

Solaris #03

Série de cahiers thématiques Hochparterre sur l'architecture solaire
Juin 2019

La métaphore de la peau, historique page 8

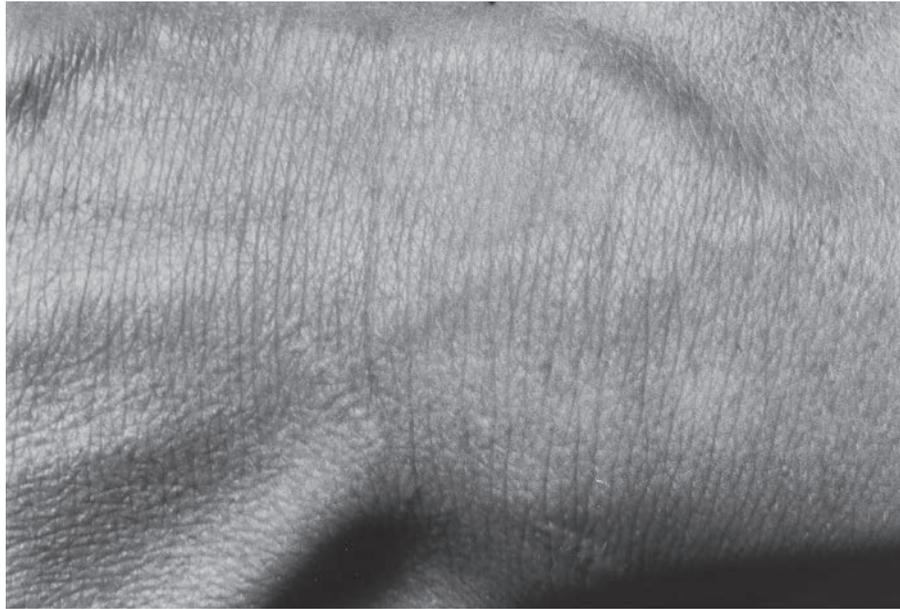
La recherche sur la peau en Romandie et au Tessin page 19

La peau en construction page 28

« Le tout doit
constituer
un ensemble »

Jacques Herzog, architecte, page 2

HOCH
PART
ERRE



La peau est fine, elle enserre, échange et ressent. Photo: Barbara Schrag

Éditorial

La peau de la maison

Dans la théorie de Gottfried Semper, le foyer est l'élément originel de l'architecture. Tous les autres éléments – le sol, le toit et les murs – protègent le foyer et son feu. De nos jours, notre prise de conscience des enjeux du climat nous interdit les combustibles fossiles et donc de nous chauffer avec du feu. Ce sont désormais les autres éléments qui doivent assumer l'ancienne fonction du foyer: le toit et les murs solaires collectent l'énergie avec laquelle on se chauffe, on éclaire et on cuisine, des sondes géothermiques puisent la chaleur dans le sol. Quelque chose d'élémentaire est-il ici en train de changer? L'architecture doit-elle être repensée? Par exemple en tant que maison qui correspond avec l'environnement par le biais de sa peau? Cela fait longtemps que l'expression «building skin» est entrée dans le langage courant de la construction.

Jacques Herzog est sceptique. «L'architecture ne devrait pas faire de la technique l'acteur principal», c'est ce que dit l'architecte de notoriété internationale dans notre entretien. L'historienne de l'art Bettina Köhler a, elle aussi,

des réserves quant à la métaphore de la «peau», cet organe sensoriel étant tout de même bien plus que seulement une frontière entre l'intérieur et l'extérieur comme la façade d'un bâtiment.

Des chercheurs en Romandie et au Tessin explorent le potentiel technique et esthétique d'enveloppes solaires construites – nous les présentons ainsi que leurs travaux dans une interview et un reportage. Un article s'interroge sur le potentiel des façades à peau fine pour la conception architecturale en étudiant quatre thèmes. Et finalement, le couple d'artistes Christina Hemauer et Roman Keller nous décrit sa tentative de documenter la stratosphère, la «peau de la terre», en une série de photos en couleur prises à différentes hauteurs.

Les propos et exemples de ce cahier montrent que nombreux sont ceux qui travaillent pour que les bâtiments produisent leur propre énergie en respectant mieux l'environnement. Et ils font voir que l'architecture ne doit pas nécessairement être repensée. Axel Simon

Impressum

Maison d'édition Hochparterre AG Adresse Ausstellungsstrasse 25, CH-8005 Zurich, Téléphone 044 444 2888, www.hochparterre.ch, verlag@hochparterre.ch, redaktion@hochparterre.ch Éditeur Köbi Gartenbein Directrice d'édition Susanne von Arx
Concept et rédaction Axel Simon Photographie Linus Bill, Christina Hemauer, Roman Keller Art Direction Antje Reineck
Mise en page Barbara Schrag Production Thomas Müller Traduction Annie Jeamart
Lithographie Team media, Gurtellen Impression Stämpfli SA, Berne
Éditeur Hochparterre en collaboration avec Suisse Energie Commandes shop.hochparterre.ch, Fr. 15.–, € 10.– ISSN 2571-8398

«Quelle bêtise! Bien sûr que nous avons besoin de la technique!»

Herzog & de Meuron a révolutionné plus d'une fois l'architecture. Un entretien avec Jacques Herzog sur l'énergie, les matériaux et les maisons de sorcières.

Interview: Axel Simon, photos: Herzog & de Meuron

Sur chacun des sujets, le cabinet Herzog & de Meuron a réalisé le projet le plus abouti. L'énergie est aujourd'hui l'un des thèmes les plus importants.

À quand le communiqué de presse:

«H&de M construit la plus grande maison solaire.»?

Jacques Herzog: Tout ce qui pourra profiter à l'architecture nous intéresse. Et l'énergie est un thème central. Par exemple par le biais de panneaux solaires – bien que leur application ne débouche pas vraiment sur une innovation architecturale, du moins jusqu'à présent. Nous avons essayé récemment de les utiliser à très grande échelle: nous voulions équiper un gratte-ciel de 450 mètres de haut de cellules solaires. Mais ce projet a échoué.

Pourquoi a-t-il échoué?

Le projet est resté sans suite certainement justement parce qu'il était trop peu conventionnel. Il ne répondait pas au standard actuel discret, voire rétrograde de la construction à New York.

De nos jours, le changement climatique est incontournable. Que signifie-t-il pour l'architecture?

Le changement climatique va entraîner d'énormes bouleversements. L'été caniculaire de 2018 nous en a donné un avant-goût. L'architecture va devoir s'adapter. J'habite dans une maison en bois avec une vaste véranda à l'avant, équipée de rideaux et qui agit comme un régulateur idéal. L'immeuble de la Hebelstrasse à Bâle est l'une de nos premières réalisations qui exprime notre fascination pour les typologies de maisons traditionnelles. Nous aimons

leurs caractéristiques formelles, leur matérialisation au charme archaïque ainsi que les détails artisanaux désuets. Mais nous étions déjà conscients à l'époque des avantages climatiques de ces types d'édifices qui permettent des températures agréables à l'intérieur, même sans climatisation. La maison en pierres de Tavole ou le Dominus Winery dans la Napa Valley en Californie font également partie de cette catégorie de bâtiments.

Comment ces bâtiments fonctionnent-ils?

De manière passive. Le Dominus Winery montre de manière exemplaire comment nous voulons tirer parti d'un climat spécifique pour une architecture spécifique: Les cages remplies de roche volcanique locale sont des gabions tout à fait courants. Ils utilisent la fraîcheur de la nuit pour les jours de grande chaleur, réfractent la lumière intense et sont en un matériau qu'il ne faut pas aller chercher loin.

Les mesures passives se heurtent à des limites.

L'électricité, par exemple, n'est produite que de manière active. En Suisse, à l'avenir, toutes les maisons vont devoir le faire. Cela veut dire qu'on a besoin de la technique et que la conception architecturale devra être en conséquence.

S'il y a une technique, elle sera utilisée. Même ici, sur la Rheinschanze, nous avons un toit solaire. Il s'intègre tellement bien dans le paysage des toits qu'il n'a pas d'incidence architecturale. →



Pour le bâtiment de la Suva à Bâle (1988-93), Herzog & de Meuron a, pour la première fois, sérigraphié du verre qui enveloppe le bâtiment historique ainsi que la nouvelle extension. Photo: Ruedi Walti

→ **Cela ne vous tente-t-il pas de faire de l'architecture avec ces moyens-là?**

Si cela a un sens, bien sûr. Comme je vous l'ai déjà dit, nous avons essayé à New York. Le climat et la situation exposée y étaient parfaits pour des panneaux solaires. Ils auraient formé une immense surface très exposée. C'eût été une solution spécifique pour cet endroit.

Comment le cabinet Herzog & de Meuron met-il en œuvre le thème du climat et de l'énergie dans le processus de conception?

Nous cherchons toujours une solution qui tire profit des conditions climatiques. Pour cela, nous discutons bien évidemment aussi avec des experts en énergie.

Ces experts vous disent-ils parfois qu'il faudrait aborder les choses différemment?

Les experts doivent soutenir l'architecture, la renforcer sans chercher une existence propre. Le tout doit constituer un ensemble – et c'est bien ici que réside la force de l'architecture! Notre gratte-ciel de Beyrouth peut servir d'exemple en la matière: Il a des terrasses végétalisées. Les plantes sont belles à regarder, sentent bon, sont agréablement humides et protègent le bâtiment de la chaleur. Les experts ont contribué au projet.

Dans certains projets, les experts jouent-ils aussi parfois un rôle clé?

