pour optimiser les matériaux utilisés dans la conception du bâtiment. Ainsi, ils assurent l'étanchéité de la toiture.

Bureaux de Betic S.A. Ingénieurs Conseils
© Betic S.A. Ingénieurs Conseils

Architecte
SCAHT Architecture & Développement S.A.
Ingénieurs-conseils
Betic S.A. Ingénieurs Conseils
Maître d'ouvrage
Betic S.A. Ingénieurs Conseils

Le développement durable et la lutte contre le réchauffement climatique sont des sujets d'actualité.

L'installation de panneaux photovoltaïques est un moyen efficace pour le maître d'ouvrage pour réduire l'empreinte carbone de ses bâtiments.

Afin d'installer une installation photovoltaïque efficace qui s'intègre bien dans la construction et ne causant pas d'inconvénients, il faut tenir compte de quelques points importants pour assurer le caractère durable de cette installation :

- L'état de la toiture doit être contrôlé quant à son état statique, son isolation thermique et son étanchéité. Si des travaux sont prévisibles d'être nécessaires à moyen terme, il vaut mieux les réaliser avant les travaux d'installation photovoltaïque.
- Une bonne planification est importante en vue de traiter de manière optimale les aspects d'esthétique et de sécurité ou encore de gêne comme un trop fort éblouissement.
- La rentabilité à long terme doit être prise en compte en incluant les frais de maintenance, comme par exemple en prévoyant un accès facile aux composants principaux de l'installation. Un système de surveillance de la production électrique permet de détecter des anomalies et de les éliminer rapidement.
- La production annuelle doit être maximisée en tenant compte de l'ombrage. Ceci en utilisant le maximum des surfaces disponibles en toiture, sur carports, garde-corps et façades, et en analysant toutes les orientations possibles à côté de l'orientation sud choisie classiquement.

Le maître d'ouvrage peut d'avantage minimiser son empreinte carbone en combinant une installation photovoltaïque efficace avec un bâtiment à basse consommation.

L'Administration des bâtiments publics a réalisé des bâtiments à énergie positive, c'est-à-dire pour lesquels la production d'énergie dépasse la consommation sur le cycle de vie tout en incluant l'énergie grise (p.ex. : Administration de la nature et des forêts à Diekirch, Lycée technique pour professions de santé à Ettelbruck, Maison d'enfants de l'État à Schifflange).

Les avantages d'un bâtiment à basse consommation combiné à une installation photovoltaïque sont multiples :

- bâtiment durable,
- réduction de l'empreinte carbone,
- réduction des frais d'énergie et donc de la dépendance du prix de l'électricité et combustible fossile,
- production d'énergie silencieuse,
- intégration esthétique des panneaux photovoltaïques,
- rentabilité en considérant les régimes d'aide.

M. Laurent Wahl

Ingénieur

Administration des bâtiments publics

DES PANNEAUX RENFORCÉS POUR UN ENTRETIEN FACILITÉ

LA MAISON DE L'INNOVATION



Maison de l'innovation
© Le Fonds Belval

Architecte
Bourguignon Siebenaler Architectes Sàrl
Ingénieurs-Conseils
Betic S.A. - Ingénieurs Conseils
Maître d'ouvrages
Le Fonds Belval

5 66 panneaux photovoltaïques ont été installés sur le toit de la maison de l'innovation à Belval. L'objectif de cette installation était de maximiser la production énergétique en installant autant de panneaux solaires que possible en toiture. Les panneaux, de couleur noir mat, non réfléchissants, sans cadre, sont installés presque à plat (pente < 1 %) sur les dalles en béton autoportantes formant la toiture. L'aspect visuel homogène et sobre des panneaux et leur géométrie parfaite de disposition conduit à une toiture pouvant être considérée comme 5ème façade, s'intégrant discrètement dans l'environnement urbain et patrimonial au vu de la proximité immédiate des hauts fourneaux inscrits à l'inventaire des Sites et monuments nationaux. L'épaisseur du verre a été doublée et passe de 4 mm à 8 mm, les panneaux pouvant ainsi supporter 200 kilos par mètre carré et facilitent les déplacements pour réaliser l'entretien.

