



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN

energeia.

Bulletin de l'Office fédéral de l'énergie OFEN
Numéro spécial | Janvier 2014

Watt d'Or 2014

La distinction pour les meilleures
performances énergétiques



A portrait of Pascale Bruderer Wyss, a woman with short dark hair, wearing a light-colored blazer, smiling slightly. The background is a soft, out-of-focus grey.

Editorial

Une question de régime du moteur

Notre approvisionnement énergétique est la plus grande machine au monde. C'est ce qu'affirme Lino Guzzella, professeur à l'EPF de Zurich, trois fois lauréat du Watt d'Or. Je trouve cette image de machine géante très pertinente à deux points de vue: elle montre d'une part que l'énergie n'est pas simplement là, mais qu'il faut la produire. La machine doit d'abord être fabriquée et payée, puis entretenue, réparée, et le cas échéant, transformée ou perfectionnée. D'autre part, la machine symbolise le fait que l'énergie dépend de la technique, des mathématiques et de la physique non soumises à la politique ou aux lois. Pour trouver le réglage adéquat de la plus grande machine au monde, il vaudrait donc mieux se focaliser sur les sciences de l'ingénierie et les lois naturelles plutôt que sur les guerres idéologiques.

Actuellement, les discussions sur la stratégie énergétique suisse battent leur plein, les lobbyistes sont en effervescence et les moteurs s'emballent. Deux des projets récompensés cette année par le Watt d'Or concernent précisément les questions de régime et de puissance, ce qui suscite en moi la réflexion suivante: le succès des discussions ne dépendrait-il pas finalement d'un régime adéquat? Des efforts énormes sont certes demandés

à tous les participants; mais ne serait-il pas conseillé de choisir ensemble un régime adéquat et de s'y tenir systématiquement? Car ni les freinages brusques, ni l'emballement des moteurs nous feront avancer, et les obstacles existants ne disparaîtront pas simplement parce que nous les controns avec virulence.

Le jury a été particulièrement impressionné par cette perspicacité, par la conduite prévoyante et l'adéquation de la puissance du système de chaque lauréat: l'Association suisse des entreprises d'entretien des textiles se bat pour la compétitivité de ses entreprises en les aidant à réduire leurs coûts en améliorant leur efficacité; les Forces motrices de l'Oberhasli SA défendent leur position sur le marché malgré des conditions d'investissement extrêmement difficiles en équipant leur centrale hydraulique de pompage-turbinage de l'électronique de haute puissance la plus moderne en Suisse; glass2energy SA a permis à l'industrie d'utiliser une nouvelle génération de cellules photovoltaïques combinant à la perfection technique et esthétique, et qui se lance maintenant à la conquête des marchés du monde urbain à forte densité; Lino Guzzella, avec sa jeune équipe de l'Institut des systèmes dynamiques et des techniques de régulation de l'EPF de Zurich, présente aux constructeurs

automobiles, avec son modèle gaz naturel-diesel-hybride, un nouveau concept de moteur capable de réduire drastiquement la consommation énergétique et les émissions de CO₂ de notre trafic routier; et finalement Markus et Marie-Therese Portmann ont érigé la maison 2050 au centre de la ville de Kriens, conjointement avec aardeplan AG et tout un groupe d'entreprises de planification novatrices.

Les cinq projets primés nous montrent la voie à suivre et nous font envisager l'avenir avec confiance. Ils font dès lors partie des huit ans d'histoire du Watt d'Or et de la galerie d'honneur des lauréats récompensés pour l'excellence de leurs performances. Ces projets ont permis à notre société d'aller de l'avant et d'avoir une meilleure perception de l'énergie de demain, selon la citation d'un des plus célèbres scientifiques au monde, Sir Isaac Newton, qui a déclaré: «J'ai vu plus loin que les autres parce que je me suis juché sur les épaules de géants».

Pascale Bruderer Wyss
Conseillère aux Etats,
présidente du jury du Watt d'Or

Le Watt d'Or, label de l'excellence énergétique

L'Office fédéral de l'énergie remet le Watt d'Or 2014 pour la huitième année consécutive afin d'honorer des performances exceptionnelles dans le domaine de l'énergie.