Absolument. Ensemble avec des personnes créatives, nous cherchons une solution, qu'il s'agisse d'artistes, d'architectes paysagistes ou d'experts du climat. À Los Angeles, en faisant appel à Transsolar, nous avons conçu, pour l'Institut Berggruen, une architecture avec deux sphères. La plus petite sphère sert de réservoir d'eau comme il est aussi courant en Californie. Avec sa forme, elle exprime en même temps les énormes défis dans ce paysage aride. En revanche, la grande sphère est plutôt l'expression de l'universel; en tant qu'auditorium, elle sert de lieu de débat. À l'extrême sécheresse s'ajoute le fait que le terrain se trouve sur une ancienne décharge aujourd'hui recouverte. Avec notre projet, l'eau qui tombe sur le terrain au cours de l'année est recueillie et le gaz méthane dans le sous-sol de la décharge fournit l'énergie pour l'ensemble du complexe. Le réel inconvénient du terrain en partie contaminé devient ainsi un heureux hasard et constitue la base conceptuelle de notre architecture. Ce sont des sujets qui nous intéressent. Pour y arriver, nous avons besoin de maîtres d'ouvrage suffisamment motivés mais aussi d'experts qui nous apportent leur soutien technique.

Matthias Schuler de Transsolar m'a une fois dit que les architectes auraient peur de la technique. Ma question: Jacques Herzog a-t-il peur de la technique?

Quelle bêtise! Bien sûr que nous avons besoin de la technique mais nous ne la présentons pas toujours de manière aussi démonstrative que les fervents pionniers du constructivisme et du Mouvement moderne. De nos jours, exhiber la technique est beaucoup moins fructueux. La technologie numérique n'a plus la même esthétique de machine que celle que vous avez sans doute à l'esprit.

Numérisation ou non: La technique solaire, on la voit forcément parce qu'elle doit se tourner vers le soleil. Donc, la question ici est bien légitime: Quelle architecture peut-on en faire?

Seul l'exemple concret peut apporter une réponse à cette question.

Le cahier Solaris 02 montre la maison en tant que machine. Michael Eidenbenz décrit le processus de construction du bâtiment de la Lloyd's sur lequel il a fait sa thèse de doctorat. A l'époque, on a étudié l'enveloppe extérieure, la ventilation etc. à l'aide de nombreux mock-ups. C'est cette approche expérimentale des architectes qui fait que le bâtiment qui se situe au cœur de Londres est effectivement une machine, pas seulement l'image d'une machine.

Oui, une ruine techniquement obsolète avec l'attrait d'une vieille machine à écrire Remington! Elle a tout à fait son charme. Cependant, parce que la technique change si vite, il s'avère toutefois difficile d'en faire l'acteur majeur d'une architecture.

En Angleterre ou en France, il y a une tradition d'architecture technoïde: Rogers et Foster, Prouvé, Nouvel ou Lacaton Vassal. Par contre en Suisse, on n'a jamais pu se passionner pour la machine. Pourquoi pas?

Le Mouvement moderne suisse connaît deux courants principaux: un courant conservateur et chaleureux de Zurich et un courant politisé, plus radical, de Bâle. Bien que la position plus rigoureuse du point de vue formel des Bâlois Hans Schmid et Hannes Meyer se soit appuyée sur la technologie comme base d'une architecture moderne et rationnelle en termes de ressources, leur approche se basait plutôt sur des idées sociales et politiques.

Dans la Suisse de votre génération, on se passionnait pour le caractère permanent de la ville, pour Rossi et Venturi, tandis qu'ailleurs on était en train de concevoir des utopies dans l'esprit de la navigation spatiale et de 1968. Pourquoi?

La Suisse a une toute autre histoire et culture. Les Français et les Anglais ont développé ensemble le Concorde. Jusqu'aujourd'hui, ils se plaisent à exprimer ce qui est moderne, actuel avec un exemple emblématique comme justement le bâtiment de la Lloyd's ou le Centre Pompidou à Paris. La Suisse n'est ni un pays de révolution, ni un pays de fougue. Il y règne une culture plutôt terne et lente. Pierre et moi, nous avons dû trouver notre propre voie qui a été déterminée par l'art plutôt que par la technique.

La technique ne vous-a-t-elle jamais fasciné?

Non, je ne me suis jamais passionné pour les voitures ou les avions, plutôt pour les robots et les moteurs lorsqu'ils peuvent déplacer des parties de bâtiments comme des façades. Il y a là un côté psychologique, quelque chose d'êtres vivants artificiels qui communiquent avec nous. L'exemple le plus récent est la tour Meret Oppenheim qui a quelque chose d'un «robotic animal».

Une Tesla ne vous attire pas?

Non. Pierre en conduit une. Je n'ai pas besoin de Tesla. Je ne sais même pas conduire.

Avec la Tesla, Elon Musk a donné un côté sexy à la voiture électrique.

C'est vrai, la Tesla est le début d'une nouvelle idée de mobilité. Mais en tant qu'objet de design, elle n'est pas vraiment exceptionnelle, sauf peut-être l'écran tactile géant. Mais le sujet ne m'attire pas. Cela ne m'intéresse pas de réfléchir de quoi une voiture ou un avion pourrait avoir l'air. Cela ne change rien à l'état du monde. Mais la manière dont les villes sont construites, cela y change quelque chose. →



Le gratte-ciel Beirut Terraces, pas encore végétalisé. Photo: Iwan Baan

**«Notre voie a été
déterminée par l'art plutôt
que par la technique.»** Jacques Herzog



La sécheresse comme base conceptuelle de l'architecture: l'Institut Berggruen de Los Angeles avec deux sphères pour un réservoir d'eau et un auditorium.

→ **H & M a sans cesse élaboré des matériaux ou les a retravaillés. Ces expériences sur des matériaux sont une caractéristique de votre travail. Avez-vous aussi expérimenté avec des panneaux solaires?**

Nous avons déjà essayé beaucoup de choses. Les panneaux solaires, c'est ce qui est le plus simple puisqu'ils existent déjà. Mais nous n'avons encore jamais pu les mettre en œuvre à grande échelle, par exemple pour la façade d'un gratte-ciel. Il est plus facile de les poser et de les entretenir sur des toits. Mais, du point de vue architectural, ce n'est pas particulièrement sexy.

Votre Maison des plantes pour Ricola l'a montré: Le développement durable attire l'attention. Ne serait-ce pas une raison suffisante pour se consacrer davantage à l'énergie solaire?

L'attention seule n'est pas une raison. De plus, ceci est surtout un phénomène suisse, en Amérique le sujet n'intéresse personne jusqu'à présent. La question centrale est toujours: Un maître d'ouvrage se laissera-t-il séduire et est-il disposé à payer le supplément?

Lorsque H & de M a transformé le bâtiment de la Suva à Bâle à la fin des années quatre-vingts, il était prévu d'intégrer le photovoltaïque dans la façade de verre qui enveloppe les éléments anciens et nouveaux. Cela a été abandonné pour des raisons de coût. Le bâtiment aurait-il été différent?

Non, je crois qu'il y a même des panneaux solaires sur la face sud de la façade. La sérigraphie dissimule les différences. A l'époque, nous avons même essayé de faire pousser des algues sur du verre. Selon le rayonnement du soleil, la couche d'algues devait être de densité différente. Mais nous n'avons pas réussi à faire s'écouler l'eau de manière régulière sur les vitres. Ce sont des questions techniques complexes. Nous ne pouvions pas financer seuls la recherche. Probablement, la percée escomptée de la fusion des plantes et de la technique en un nouveau concept d'ombrage pour les façades de verre n'aurait-elle pas non plus eu lieu.

Dans le texte «Le poids spécifique des architectures», vous avez écrit, en 1981, sur les constructions des années soixante, que dans les années soixante-dix, on aurait «cagoulé» leur clarté formelle, on leur aurait mis le «manteau d'hiver de la panique énergétique».

Vous écriviez que cette panique n'avait pas encore entraîné d'architecture intéressante «à l'exception de quelques maisons de sorcières dotées d'énergies alternatives».

Auxquelles pensiez-vous?

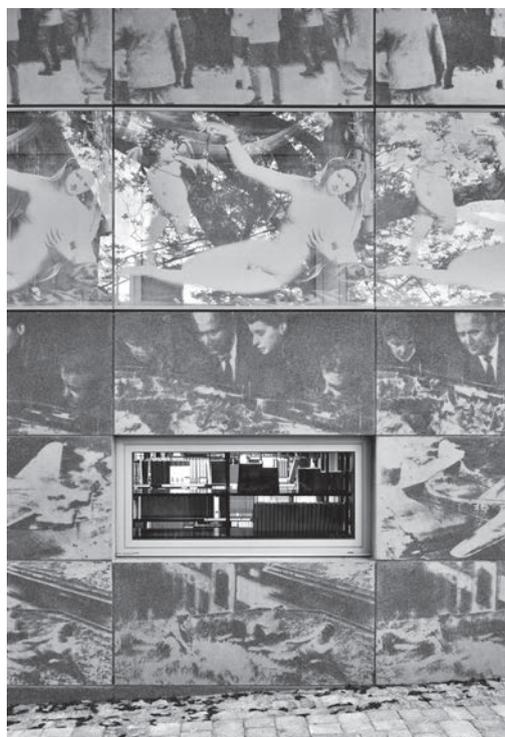
Il y avait alors une scène alternative à Bâle. Michael Alder était un excellent architecte qui s'intéressait, avec une ardeur missionnaire, aux nouveaux modèles sociaux et écologiques: à l'énergie et à la participation. Ceci a abouti à quelques très bons bâtiments.

Vous trouviez la réalisation défensive de la panique énergétique (le «manteau d'hiver») ennuyeuse et les expériences offensives (les «maisons de sorcières») intéressantes.

Peut-être que j'avais vu des exemples anonymes quelque part dans un journal. Il y avait, par exemple à Stuttgart, ce genre d'approches participatives d'autoconstruction et d'autarcie. Ce qui me plaît, c'est quand quelqu'un cherche sa propre voie. ●



Jacques Herzog a fondé l'agence d'architecture Herzog & de Meuron à Bâle en 1978 avec Pierre de Meuron. Depuis 1989, il est professeur invité à l'université de Harvard aux États-Unis. De 1999 à 2018, il était professeur à l'EPFZ et cofondateur de l'ETH Studio Bâle - du Contemporary City Institute. Jacques Herzog et Pierre de Meuron ont reçu le Prix Pritzker d'architecture (2001), la Médaille d'or RIBA Royal (Grande-Bretagne, 2007), le Praemium Imperiale (Japon, 2007) et le Mies Crown Hall Americas Prize (2014).