BÂTIMENTS HISTORIQUES

La performance énergétique des bâtiments historiques ne doit pas être négligée car ces bâtiments consomment beaucoup d'énergie.

L'intégration de panneaux solaires dans ce type de bâtiment est souvent plus complexe qu'une intégration dans un bâtiment ordinaire et nécessite la prise en compte de différents paramètres au même temps.

Parmi ces paramètres sont l'authenticité, l'originalité, le caractère et l'histoire du bâtiment.



Maison de l'Archéologie à Dalheim
© Service des sites et monuments nationaux

MAISON DE L'ARCHÉOLOGIE

Bâtiment inscrit à l'inventaire supplémentaire des sites et monuments nationaux et construit sur des vestiges romains, il comprend un étage destiné à accueillir des archéologues, notamment pour la logistique des périodes de fouilles.

Le Service des sites et monuments historiques a décidé de lancer des analyses poussées dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique de ce bâtiment.

Pour ce faire, il a fallu trouver un juste compromis entre l'efficacité énergétique et la valeur historique et architecturale de ce bâtiment sans toutefois perdre de vue sa dimension archéologique !

La solution a été trouvée en partenariat avec la fondation Kibernetik de l'université technique de Darmstadt et qui consiste en la capacité du bâtiment à s'autoréguler du point de vue énergétique au moyen de panneaux en polycarbonate.

Le conseiller en énergie est souvent le premier contact pour les personnes intéressées par le photovoltaïque. Il donne des explications quant aux exigences d'installation, aux démarches à réaliser et aux aides financières dont le demandeur peut bénéficier. Mais il doit également être une source de motivation pour permettre à l'idée, qui a germé chez le propriétaire d'un bâtiment, de se développer en un projet concret et que la réalisation prenne enfin cours. Différents outils sont nécessaires à la réalisation de sa tâche, comme par exemple une panoplie d'informations sur notre site internet, ou encore la possibilité de simuler les aides avec notre application myrenovation. Il s'avère également très intéressant de consulter le cadastre solaire sur geoportail.lu afin de découvrir le potentiel solaire de son bâtiment et de simuler le rendement de l'installation.

Un élément primordial du travail d'accompagnement du conseiller est également de mon-

trer aux personnes intéressées des exemples de bonne mise en œuvre du photovoltaïque, ou comment intégrer cette technologie d'une façon judicieuse, esthétique et efficace dans son bâtiment. Comme le photovoltaïque est souvent un élément assez visible de la construction, ainsi qu'un équipement qui y reste pendant de longues années, une intégration professionnelle dans le bâtiment est essentielle. Le Guide luxembourgeois d'intégration architecturale des panneaux solaires photovoltaïques permet de montrer les différents types de panneaux, leurs possibilités de pose et d'excellents exemples d'une intégration architecturale réussie. Il pourra ainsi servir au « mainstreaming » du photovoltaïque, maillon indispensable dans une transition énergétique durable.

M. Gilbert Théato

Directeur
My Energy G.I.E.

INTÉGRATIONS FUTURISTES

Projet BotaSolar
© Sunsoak-Design

VOILE SOLAIRE HAUBANÉE





PROJET BOTASOLAR

Ce projet de couronnement solaire d'un édifice existant est cosigné par Sunsoak-design et Ney & Partners.

Le client avait ouvert en 2016 un concours restreint d'architectes durant lequel la proposition de cette voile solaire haubanée a été retenue.

Elle prouve la possibilité d'intégrer des centrales solaires élégantes dans un contexte urbain existant parfois délicat.