Le 4 septembre 2013, le Conseil fédéral a adopté, à l'intention du Parlement, le message sur le premier paquet de mesures de la Stratégie énergétique 2050. L'objectif visé est la métamorphose successive de l'approvisionnement énergétique de la Suisse grâce, en particulier, à la réduction de la consommation énergétique et au développement des énergies renouvelables. Alors que les discussions sur la Stratégie énergétique 2050, le projet du siècle, ne font que débiter au Parlement, certaines entreprises suisses novatrices exploitent depuis longtemps déjà, avec courage et succès, les technologies énergétiques de demain. Pour elles, l'Office fédéral de l'énergie a créé en 2006 le Watt d'Or, label de l'excellence énergétique.

La huitième édition du Watt d'Or, remis le 9 janvier 2014, honore des projets énergétiques prestigieux, des innovations et des concepts brillants. Derrière ces projets se cachent des personnes, des entreprises et des organisations que nous tenons à vous présenter dans ce numéro spécial d'energeia. Elles développent les technologies énergétiques de demain, se lancent sur le marché avec des innovations, fixent de nouvelles normes pour des solutions pratiques qui prennent en compte nos exigences élevées de confort, d'esthétique et

d'économie. Leurs prestations méritent une reconnaissance publique.

Le Watt d'Or est remis à l'occasion de l'apéritif du Nouvel An de l'Office fédéral de l'énergie en présence de centaines de représentants de la scène énergétique suisse. Le prix est décerné dans cinq catégories différentes (voir encadré). Le Watt d'Or est purement honorifique: aucun argent n'est distribué et il n'y a pas de classement entre les projets sélectionnés. Les lauréats reçoivent néanmoins un trophée original: une boule de neige géante fabriquée par l'entreprise Erwin Perzy de Vienne. Pour faire monter les tourbillons de neige qu'elle contient, il faut la secouer vigoureusement. Cette boule de neige symbolise le fait que dans notre monde, et en particulier dans le domaine de l'énergie, il faut toujours une dose certaine d'efforts intellectuels et physiques pour faire bouger les choses. C'est ce qu'ont précisément fait les lauréats de cette année pour être honorés du Watt d'Or 2014. Le rayonnement de cette distinction leur sera d'un soutien précieux dans leurs activités à venir.

Le jury

La distinction du Watt d'Or est attribuée dans les cinq catégories suivantes:

- Société
- Technologies énergétiques
- Energies renouvelables
- Mobilité économe en énergie
- Bâtiments et espace

Pour chaque catégorie, l'Office fédéral de l'énergie désigne une équipe d'experts chargés de sélectionner des projets et de les soumettre au jury. Le jury est composé de représentants qualifiés et de renom issus de la politique, de la recherche, des cantons, de l'économie et de l'architecture, de même que d'associations spécialisées et de défense de l'environnement (dans l'ordre alphabétique):

- Daniel Brélaz, syndic de Lausanne
- Pascale Bruderer Wyss, conseillère aux Etats, présidente du jury du Watt d'Or
- Fredy Brunner, conseiller municipal de St-Gall
- Stefan Cadosch, président de la SIA
- Achille Casanova, service de médiation de la SSR
- Yves Christen, ancien conseiller national
- Daniela Decurtins, Association suisse de l'industrie gazière (ASIG)
- Urs Hany, président de la Fédération Infra
- Patrick Hofstetter, WWF Suisse
- Filippo Lombardi, conseiller aux Etats
- Max Nötzli, auto-suisse
- Walter Steinmann, directeur de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)
- Alexander Wokaun, Institut Paul Scherrer (PSI)

Les lauréats 2014

Vue d'ensemble des lauréats du Watt d'Or 2014:

Catégorie 1: Société

«Efficience des ressources dans les nettoyages à sec et les blanchisseries – RessEff»
Association suisse des entreprises d'entretien des textiles ASET