Pour la bibliothèque d'Eberswalde (1994-99), la façade est revêtue d'images figuratives sur le béton et le verre.
Photo: Margherita Spillutini

«Nous avons essayé de faire pousser des algues sur du verre.»

Jacques Herzog



L'aspect local: Les roches du Dominus Winery dans la Napa Valley en Californie (1995–98).



La technique: La tour Meret Oppenheim à Bâle (2013–19) a quelque chose d'un «robotic animal», dit Jacques Herzog.



1



2

- 1 Grande serre de Joseph Paxton, Chatsworth House, nord de l'Angleterre 1841 (démolie en 1920).
Photo: Country Life Picture Library
- 2 Rembrandt, Portrait d'une jeune femme, 1645.
Photo: Wikimedia commons

Pourquoi on dit d'une maison qu'elle a une peau

L'utilisation de l'énergie solaire a radicalement changé le rapport de la peau et des os d'un bâtiment. Réflexions sur une métaphore vieille de 500 ans.

Texte: Bettina Köhler

«J'ai remarqué qu'un édifice est une sorte de corps qui, comme les autres corps, consiste en linéaments et en matière.»

Leon Battista Alberti

Quand on dit que la maison a une peau, la maison est-elle alors un corps? Et qu'en résulte-t-il pour la conception et la construction de maisons qui produisent de la chaleur, de la lumière ou de l'énergie électrique grâce au rayonnement solaire? L'image du bâtiment en tant que corps humain est, depuis le «De Architectura» de Vitruve, une métaphore profondément ancrée dans la pensée architecturale, et donc depuis plus de 2000 ans. Elle mettait l'accent dans le processus de conception sur de belles proportions rationnelles de toutes les parties entre elles et en même temps sur l'idée d'un équilibre statique défiant les lois de la gravité.

Pendant la Renaissance, cette métaphore fut réinterprétée par Leon Battista Alberti qui adopte un point de vue qui s'inspire certes de celui de Vitruve tout en étant cependant résolument novateur: «J'ai remarqué qu'un édifice est une sorte de corps qui, comme les autres corps, consiste en linéaments et en matière.» Avec la périphrase «une sorte de corps», Alberti souligne dans ses «Dix livres d'architecture» que le travail de transposition, l'interprétation de la métaphore, est un élément essentiel du travail architectural. Bien évidemment, Alberti connaît la référence de Vitruve au corps bien formé de l'être humain. Mais lorsqu'il formule son postulat «qu'un bâtiment ne sera bien ordonné que [...] si toutes les parties ne sont à l'égard les unes des autres ce que sont entre elles les parties du corps d'un être vivant», il s'agit moins de proportions harmonieuses que du juste rapport d'échelle et d'adéquation.

La naissance d'une métaphore

Dans cette vision de l'architecture, le terme de «peau» ne joue pas de rôle prépondérant et la métaphore de la «peau de la maison» est inconcevable. Néanmoins, Alberti utilise ce terme, à savoir dans ses propos au sujet de la construction des murs. Mais, ici aussi, son argumentation se révèle pondérée et montre clairement que la «peau» est entendue comme un recouvrement de portions: «Le mur tout entier contient également quelque chose [...] que j'ai exposé [...]. C'est la maçonnerie de remplissage en son milieu et de part et d'autre les deux, vous pouvez maintenant les désigner de peaux ou d'écorces, dont l'une capte le vent et le soleil de l'extérieur, tandis que l'autre garde à l'intérieur l'ombre du fond.» Alberti est probablement le premier architecte qui ne parle pas seulement de la peau du mur mais aussi, et ce directement dans le paragraphe précédent, de l'ossature du bâtiment. «Parmi les parties principales des murs, ce sont surtout en particulier les angles et les pilastres et colonnes insérées au mur

et qui y sont intégrées et tout ce qui joue ici le rôle des colonnes pour soutenir les poutres et la courbure du toit; on regroupe tous ces éléments sous le nom d'ossature.» La peau et les os sont des métaphores qui se côtoient chez Alberti pour le travail de conception architecturale sans être explicitement liées. Ce n'est qu'au 20^e siècle qu'elles deviendront le couple célèbre d'une architecture considérée comme moderne et tournée vers l'avenir. Mais pour cela, elles doivent encore acquérir de la visibilité en tant que couple indissociable.

C'est ce qui s'est passé de manière spectaculaire pour la première fois dans les serres du 19^e siècle qui marquent le début de ce que l'on appelle l'architecture solaire passive. Dans ces constructions, des entretoises tout d'abord en bois, puis en fonte, remplacèrent les colonnes ou les pilastres d'Alberti et les surfaces vitrées ainsi encadrées se substituent au mur maçonné d'Alberti avec ses peaux. Pour conserver cette image, on pourrait dire que seule la peau extérieure – transformée en verre trempé – est conservée, celle dont Alberti disait si bien qu'elle capte le soleil et le vent. C'est ainsi que dans ces constructions, le statut de la peau se trouve sensiblement modifié. Elle devient l'élément essentiel qui enveloppe l'ensemble de l'espace intérieur et qui donne ainsi naissance au corps du bâtiment.

Bien que les serres donnèrent naissance pour la première fois à une architecture à qui il nous semble évident de nos jours de concéder qu'elle possède une peau, au milieu du 19^e siècle, ce n'était pas une description usuelle. Probablement, personne n'a parlé de la peau de ce qui fut, à l'époque, la plus grande serre du monde, conçue en Angleterre en 1840 par Joseph Paxton pour Chatsworth House dans le comté du Derbyshire.

Pas de peau sans os

Le moment décisif de l'histoire de l'architecture où l'image d'une architecture constituée par de la peau et des os a pu être rendue explicite fut paradoxalement justement la possibilité de la séparation constructive de la structure porteuse et de la façade ou du mur. C'est ce que démontre le célèbre aphorisme de Ludwig Mies van der Rohe de 1923, publié dans la première édition de G, la revue d'Elementare Gestaltung (mise en forme élémentaire): «Les bâtiments en béton armé sont par essence des bâtiments à ossature. [...] Pour une construction avec une trame de poutres et poteaux, pas de mur porteur. Donc des bâtiments à ossature et peau.» La même année, Mies présentait au public le modèle d'une maison →

«La troisième peau n'est pas conçue comme un jardin d'hiver mais au contraire comme un capteur de soleil et de chaleur ainsi que comme une protection contre le vent.» Martin Wagner

→ d'habitation dans laquelle une «mince fine peau en béton armé [...] forme à la fois le toit et les murs.» Et dix ans plus tard suit la consécration de «la peau de verre, [des] parois de verre, [qui confèrent] à l'ossature sa forme clairement constructive.» Les réflexions de Mies visent le lien entre la clarté esthétique et la liberté des espaces avec une réduction simultanée de tous les moyens. Et que l'on choisisse désormais la mince fine «peau du béton armé» ou la «peau de verre» et même indépendamment de la qualité des bâtiments qui suivirent, ces idées de peau et d'os restèrent longtemps les canons de représentation de l'architecture moderne.

Cependant, ce n'est que le développement de l'architecture solaire, tout d'abord passive, puis active, qui contribua, au plus tard depuis les années quatre-vingt-dix, au succès de la métaphore de la «peau de la maison». Déclenchée par les crises économiques, la focalisation sur la capacité de l'enveloppe extérieure de la maison à collecter ou à transformer de l'énergie suggéra le recours au terme de «peau», toutefois pas dans le cadre d'une stratégie esthétique mais au contraire en ayant à l'esprit les associations d'une membrane vivante, pour ainsi dire palpitante.

C'est dans ce sens que l'architecte Martin Wagner décrit la structure en trois couches des murs de sa «maison agrandissable» dans le rapport explicatif de l'exposition «Soleil, air et maison pour tous» qui s'est tenue à Berlin en 1932. Le mur porteur central en modules plats en bois était un «mur qui respire» puisque ses joints pouvaient s'ouvrir et se fermer. Le mur en contreplaqué installé à l'intérieur était la «peau de la maison». Et les murs de verre qui entouraient la maison de tous les côtés avaient un effet de zone tampon climatique en créant un espace qui «n'était pas conçu comme une serre mais au contraire seulement comme un capteur de soleil et de chaleur ainsi que comme une protection contre le vent et une isolation acoustique».

La disparition du squelette

Le prototype de Wagner montre clairement que la suprématie du principe de l'utilisation de l'énergie solaire - que l'on collecte de la lumière ou de la chaleur - remet radicalement en question le rapport architectural de la peau et des os. Bien que l'on puisse voir en principe une réminiscence du squelette dans le cadre constitué par les murs en verre, la peau qui enveloppe entièrement la maison ne permet plus de tirer quelques conclusions

quant aux dispositions spatiales. Ceci est également le paradoxe des peaux actuelles qui, comme Susanne Hauser 2013 l'a relevé dans ses réflexions «Skins in Architecture. On sensitive Shells and Interfaces», se passent tout à fait de la notion de squelette. Celle-ci n'a actuellement plus aucune importance. «What remains is a specialized interest in architectural «skins» in their functional descriptions, as a basis of translation processes in architecture and materials research».

Mais si la peau se détache de manière aussi radicale du squelette et donc du corps de l'architecture, quelle est donc sa fonction, quelle est la référence? Comment sert-elle d'interface entre l'intérieur et l'extérieur? Entre la culture et le climat des mondes intérieurs et extérieurs? Et si elle collecte «de manière sensible» des données concernant la lumière, la chaleur et le froid et convertit les données ainsi recueillies de la manière la plus efficace possible en énergie ou en réactions telles que l'ouverture et la fermeture, le chauffage et le refroidissement, à quoi ces réactions font-elles référence? Se pourrait-il que bon nombre des peaux actuelles soient devenues autoréférentielles? Des chimères?