Le principe de survoler les obstacles d'une toiture plate permet de multiplier par trois la puissance installée pour un total de 140 kWc.

Le projet est en cours d'exécution et sera livré en 2020.



Projet BotaSolar
© Sunsoak-Design

TECHNOLOGIES SOLAIRES TRANSLUCIDES



Il est possible d'adapter les technologies solaires translucides les plus récentes au résidentiel. Le projet de la maison Otten en est la preuve. Le solaire architectural y est concentré dans les verres fixes du cube transparent et joue le rôle de production solaire aussi bien que de protection solaire. La signature des architectes étant ce cube verrier en simple vitrage escamotable, espace intérieur/extérieur qui joue également le rôle de génératrice d'énergie pour l'ensemble du bâtiment.

Maison Otten
© Sunsoak-Design

STRUCTURE SOLAIRE URBAINE

PROJET PARIS PLACE COLETTE



Place Colette à Paris
© Sunsoak-Design

La structure solaire urbaine de la place Colette a été initiée par la Ville de Paris en 2010. Elle avait pour intention d'offrir une structure légère, versatile et autonome en énergie. Les technologies couches minces orangées, semi-transparentes, fournissent la quantité d'énergie suffisante pour l'éclairage, via un stockage d'énergie par batteries dans le mobilier urbain. La structure s'éteint donc progressivement en fin de nuit et avait été dessinée pour être transposable à d'autres places, n'utilisant aucun câblage enterré.



LE POINT DE VUE DE L'ARCHITECTE & SOLAR DESIGNER

La transition en cours est une période particulièrement inspirante pour les architectes, car ils doivent réinventer les formes ainsi que les langages architecturaux.

Les bâtiments ont toujours été un abri contre les éléments externes. Aujourd'hui l'enveloppe doit absorber l'énergie de ces éléments.

L'énergie décentralisée de puissance, dans un contexte urbain est un challenge. Produire localement, pour un quartier, sur une place publique ou un bâtiment est devenu possible.

Il n'est plus alors question de panneaux solaires mais d'objets d'urbanisme, consommateurs en espace, demandant un dessin particulier et une validation par les urbanismes locaux qui ont un rôle prépondérant.

Les bâtiments existants représentent 99 % du tissu urbain d'une ville. Leur taux de renouvellement fait que l'on connaît aujourd'hui 65 % du tissu urbain de l'année 2060. La réponse est donc moins importante dans les bâtiments neufs hyper-technologiques que dans l'actualisation de cette situation pour accompagner la transition énergétique des villes.

Le challenge de l'autonomie, de l'énergie décentralisée demande de s'approprier des réflexes de design que la nature nous indique dans sa constante lutte contre le rayonnement solaire.

Une nouvelle demande sociétale est exprimée. A nous d'en construire la réponse.

M. Jean-Didier Steenackers

CLEVER PRIMES

A fin de rendre l'utilisation des énergies renouvelables encore plus attractive, le Gouvernement luxembourgeois à établi, dans le cadre du programme Neistart Lëtzebuerg, du 20 avril 2020 au 31 décembre 2021, de différentes primes, sous le nom « CLEVER PRIMES ».

VOICI UN APERÇU DES DIFFÉRENTES PRIMES QUI SONT DISPONIBLES:



CLEVER WUNNEN

Si vous envisagez d'améliorer la performance énergétique de votre logement ou de chauffer aux énergies renouvelables.

Avec cette prime, vous pouvez bénéficier d'une augmentation de 50 % des aides pour la rénovation énergétique et le conseil agréé et de 25 % pour les installations techniques favorisant les énergies renouvelables. Vous pouvez également bénéficier d'une extension du bonus pour le remplacement d'une chaudière alimentée en combustible fossile!