Dans son étude d'histoire culturelle «Habiter son corps. Sur l'histoire culturelle et les métaphores de la maison et de la frontière dans le discours sur la peau», Claudia Benthien a prouvé de manière indubitable à quel point l'interprétation de la peau humaine a changé: d'une «peau du Moi» fondamentalement ouverte, poreuse, sensible, à la fin du 17^e siècle, à une «peau en tant qu'enveloppe», imaginée comme étant fermée et ferme, au début du 19^e siècle. Et Benthien de conclure: «Penser la peau comme maison, comme couche enveloppante dans laquelle le sujet se trouve «quelque part» est diamétralement opposé à la conception de la peau comme frontière ressentie que l'on peut éprouver par la perception sensorielle du plaisir ou de la douleur.»

Se pourrait-il que, contrairement à tous les souhaits et efforts, les «peaux» d'aujourd'hui soient essentiellement pensées comme des enveloppes fermées? L'ouverture ou la fermeture ne se fait pas parce que des êtres humains sentent quelque chose mais plutôt en tant que conversion rigoureusement filtrée de données mesurées en réaction architecturale. L'image idéale derrière les enveloppes est bien celle de la sphère climatique fermée. La circulation du froid, de la chaleur, de la lumière et de l'air qui est contrôlée sans faille est une performance architecturale abstraite. ●















Les climatologues s'accordent à dire qu'à l'avenir la couleur du ciel va changer. Et sont en désaccord sur la manière dont cela se fera. Cependant, étant donné qu'il ne s'agit pas d'une donnée d'importance scientifique, jusqu'à présent la couleur du ciel n'a pas encore fait l'objet d'observations. C'est ce que Christina Hemauer et Roman Keller aimeraient changer. Le duo d'artistes développe des appareils de mesure qu'ils vont faire fonctionner pour cela pendant les trente prochaines années. Depuis 2014, tous deux construisent eux-mêmes des ballons solaires qu'ils lâchent dans la stratosphère pour parvenir jusqu'à l'origine du bleu du ciel. Pour les hauteurs de dix-sept kilomètres atteintes jusqu'ici, quatre-vingt-dix pour cent de l'atmosphère terrestre se trouvent déjà en dessous du ballon. De manière étonnante, le film plastique noir fond en dépit des températures extérieures négatives vu qu'il y a trop peu de molécules d'air pour dissiper la chaleur.

Un partenariat salubre

Le photovoltaïque intégré au bâtiment n'est pas une nouveauté – mais deux laboratoires de l'EPFL sont en train d'en démultiplier les applications.

Texte: Patrick Cléménçon, Photos: Linus Bill

Quand deux professeurs de l'EPFL discutent entre eux, il peut en naître de véritables révolutions. Emmanuel Rey et Christophe Ballif sont ainsi en train de transformer de fond en comble la mise en œuvre des nouvelles technologies photovoltaïques dans le projet architectural. Rey dirige le Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL à Lausanne, Ballif dirige le PV Lab de l'EPFL et le PV Center du Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) à Neuchâtel. Leur collaboration a débuté en 2014 au croisement de deux projets interdisciplinaires du Programme national de recherche «Virage énergétique» (PNR 70), dont l'ambition est de contribuer à atteindre les objectifs de la stratégie énergétique 2050 de la Confédération.

L'innovation au service de l'intégration

Les programmes PNR des deux professeurs se complètent à merveille. Le projet de recherche «Active Interfaces» d'Emmanuel Rey porte sur la rénovation des bâtiments existants. Le projet de recherche PV 2050 de Christophe Ballif vise à développer une nouvelle génération de systèmes photovoltaïques. La collaboration est fructueuse et a débouché sur une coopération très vaste et interdisciplinaire entre diverses institutions académiques de Suisse, raconte Sophie Lufkin, collaboratrice scientifique au LAST. «Nous avons exploré les multiples facettes du développement de l'intégration technique, industrielle, architecturale et socio-économique du photovoltaïque.» Le transfert de technologies, de la recherche fondamentale à l'EPFL jusqu'aux développements industriels du

CSEM et des fabricants spécialisés, fonctionne bien. Les nombreux éléments déjà disponibles sur le marché en attestent. On y vend des modules de différentes dimensions, textures et couleurs. Ils sont mats, brillants ou semi-transparents et il est parfois difficile de deviner que ce sont des panneaux photovoltaïques. Leurs applications sont nombreuses et leur potentiel d'intégration architecturale s'est démultiplié. Architectes et maîtres d'ouvrage n'en exploitent encore qu'une infime portion. Pour diverses raisons. À commencer par le manque de connaissances de la part des praticiens et des décideurs par rapport aux dernières évolutions technologiques, environnementales et économiques. Qui plus est: Il manque encore de références exemplaires en termes d'intégration architecturale, surtout dans le domaine de la rénovation. «Il faut concilier de nombreux facteurs», explique Emmanuel Rey: peu de CO₂ et d'énergie grise, beaucoup d'énergie renouvelable et de liberté de conception des façades pour les architectes. «Pour y parvenir, nous avons développé un nouveau système constructif».

Un démonstrateur «Advanced Active Facade» (AAF) a été construit sur le campus lausannois: différents types d'éléments actifs développés au CSEM sont accrochés à une structure composée de caissons de bois remplis de fibres de cellulose, issues du recyclage du papier. La lame d'air d'une façade ventilée sépare la peau active et la construction en bois. Des résilles métalliques ou de fibre de verre sont glissées entre les différents types de cellules photovoltaïques et le verre pour les dissimuler. Les modules AAF ont un rendement de 95 à 155 watts/m², →



Emmanuel Rey et Sophie Lufkin devant le prototype de l'«Advanced Active Facade».

Sophie Lufkin

Sophie Lufkin est née en 1980. Diplômée en architecture (2005) et docteure (2010) de l'EPFL, elle travaille actuellement au Laboratoire d'architecture et des technologies durables (LAST) de l'EPFL. Ses recherches s'inscrivent dans le cadre de l'évolution globale vers un environnement bâti plus durable.

Emmanuel Rey

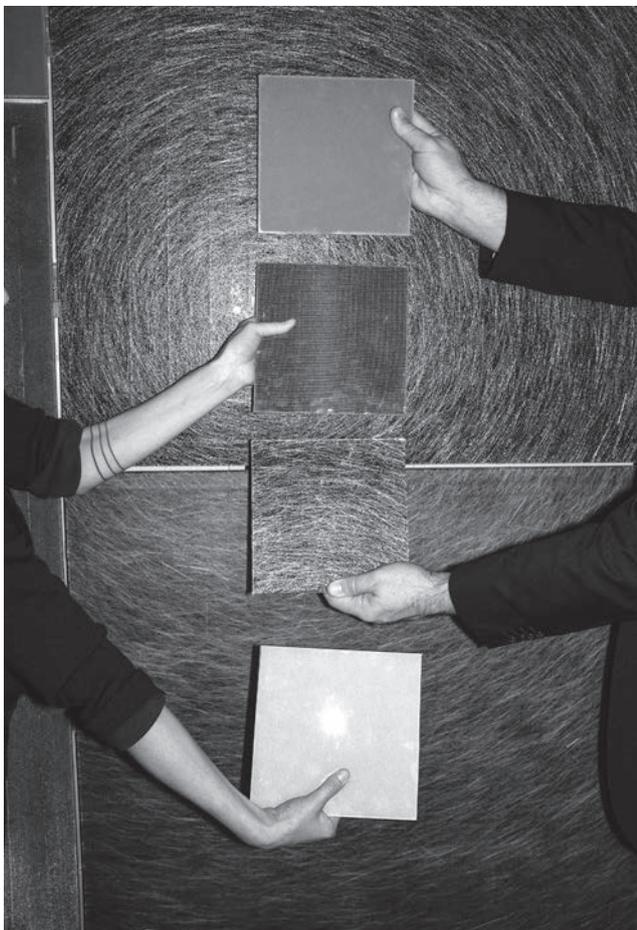
Emmanuel Rey est né en 1971. Architecte dipl. EPFL (1997) et docteur de l'Université catholique de Louvain (2006), il est associé du bureau Bauart à Berne, Neuchâtel et Zurich depuis 2004. Depuis 2010, il est également professeur de projet d'architecture à l'EPFL, où il a créé le Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST).



Les modèles des élèves s'empilent.



Le prototype avec les différents modules PV se trouve au rez-de-chaussée du LAST de l'EPFL.



L'équipe a développé plus de vingt variantes avec des couleurs et des structures différentes.

Le LAST à Lausanne

Le Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) se situe sur le campus de l'EPFL dans l'Ouest lausannois. Dirigé par le Prof. Emmanuel Rey, il concentre ses activités de recherche et d'enseignement sur le domaine de l'architecture durable à différentes échelles d'intervention, du projet urbain jusqu'aux composants de la construction. Le laboratoire favorise en outre les approches interdisciplinaires et collabore fréquemment avec d'autres partenaires académiques, institutionnels, publics ou privés.

→ contre 180 à 220 watts / m² pour un module standard, mais selon les chercheurs, cette légère perte de rendement est largement compensée par le potentiel d'intégration architecturale.

Workshop et concours d'idées

Pour confronter les résultats de la recherche avec les futurs utilisateurs, les chercheurs ont organisé un workshop avec des architectes, des constructeurs et des propriétaires de bâtiments. «Nous leur avons présenté nos stratégies de rénovation et leur avons demandé d'en évaluer la pertinence», confie Sophie Lufkin. Les retours furent intéressants, avec une tendance assez nette en faveur des stratégies de substitution ciblée d'éléments de toiture et de façade. Les stratégies de transformation en profondeur, modifiant notablement l'expression de l'immeuble, ont également eu la cote. A noter que la stratégie médiane, basée sur un « emballage » de l'immeuble et un mimétisme dans l'expression, est souvent celle qui a été la moins valorisée par le panel du workshop, alors qu'elle est beaucoup pratiquée aujourd'hui.

Un concours d'idées pour étudiants en architecture, baptisé «Active Housing», a par ailleurs été organisé pour tester le système AAF. Les candidats devaient concevoir un ou plusieurs immeubles de logement sur un terrain situé en bordure d'un quartier résidentiel à faible densité de la commune d'Ecublens. La principale contrainte était qu'ils devaient recourir au système AAF pour l'enveloppe des bâtiments. Une quarantaine d'étudiants ont participé, en petits groupes, et ont proposé au final une douzaine de projets très diversifiés. «L'une des motivations de ce concours était d'accroître les synergies entre recherche et enseignement, l'autre était d'avoir un retour tangible de la jeunesse sur nos recherches actuelles» précise Emmanuel Rey. Constat réjouissant: les étudiants se sont approprié sans autre le système proposé, comme un matériau de construction parmi tant d'autres, et ont fait preuve d'une grande créativité.

Frilosité politique et prix à la baisse

Christophe Ballif dirige une centaine de collaborateurs, dont 40 à l'EPFL et 60 au CSEM. Ils travaillent tous à Neuchâtel sur les questions du photovoltaïque et de la gestion de l'énergie. Auteur et co-auteur de plus de 400 articles publiés dans des revues scientifiques prestigieuses, Christophe Ballif est une grosse pointure du photovoltaïque au niveau mondial. C'est aussi un sacré visionnaire, qui veut sauver le monde grâce à l'énergie solaire: «400 gigawatts de systèmes solaires sont installés à ce jour dans le monde, soit l'équivalent de 400 centrales nucléaires de puissance de pointe!». Il est persuadé qu'une véritable révolution du photovoltaïque va bouleverser de fond en comble la production et la gestion énergétique mondiale d'ici à 2050 au plus tard – pour autant que les politiques et le législatif suivent.

Ces dix dernières années, le prix de fabrication du panneau photovoltaïque «traditionnel» a été divisé par dix. Le prix de production de l'énergie solaire a fortement baissé dans les centrales solaires. Du point de vue de Ballif, les énergies fossiles ne sont plus rentables aujourd'hui déjà. Au niveau du bâtiment, le photovoltaïque a également connu une révolution au cours de ces cinq dernières années. Le changement de paradigme saute

aux yeux. Les modules solaires ne sont plus forcément des éléments bleu foncé ou noirs. Ils peuvent désormais remplacer d'autres matériaux de revêtements et transformer une enveloppe de bâtiment en toiture ou en façade active. Autrement dit: ceux qui rejetaient les panneaux solaires d'antan pour des raisons esthétiques, avec leur couleur sombre et leurs cellules apparentes, disposent aujourd'hui de nombreuses alternatives. Au terme de développements technologiques réalisés notamment au CSEM sur des filtres de diffusion nanométrique, on peut fabriquer aujourd'hui des panneaux photovoltaïques blancs. Un grand nombre de couches réfléchit la lumière visible pour l'œil et laisse passer les infrarouges.

La surface du module est ainsi uniformément perçue comme étant blanche et l'on ne distingue plus les cellules photovoltaïques. Comme les cellules solaires cristallines puisent une part importante d'électricité du spectre infrarouge de la lumière solaire, les modules ont un rendement de plus de 100 watts/m². En variant les combinaisons des filtres, on obtient des couleurs allant du rouge au jaune, en passant par la terre cuite et le bleu pâle. Et si cette gamme de couleurs ne suffit pas, on peut se tourner vers l'impression céramique digitale. Ces avancées ont également donné lieu en Suisse au développement du photovoltaïque dit «transformatif», basé sur des technologies de panneaux chinois bon marché que l'on transforme en vue de faciliter leur intégration architecturale. Le panneau solaire devient ainsi lui-même un matériau de construction, potentiellement moins cher que des tuiles ou des éléments de façade. L'investissement dans une installation photovoltaïque standard est amorti en une dizaine d'années et un peu plus d'une vingtaine d'années pour du photovoltaïque intégré au bâtiment (BIPV).

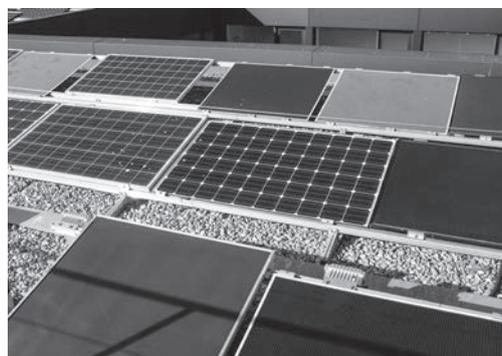
Recherches et communication

Les priorités de la recherche à Neuchâtel portent sur l'amélioration des technologies photovoltaïques et la diminution des coûts de production du kilowattheure. Les chercheurs de l'EPFL du CSEM développent aussi leur savoir-faire en matière de photovoltaïque intégré, de fiabilité et de colorisation. La troisième priorité concerne tout ce qui touche à la gestion de l'énergie: depuis les batteries et les vannes thermostatiques jusqu'au développement du traitement des données par l'intelligence artificielle, en passant par les modèles de micro-réseaux électriques locaux. «Quand on aura 15 à 20 gigawatts d'énergie solaire en Suisse, il faudra pouvoir en gérer les fluctuations», raconte Christophe Ballif.

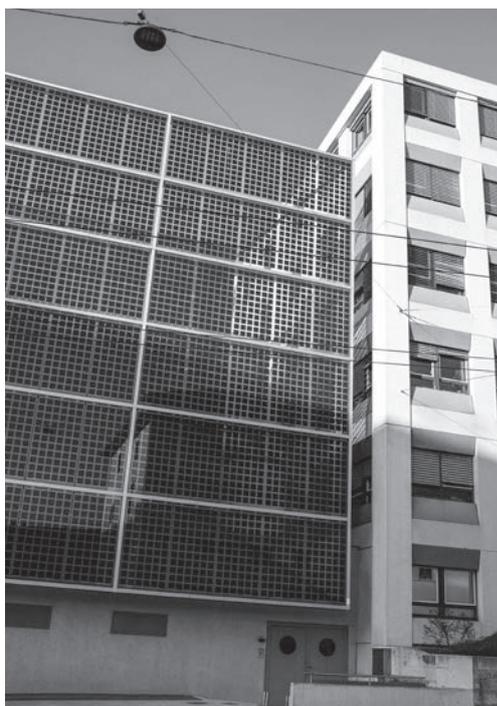
Laure-Emmanuelle Perret-Aebi ajoute une quatrième priorité aux trois premières: «Nous devons mieux communiquer. Entre les acteurs concernés et avec la population.» Docteur en chimie, elle estime qu'il est capital de sensibiliser les gens aux progrès scientifiques par le biais d'efforts de communication vulgarisée, émotionnelle et artistique. Et elle sait de quoi elle parle. Après avoir collaboré depuis des années avec Christophe Ballif au développement de la fiabilité des panneaux solaires, elle souhaite délaisser un tantinet la recherche fondamentale pour se consacrer plus à la diffusion des savoirs. Par le biais de l'association Compáz qu'elle a fondé en 2018 pour associer sciences, arts et société, ou encore en tant que coordinatrice d'un projet européen de recherche pour l'intégration architecturale de photovoltaïque dans les bâtiments: Be-Smart. ●

Le CSEM à Neuchâtel

Le Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) de Neuchâtel est un accélérateur d'innovation et de transfert technologique. Le Prof. Christophe Ballif y dirige le PV-Center. Créé en 2013, son but est d'accélérer le rythme du transfert vers l'industrie de technologies dans le domaine du photovoltaïque, issues de plus de 25 ans d'expérience et de développements technologiques de pointe au laboratoire PV IMT de l'EPFL à Neuchâtel et au CSEM Muttenz.



Différents modules PV sont testés sur le toit.



Depuis 2015, le bâtiment de la CSEM à Neuchâtel dispose d'une façade PV.



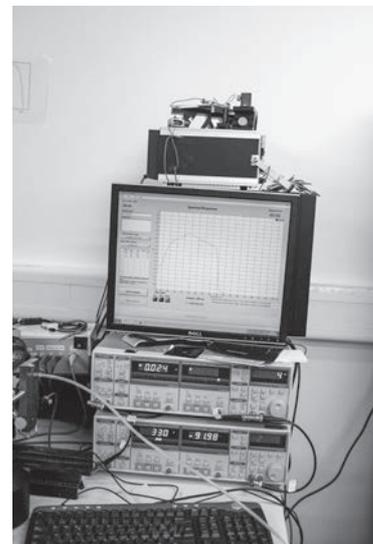
Un coup d'œil derrière la peau nanotechnologique du module solaire blanc, développé au CSEM.

Christophe Ballif
Christophe Ballif est né en 1969. Ingénieur physicien et docteur de l'EPFL, il travaille dans divers centres de recherche aux USA, en Allemagne et en Suisse, avant de rejoindre Neuchâtel en 2004. Il y dirige le laboratoire de Photovoltaïque de l'EPFL et le PV-center du CSEM, créé en 2013.

Laure-Emmanuelle Perret-Aebi
Laure-Emmanuelle Perret-Aebi est née en 1976 et a obtenu son doctorat en chimie de l'Université de Fribourg en 2004. Elle a travaillé au CSEM PV-center à Neuchâtel en tant que cheffe du secteur Module Technology jusqu'en 2018. En 2017 elle a fondé l'association Compáz qui a pour but de lier Art et Science. Depuis octobre 2018, elle coordonne en parallèle le projet européen Be-Smart sur l'intégration architecturale du photovoltaïque en tant qu'experte au PV-lab de l'EPFL à Neuchâtel.



Table de travail dans le centre photovoltaïque à Neuchâtel.



En laboratoire, les cellules solaires sont caractérisées et mesurées.