CLEVER SOLAR

Si vous souhaitez produire de l'énergie solaire, en installant des panneaux photovoltaïques sur votre toiture. Grâce aux tarifs d'injection, vous pouvez générer un revenu intéressant pour l'énergie que vous produisez. Si l'installation de panneaux solaires n'est pas envisageable pour votre bâtiment ou que vous souhaitez financer le projet à plusieurs, vous pouvez créer ou participer à une coopérative énergétique. Vous pourrez ainsi exploiter une installation photovoltaïque en collectivité, devenir producteur d'énergie solaire et agir pour la protection du climat.



CLEVER HËTZEN

Si vous souhaitez remplacer votre chaudière alimentée en énergie fossile (mazout ou gaz) par une alternative renouvelable et plus écologique.

Jusqu'au 31 décembre 2021, vous pouvez profiter du bonus de remplacement de +30 % pour le remplacement d'une chaudière existante alimentée en combustible fossile.



CLEVER FUEREN

Dans le cadre d'une reprise économique durable et en vue d'atteindre les objectifs fixés dans le Plan national intégré en matière d'énergie et de climat, le gouvernement a décidé d'augmenter / de renforcer le régime d'aides pour véhicules à zéro ou à faibles émissions, jusqu'au 31 mars 2022.

Différentes primes peuvent être demandées auprès de l'Administration de l'environnement :

- > **Prime pour un vélo électrique neuf**
- > **Prime pour un véhicule léger 100 % électrique**
- > **Prime pour une voiture / camionnette neuve 100 % électrique**
- > **Prime pour une voiture / camionnette à hydrogène neuve**
- > **Prime pour une voiture / camionnette de type plug-in hybride neuve (≤ 50 g de CO₂/km)**



CLEVER LUEDEN

Afin de soutenir la transition vers la mobilité électrique et de garantir l'autonomie des véhicules électriques au Luxembourg, le gouvernement propose un régime de soutien à l'installation de bornes de charge privées.

Découvrez le nouveau comparateur de bornes de charge pour voitures électriques myenergy ici.

Cet outil vous permet de comparer les différents modèles de bornes disponibles au Luxembourg, pour vous aider à identifier la borne qui correspond le mieux à votre situation.

Pour plus de détails, rendez-vous sur le site de myenergy.

En plus des **aides et primes étatiques**, vous avez droit à des **subventions** communales dans le domaine du développement durable et des énergies renouvelables.

De manière générale la demande des aides étatiques est introduite en premier lieu et après liquidation de la part de l'Administration de l'Environnement la demande communale peut être faite. Veuillez toujours contacter votre administration communale pour vérifier si les aides sont toujours valables.

 **myenergy**
8002 11 90

myenergy.lu

REMERCIEMENTS

Eurosolar Lëtzebuerg asbl tient à remercier particulièrement pour la réalisation de cette première édition du Guide luxembourgeois d'intégration architecturale des panneaux solaires photovoltaïques :

- > Gilles Christnach
Betic
- > Laurent Wahl
Administration des bâtiments publics
- > Albert Goedert
BENG architectes
- > Pierre Hurt
OAI
- > Steve Weyland
Team31
- > Gilbert Théato, Bruno Barboni
My Energy G.I.E.
- > Jean-Marc Staudt
anciennement My Energy G.I.E.
- > Eva-Maria Lang, Gilles Reding
Chambre des Métiers
- > Frank Thinnis
Greenpeace
- > Catherine Medernach
Service des Sites & Monuments Nationaux
- > Jean-Didier Steenackers
Sunsoak-Design
- > Henri Kox, Lidia Rahal
anciennement Eurosolar Lëtzebuerg asbl
- > Marc Lindner, Cédric Schiltz
Eurosolar Lëtzebuerg asbl
- > Ingrid van der Kley
Art&Wise

LISTE DE SOCIÉTÉS

Toiture verte

www.soltop.eu
www.bauder.de

Toiture plate

www.renusol.com
www.tritec-energy.com

Intégration toiture

3s-solarplus.ch
www.sunstyle.com

Façades

megasol.ch/fast/