Active Interfaces

Le projet de recherche «Active Interfaces» regroupe une dizaine de groupes de recherche, en particulier de l'EPFL (LAST, PV-LAB, LIPID), du CSEM, de SUPSI (ISAAC), de la HSLU (CC-EASE), de l'ETH (IBI), de l'Université de St Gall (IWÖ), de la HEIA-FR (Institut Energy) et d'econcept AG. www.activeinterfaces.ch



Laure-Emmanuelle Perret-Aebi et Christophe Ballif dans un laboratoire du CSEM à Neuchâtel.



Francesco Frontini (39) est Senior Researcher et enseignant à la SUPSI où il dirige le secteur du bâtiment de l'ISAAC. Il a étudié le génie civil et l'architecture au Politecnico di Milano et a soutenu sa thèse de doctorat en technique du bâtiment à l'Institut Fraunhofer pour les systèmes d'énergie solaire à Fribourg en Brisgau en Allemagne.



Pierluigi Bonomo (36) est chercheur à l'Institut de durabilité appliquée à l'environnement construit (ISAAC) de la SUPSI où il dirige l'équipe des enveloppes de bâtiment innovantes. Il a étudié les sciences du génie civil et l'architecture en Italie à l'université de L'Aquila et a soutenu sa thèse de doctorat en technique du bâtiment et architecture à l'université de Padoue.

«Une culture de l'architecture solaire active fait défaut»

Francesco Frontini et Pierluigi Bonomo sont des passionnés de photovoltaïque intégré au bâtiment. Ils font de la recherche à la Haute école spécialisée du Tessin, la SUPSI.

Interview: Axel Simon

Quand vous êtes-vous convertis à l'énergie solaire?

Francesco Frontini: Dès l'école, j'étais fasciné par le soleil. Puis ce sont mes expériences à l'Institut Fraunhofer de Fribourg-en-Brisgau où j'ai soutenu ma thèse de doctorat qui ont été décisives. J'étais le seul ingénieur du bâtiment et architecte dans une équipe de médecins et de constructeurs de machines.

Pierluigi Bonomo: Ce fut moins une conversion qu'un rapprochement: en tant qu'ingénieur du bâtiment et architecte, je me suis tout d'abord intéressé à la relation des structures et de l'espace et, par le biais du rôle de la construction, j'en suis arrivé au thème de l'énergie. Je préférerais parler de prise de conscience progressiste plutôt que de croyance.

Quel est le bâtiment qui vous a touché sur le plan émotionnel?

Francesco Frontini: Du temps où j'étais à Fribourg, c'était le lotissement solaire de Rolf Disch, une des premières installations intégrées aux bâtiments qui date de l'an 2000. Étant donné que la puissance des grands toits photovoltaïques est trop grande pour les besoins des maisons basse consommation, il y a à côté un grand bâtiment avec des magasins et des bureaux qui peut immédiatement utiliser le reste de l'énergie. C'est tout un quartier solaire!

Pierluigi Bonomo: C'est ma première visite au Centre Pompidou qui m'a encouragé. Lorsque j'ai vu ce vaisseau spatial atterri en plein cœur du centre historique de Paris, je me suis rendu compte que la passion peut changer la réalité.

Où en est aujourd'hui le BIPV, le photovoltaïque intégré au bâtiment?

Francesco Frontini: Après plus de vingt ans, le marché commence à décoller. Il y a des bâtiments pilotes et de démonstration; des maîtres d'ouvrage et de petits bureaux d'architectes commencent aussi à considérer le BIPV comme une possibilité de conception.

Pierluigi Bonomo: Oui, la lacune entre les architectes, l'industrie et la recherche se comble progressivement. Pour moi, le «I» de BIPV signifie aussi bien l'intégration que l'innovation. D'ailleurs, nous pouvons bientôt oublier l'acronyme BIPV car pour l'acier, le bois ou le béton, nous ne parlons pas non plus d'intégration mais nous construisons tout simplement avec ces matériaux. Ce sera bien le cas aussi du PV à l'avenir.

La Suisse est le pays leader pour le BIPV. Pourquoi?

Francesco Frontini: Je vois trois raisons principales: cela fait des années que les centres de recherche - SUPSI à Lugano, CSEM-EPFL à Lausanne/Neuchâtel et EMPA-EPFZ à Zurich - développent ces technologies. Puis la promotion politique de l'énergie solaire depuis 2010 par le biais de la RPC, la rétribution à prix coûtant du courant injecté. Et enfin, il y a en Suisse le capital nécessaire pour payer les frais supplémentaires liés au BIPV.

Que pouvons-nous apprendre d'autres pays?

Pierluigi Bonomo: L'un des premiers bâtiments BIPV se situe à Munich: un lotissement solaire qui a été conçu en 1979 par l'architecte Thomas Herzog avec l'Institut Fraunhofer.

fer. Une expérience inspirante qui montre ce que permet l'alliance de l'architecture et de la technologie, de la recherche et du design.

Néanmoins, il n'y a guère jusqu'à présent d'exemples d'architecture BIPV qui sont vraiment de qualité. Que faut-il pour un impact plus large?

Francesco Frontini: Jusqu'ici, nous n'avons que quelques bâtiments pilotes et des tentatives timides de copier ce qui a été réalisé là-bas. Il n'y a pas encore eu de vraies connaissances et expériences en ce qui concerne la mise en œuvre de ce «nouveau» matériau. Maintenant, le marché est prêt. Il serait maintenant nécessaire que de grandes entreprises du bâtiment adoptent ces technologies et montrent que non seulement elles sont concurrentielles en matière de construction et d'esthétique mais aussi qu'elles sont économiques puisqu'elles apportent une plus-value au bien immobilier.

Et pourquoi y-a-t-il jusqu'ici si peu d'architectes connus et ambitieux qui font le choix de la technique solaire comme matériau pour leurs maisons?

Francesco Frontini: Une culture de l'architecture solaire active continue à faire défaut. La plupart des bons architectes sont exercés à exploiter l'énergie solaire passive. Mais la gestion d'éléments actifs comme le PV ne fait de nos jours toujours pas partie des compétences ordinaires d'un architecte mais plutôt de celles d'un ingénieur ou d'un électricien.

Que pouvons-nous faire pour changer cela?

Pierluigi Bonomo: Renzo Piano a un jour dit: «Concevoir est une sorte de voyage. Tu acceptes l'inattendu. Et si tu commences à avoir peur et si tu cherches refuge dans l'ancre chaleureuse et accueillante du déjà vu, du déjà fait, ce n'est pas un voyage.» Personnellement, j'essaie d'apprendre de l'histoire de la technique du bâtiment, d'en découvrir les nombreuses leçons et de les transposer dans mon travail quotidien. D'autre part, je cherche avec mon équipe de nouvelles perspectives pour la recherche en BIPV pour interconnecter les acteurs, le marché et la recherche.

Francesco Frontini: Mon travail à la SUPSI se focalise sur trois missions importantes: la recherche, le soutien et la formation. En nous appuyant sur la recherche appliquée ainsi que sur des projets pilotes et de démonstration, nous essayons de montrer qu'il est possible de réaliser une architecture solaire de qualité avec des technologies innovantes mais commercialisables.

Quels sont les obstacles les plus difficiles à surmonter: les objectifs sociaux ou technologiques?

Francesco Frontini: Le défi consiste à surmonter les deux obstacles à la fois: Il n'y a pas de véritable innovation technique sans implémentation au sein de la société.

Quelle est l'innovation technologique la plus importante des dernières années?

Francesco Frontini: Pour la technique solaire, c'est la production de masse des modules PV cristallins qui a radicalement fait baisser le prix et qui a ainsi rendu possible d'autres innovations, par exemple les modules de couleur.

Vous dites: «La nouvelle ère solaire est au-delà de la technique». Qu'entendez-vous par cela?

Pierluigi Bonomo: Heidegger a dit «l'essence de la technique n'a elle-même rien de technique en soi». Je veux dire que l'architecture solaire, en plus du plan constructif, énergétique et fonctionnel, s'occupe toujours d'une «intentionnalité esthétique», du processus de création architectu-

rale. C'est pourquoi, nous avons besoin d'une mutation: de passer des composants solaires sur les bâtiments aux bâtiments solaires.

En résultera-t-il une nouvelle esthétique? Ou va-t-on imiter les matériaux et les formes de bâtiment habituelles?

Francesco Frontini: Pendant de nombreuses années, nous avons essayé de cacher les cellules solaires. Vers 2010, il y a eu les technologies de couches minces de couleur homogène qui ont essayé de concurrencer les modules cristallins qui étaient plus efficaces. Actuellement, il n'y en a pratiquement plus, à part quelques entreprises innovantes. Je crois que construire avec le photovoltaïque veut dire, de nos jours, utiliser le verre dans la construction. Seuls ceux qui connaissent les possibilités de l'industrie du verre peuvent réaliser une architecture BIPV de qualité. Personnellement, j'aime les bâtiments qui utilisent les cellules solaires visibles. Mais la tendance est de cacher les cellules solaires derrière du verre structuré ou revêtu.

Pierluigi Bonomo: Mais l'intégration ne veut pas seulement dire montrer ou dissimuler la technologie. Prenons l'acier. Pour le premier pont en fer en 1775, on a assemblé l'acier comme on le connaissait de la technique éprouvée du bois. L'innovation était donc enfermée dans la tradition, dans des processus anciens. Plus tard, l'acier ou le béton ont progressivement surmonté cette résistance et sont parvenus à une esthétique nouvelle.

Quel est l'objectif du nouveau site web solarchitecture.ch?

Francesco Frontini: Il s'agit d'une plateforme qui invite les architectes et les entreprises à raconter leurs histoires. Sur solarchitecture.ch, on pourra s'informer sur des bâtiments, la technique et des produits et voir à l'aide de détails comment c'est fait. Nous ne voulons pas dire aux architectes comment ils devraient concevoir. Ce que nous voulons, c'est les inspirer.

Pierluigi Bonomo: Aujourd'hui, nous ne devons plus être des pionniers pour mettre au point un bâtiment solaire. Il suffit d'être architecte. L'industrie propose de nombreux produits flexibles. De nos jours, les cellules solaires n'apparaissent plus comme de la technique mais comme un matériau de construction. De nombreux architectes ont déjà relevé le défi et y ont recours pour construire des bâtiments solaires.

Déjà depuis 2005, vous exploitez le site web bipv.ch. Pourquoi a-t-on besoin d'un autre site internet?

Pierluigi Bonomo: Le site web bipv.ch reste une référence pour la branche, une collection de nombreux exemples et de produits, d'informations et de matériaux qui donne des informations de base mais pas d'inspiration.

Qu'est-ce qui a le plus grand impact: le fait de montrer aux architectes des bâtiments de bonne qualité – ou des produits et des détails?

Pierluigi Bonomo: Il est important de montrer que de bons exemples, de bons produits et de bons détails font partie du même concept. Le BIPV ne peut pas être ajouté lors de phases ultérieures du processus de planification et de construction mais fait partie de la conception initiale. La nouvelle plateforme internet suisse de l'architecture solaire est en ligne depuis mars 2019: solarchitecture.ch ●

La peau en construction

Quel est l'apport architectural du photovoltaïque dans la construction? Par exemple, des toits et façades à fine peau. Une tentative de réponse en quatre thèmes.

Texte: Axel Simon

Thème n°1: Les parclozes

C'est de manière inattendue que l'on s'est penché sur le thème de l'énergie solaire. Ce n'est pas par une jeune chaire d'expérimentation progressiste qu'il accéda à la vénérable EPFZ mais au contraire par l'intermédiaire du vieil architecte conservateur Miroslav Šik voir Hochparterre 8/2017. Ses étudiants concevaient leurs habitations bourgeoises avec des façades PV et le professeur résumait le semestre avec satisfaction en ces termes: «On peut intégrer la technique solaire au vocabulaire classique.»

Mais que veut dire «vocabulaire classique» lorsque la façade est constituée de panneaux de verre opaque avec des cellules PV soudées à l'intérieur? Un coup d'œil sur l'architecture traditionnelle et sa relation aux fines couches extérieures nous a aidé: surtout ne pas laisser de joint ouvert comme le font les maisons solaires actuelles. On recouvrait les joints pour protéger ce qu'il y avait derrière ainsi que les arêtes des panneaux en bois, des vitres ou des tôles métalliques. On avait trouvé une image et l'élément traditionnel qui va avec - la parclose. Certains étudiants l'utilisèrent pour structurer leurs maisons - et non parce qu'elle serait quelque part nécessaire pour la construction - mais pour exprimer sur leurs façades PV un caractère marquant: la minceur de leur enveloppe. Grâce aux parclozes, la surface en verre la plupart du temps structurée apparaît comme tendue. On ne voit certes pas les quelques millimètres d'épaisseur des vitres mais c'est justement ce qui fait qu'on les perçoit.

Les joints ouverts, eux, ne donnent pas cette impression. Les maisons solaires actuelles ont certes un look racé mais elles ont aussi souvent l'allure d'un lourd monolithe. En faisant de grands efforts au niveau de la planification et pour un coût élevé, leurs architectes se sont jusqu'ici surtout concentrés à faire des joints aussi étroits que possible - pour la maison Solaris de Zurich-Wollishofen, ils ne font que 4 mm au prix de l'ajustage précis des modules spéciaux sur place, voir Solaris #01. Néanmoins, les parclozes non seulement sont inutiles du point de vue de la construction mais elles jettent aussi des ombres portées non souhaitées sur les cellules solaires. Comment on peut réinterpréter cet élément de construction, c'est ce que montrent les architectes Loeliger Strub avec leur Hohes Haus West à Zurich. Sa façade n'est pas solaire mais au contraire elle est faite en panneaux de béton fibreux. Des profilés et des intrados en aluminium doré encadrent les panneaux ventilés qui paraissent minces et fins. Il y a certes ici aussi des joints entre les panneaux et les profilés mais ils sont plus discrets. Un vocabulaire classique qui, appliqué de la sorte, fit acquérir à la technique solaire ses lettres de noblesse.



Des parclozes? À la chaire de Miroslav Šik à l'EPFZ, on a cherché une expression traditionnelle pour les façades PV. Projet: Jonas Jäger



Sans joint - malgré des joints: Sur le bâtiment Hohes Haus West des architectes Loeliger Strub, des profilés en aluminium encadrent les panneaux en béton fibreux.

Thème n°2: Les bardeaux

C'est à un autre assemblage traditionnel de composants minces que les concepteurs de modules solaires s'essaient déjà depuis un certain temps: à la pose en écailles de bardeaux qui se chevauchent dans deux directions. Les fabricants prennent les bardeaux en bois ou en pierre comme modèles. Cela fait quelques années que Tesla annonce des produits qui imitent ces matériaux. Dans des renderings et des vidéos, ses modules imitent à s'y tromper l'ardoise ou la terre cuite. En façade, les bardeaux solaires ont également le potentiel de devenir une alternative aux onéreuses solutions sur mesure: en se chevauchant de manière variable, on peut les comprimer en continu en hauteur et en largeur et ainsi éviter les formats spéciaux. Ces chevauchements ne doivent toutefois pas dépasser une certaine mesure pour éviter que les cellules PV intégrées aux bardeaux ne soient recouvertes. L'inconvénient: plus le format est petit, moins il y a de place pour la surface PV si bien que, vu leur taille, on devrait plutôt désigner les bardeaux solaires de panneaux. En outre, le motif familier en écailles entre en collision avec les dimensions inhabituelles des écailles, ce qui donne à certains toits une apparence surréaliste.

Les panneaux de verre dépoli de Peter Zumthor au Musée d'art de Bregenz ne prétendent pas offrir un tableau familier, ils aspirent plutôt à l'abstraction. Chaque panneau est maintenu en quatre points mais on ne voit qu'une seule tige métallique uniquement là où ils se superposent latéralement: une mise en scène purement minimaliste. Le rôle des quatre faces en verre de la façade est de distribuer la lumière du jour dans les salles d'exposition par les plafonds qui sont, eux aussi, en verre.

Sur le plan architectural, la maison plurifamiliale à Zurich-Leimbach relève d'un registre moins prestigieux tout en étant cependant ambitieuse du point de vue énergétique. L'architecte René Schmid y a, entre autres, construit une façade en bardeaux solaires PV qu'il a développés lui-même et qu'il appelle la «peau écaillée du bâtiment». Elle se compose de plus de 1000 modules PV, tous les mêmes, de 80 cm de hauteur et de 60 cm de largeur. Ils abritent 4x6 cellules solaires et sont maintenus chacun par un crochet visible en aluminium - «Bregenz» application pratique. La surface du verre porteur est sérigraphiée sur le côté intérieur avec une couche de couleur d'un gris chaud et est dépolie à l'extérieur. Les cellules qui se trouvent derrière sont visibles dans certaines conditions de lumière et de près. Un autre avantage du système se révèle dans le local technique: Une pile de bardeaux de remplacement attend de remplacer au besoin des modules cassés - facilement et à la main sans avoir besoin de desserrer de vis. →



L'icône: Au musée d'art de Bregenz de Peter Zumthor, place à l'abstraction de l'aspect extérieur avec des panneaux de verre dépoli.



Plutôt des panneaux que des bardeaux: Lorsque l'on compare à l'échelle, la taille des bardeaux solaires paraît souvent surréaliste. Photo: Sunstyle



«Bregenz» application pratique: la maison plurifamiliale de René Schmid à Zurich-Leimbach produit du courant.

Thème n°3: Le château de cartes

On peut tout à fait approfondir la réflexion sur la façade du musée d'art de Bregenz. Même avec un projet de construction ordinaire et un matériau plus banal: les architectes Lütjens Padmanabhan voient leur maison plurifamiliale située Waldmeisterweg à Zurich comme une silhouette ouverte. La façade est censée délimiter un territoire «comme une clôture». De larges planches horizontales en fibrociment, structurées par quelques pilastres en bois, se chevauchent sur la surface de la façade. Aux angles du bâtiment, les planches de l'un des côtés se déportent au-delà de celles de l'autre côté et sont donc légèrement en porte-à-faux. L'idée des architectes n'était pas une affirmation de volume mais plutôt une certaine planéité et fragilité. La planéité est assurée par la façade, tandis que l'assemblage ouvert des planches aux angles du bâtiment suggère la fragilité. La façade n'est pas sans rappeler la légendaire halle de stockage pour Ricola dans la région bâloise, conçue par Herzog & de Meuron dans les années quatre-vingts: une construction aérée mais ouverte seulement en apparence devant le mur fermé de la halle dépourvue de fenêtres. Inspirée par les ouvrages de l'art minimal, celle-ci paraît être construite de manière aussi fragile qu'un château de cartes.

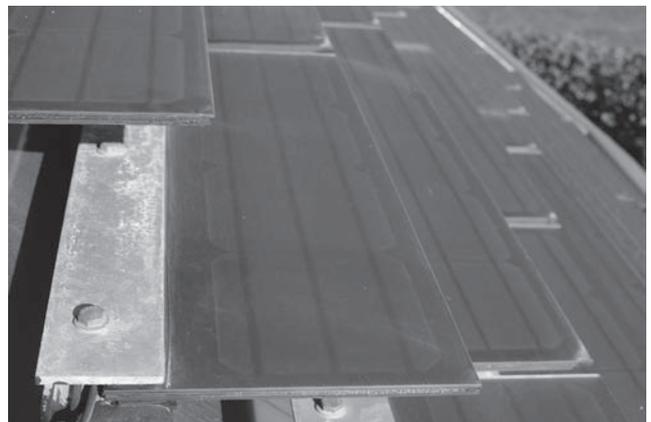
Il faudra encore attendre quelque peu pour la transposition du principe du «château de cartes» La maison d'habitation que Dieter Dietz a construit à Chigny fait un grand pas dans cette direction Solaris #02 l'avait présentée. Des profilés d'acier galvanisé maintiennent sur son toit les panneaux de verre de 25 centimètres de large et d'une longueur allant jusqu'à un mètre. Ceux-ci servent de supports aux rangées de cellules PV. Les profilés en acier orientent ces panneaux dans une position pratiquement horizontale si bien que la surface du toit apparaît comme une robe bouffante en bardeaux.



Planéité et fragilité: les panneaux d'Eternit de la maison plurifamiliale de Lütjens Padmanabhan à Zurich-Oerlikon.



Le célèbre modèle: la halle de stockage de Ricola à Laufen, réalisé par Herzog & de Meuron en 1987. Photo: Margherita Spiluttini



Une robe bouffante en bardeaux: une maison d'habitation de Dieter Dietz à Chigny. Photo: Vincent Mermod

Thème n°4: La peau du toit

Sur le toit, il paraît, de manière générale, plus simple de montrer la technologie solaire à fine peau que sur la façade. Il y a ici moins de risque de dommages dus aux voitures ou au vandalisme. On ne peut sans doute pas plus simple que pour la maison individuelle Schneller Bader de Tamins GR. Le toit à bâtière de ce corps de bâtiment de 20 mètres de long et de seulement 5 mètres de large est incliné de 45 degrés. Côté nord, il est revêtu de panneaux de fibrociment ondulé, côté sud de modules PV standard. L'assemblage visible des composants crée de la clarté: de hauts chevrons avec des liteaux encastrés sont montés sur un corps de toiture en éléments préfabriqués en bois, puis vient un revêtement (les chevrons sont en fait plutôt un contre-lattage vu qu'ils ne sont pas porteurs). La rive et la gouttière illustrent la clarté chirurgicale de cette structure. Pour certains architectes, le fait que la peau du toit se compose de deux matériaux différents, le fibrociment et le PV, est sans doute considéré comme un sacrilège. Ici, c'est le détail du faîte qui fait de cette division tout l'attrait du projet: les chevrons, les liteaux et les modules PV du côté sud sont décalés au niveau du faîte de cinquante centimètres par rapport à la surface du toit côté nord. D'un côté, capteur de soleil et de l'autre, ombrage. C'est le mode de construction le plus évident et le plus informel qui soit pour un toit solaire.

Pour l'église d'Ebmatingen, la situation a été un peu plus complexe. Il a fallu réhabiliter cet ouvrage de l'histoire architecturale de l'Oberland zurichois qui date de moins de trente ans et qui est loin d'être remarquable. L'architecte Daniel Studer a su convaincre la paroisse de remplacer le vieux toit en tuiles par un toit solaire. Etant donné que la bordure du toit d'origine était mince, l'architecte a cherché le même type de solution en dépit de l'isolation thermique désormais double. Il a divisé la nouvelle épaisseur au niveau de la gouttière en une cascade de tôle de cuivre: c'est ainsi que les couches des éléments du nouveau et de l'ancien toit se superposent en se déportant vers l'extérieur, suivies tout en haut des grands modules PV montés en écailles, tout minces en verre. Ce que l'observateur ne voit pas, c'est que sur le côté sud ces modules n'accumulent pas seulement du courant mais aussi, dans les tuyaux cachés en dessous, de la chaleur qui est stockée dans le sol par des sondes géothermiques.

Daniel Studer enseigne la construction avec Daniel Mettler à l'EPFZ. Ce sont eux qui ont convaincu Miroslav Šik de se pencher sur l'énergie solaire. Et ils font partie de l'équipe qui construit le nouveau site web solarchitecture.ch voir page 26. Au cours du semestre actuel, les professeurs font construire à tous les étudiants de première année un mince toit de protection pour des bornes de recharge de voitures électriques - évidemment avec le photovoltaïque. Lorsque l'on parle avec Daniel Studer de ce sujet, ses yeux brillent. Oui, le solaire à fine peau est une opportunité. Un mauvais bâtiment reste un mauvais bâtiment, même avec la technique solaire sur le toit ou sur la façade. Mais la technique peut faire plus que de produire du courant: Elle peut modifier la forme d'un bâtiment. «C'est une opportunité pour nous architectes. Et il nous faut la saisir!» ●



Un faîte de toute évidence: à gauche le PV, à droite de l'Eternit ondulé. Maison individuelle à Tamins de Daniel Ladner, Valentin Bearth et Andrea Deplazes. Photos: Ralph Feiner



Mince en dépit de la nouvelle isolation et de collecteurs hybrides (PV et thermique): transformation de l'église d'Ebmatingen de Daniel Studer.



Paul Kalkhoven est Senior Partner, directeur du département de conception technique chez Foster + Partners, un bureau d'architecture de notoriété mondiale avec 1400 collaborateurs, fondé en 1967 par Norman Foster.

«Une question de vue d'ensemble»

Paul Kalkhoven de Foster + Partners de Londres au sujet de la technique, de la beauté et de ce que la Suisse fait mieux en matière d'architecture solaire.

Chez Foster + Partners, l'accent est mis sur la construction durable. Quel est, le rôle de l'énergie solaire?

Paul Kalkhoven: Notre objectif est de concevoir des bâtiments durables. Pour cela, nous avons notre propre département de développement durable. Etant donné que nous concevons des bâtiments dans différentes régions climatiques, les solutions spécifiques sont différentes. Bien évidemment, le développement durable comprend également le thème des énergies renouvelables, le solaire et d'autres. Les mesures passives comme la protection solaire doivent surtout être prises en considération dans les régions chaudes. Certains clients sont très ambitieux comme, par exemple, Apple en Californie: au nouveau siège, des toits solaires produisent une grande quantité d'énergie sur place. La ville nouvelle de Masdar au milieu du désert a également été un jalon avec de nombreuses installations PV mais notre travail s'est limité aux premières phases de mise en œuvre.

Y-a-t-il des bâtiments de Foster avec une façade photovoltaïque?

La plupart des installations PV se trouvent sur les toits de nos bâtiments; pour le Reichstag, elles ont été encastrées dans les surfaces vitrées de la coupole. Seuls quelques-uns ont des panneaux PV sur la façade, la City Hall de Londres en est un exemple.

Vous réalisez des projets dans le monde entier et quasiment aucun n'a de façade solaire?

La construction durable comprend des mesures passives et des mesures actives. Il est important de minimiser les pertes énergétiques dans les zones de climat froid et le gain énergétique dans les régions chaudes. Les mesures passives sont moins coûteuses et plus efficaces du point de vue énergétique mais, dans un climat comme celui de la Suisse, une façade PV combinée à un bâtiment bien isolé est économiquement viable. Cependant, le bilan coût/bénéfices est contrasté en fonction des conditions locales et du type de client. Les lois peuvent aider, en particulier là où les énergies fossiles sont bon marché.

Quel est le rôle du développement technologique?

La technologie solaire ne cesse de s'améliorer mais on ne devrait pas la considérer de manière isolée. La réduction des émissions mondiales de CO₂ est l'objectif principal. Tout d'abord, il faut optimiser les mesures passives. C'est ce qui peut apporter le plus pour la réduction des besoins de climatisation des immeubles de bureaux.

Dans l'œuvre de Renzo Piano, un ancien compagnon de route de Norman Foster, la beauté est un thème important comme l'exposition à la Royal

Academy de Londres l'a récemment montré. Vous arrive-t-il de parler de beauté chez Foster + Partners?

En tant qu'architecte, on devrait construire des bâtiments attrayants; attrayants à l'usage et dans leur présentation. Mais la beauté n'est pas le point de départ. Nous nous concentrons sur la question de savoir quelle est la bonne solution. Lorsque nous avons traité cette question à fond de manière cohérente et bien sûr en peaufinant la question de l'esthétique, il en résulte de la beauté.

Aimez-vous l'étiquette d'architecture high-tech?

Le terme porte plutôt sur le travail d'un groupe d'architectes dans les années soixante-dix, avec une structure expressive et la mise en scène d'installations techniques. De nos jours, en raison de l'évolution de la technologie et de l'accroissement des besoins énergétiques de l'enveloppe extérieure, nos bâtiments se font plus discrets.

Vous faites partie du jury du Prix Solaire Suisse.

Qu'y voyez-vous?

Je fais partie du jury du Norman Foster Solar Award dont le but est de récompenser l'intégration de la technique solaire, donc des solutions architecturales. La quantité de bâtiments qui produisent plus d'énergie que celle dont ils ont besoin m'impressionne. En Suisse, il y en a chaque année jusqu'à quarante. Ici en Angleterre, il me serait difficile d'en trouver ne serait-ce que deux. Ailleurs, ce sont de grandes entreprises puissantes qui montrent ce qui est possible; en Suisse, ça vient d'en bas: ce sont encore surtout des maisons individuelles isolées mais il y a de plus en plus d'exemples d'autres types de bâtiments.

Que manque-t-il encore?

Nous sommes à la recherche de bâtiments urbains et plus grands des meilleurs bureaux d'architecture. Ils réfléchissent déjà au développement durable mais les bâtiments à énergie positive sont rares et difficiles à réaliser. La tendance est là mais il va encore falloir attendre avant qu'elle ne s'impose.

Pour les architectes de renom en Suisse, le Prix Solaire n'a pas bonne réputation.

Ils trouvent que ce n'est qu'une question de chiffres et pas d'architecture. Que leur dites-vous?

Tout d'abord, un bâtiment doit pouvoir prouver qu'il produit plus d'énergie qu'il n'en consomme, ceci se mesure en chiffres. Par ailleurs, pour le Norman Foster Solar Award, tout tourne autour de l'architecture: de l'intégration de technologies de pointe mais aussi parfois de solutions facilement accessibles. Interview: Axel Simon ●

La peau de la maison

Cela fait longtemps que l'expression «Building skin» est entrée dans le langage courant des ingénieurs de par le monde. Mais que vaut la métaphore de la «peau» pour une maison?

Ce cahier recherche les innovations technologiques et esthétiques des enveloppes solaires construites. Il explore le potentiel architectural des façades à peau fine, rend visite à deux architectes de notoriété internationale et propose un voyage dans la stratosphère.