Catégorie 2: Technologies énergétiques

«VARSPPEED»
Forces motrices de l'Oberhasli SA

Catégorie 3: Energies renouvelables

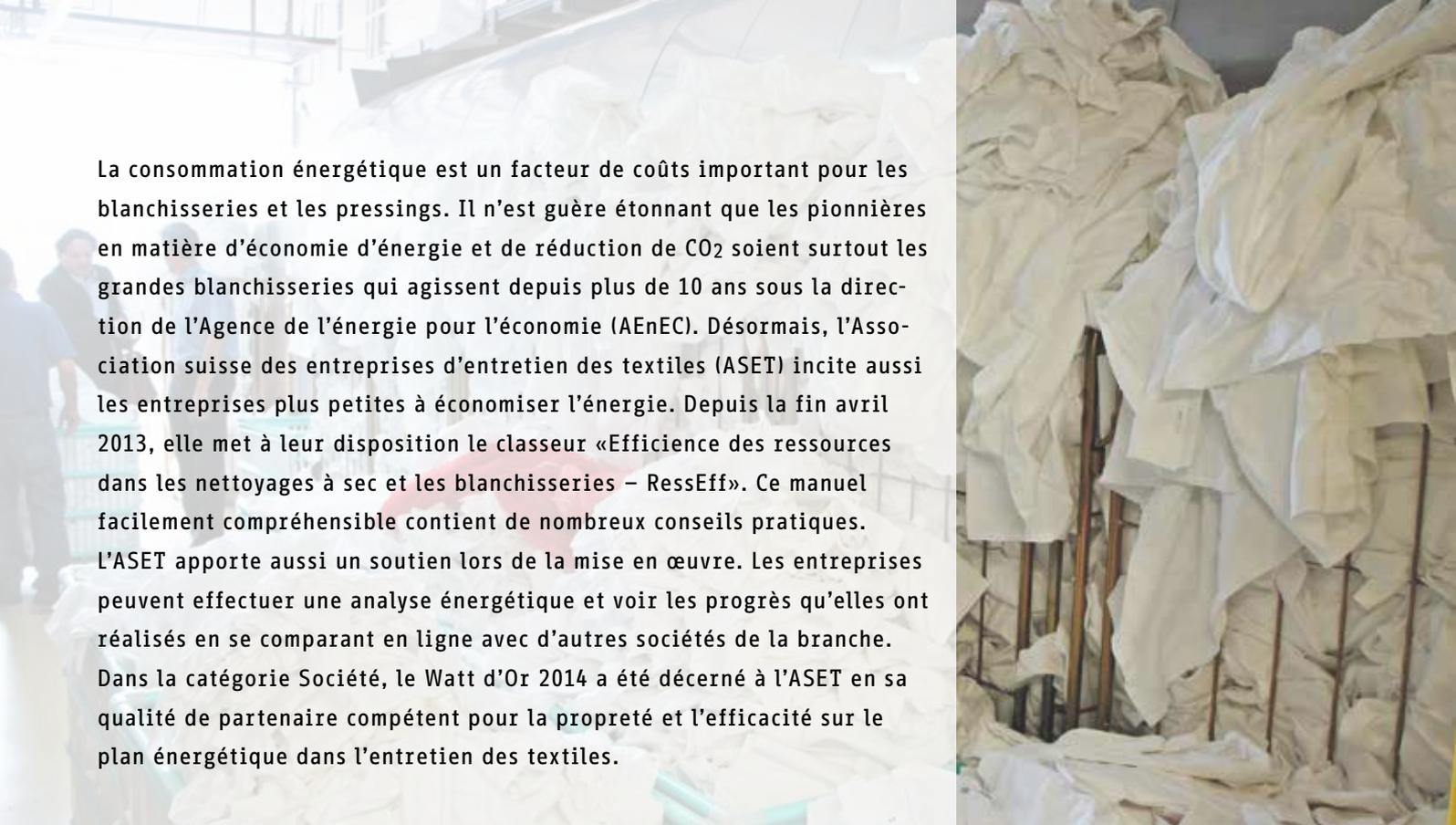
«glass2energy»
glass2energy SA

Catégorie 4: Mobilité économe en énergie

«Gaz naturel-diesel-hybride»
Institut des systèmes dynamiques et des techniques de régulation de l'EPF de Zurich

Catégorie 5: Bâtiments et espace

«Immeuble d'habitation Kirchrainweg 4a»
Kirchrainweg AG – aardeplan AG – e4plus AG



La consommation énergétique est un facteur de coûts important pour les blanchisseries et les pressings. Il n'est guère étonnant que les pionnières en matière d'économie d'énergie et de réduction de CO₂ soient surtout les grandes blanchisseries qui agissent depuis plus de 10 ans sous la direction de l'Agence de l'énergie pour l'économie (AEnEC). Désormais, l'Association suisse des entreprises d'entretien des textiles (ASET) incite aussi les entreprises plus petites à économiser l'énergie. Depuis la fin avril 2013, elle met à leur disposition le classeur «Efficience des ressources dans les nettoyages à sec et les blanchisseries – RessEff». Ce manuel facilement compréhensible contient de nombreux conseils pratiques. L'ASET apporte aussi un soutien lors de la mise en œuvre. Les entreprises peuvent effectuer une analyse énergétique et voir les progrès qu'elles ont réalisés en se comparant en ligne avec d'autres sociétés de la branche. Dans la catégorie Société, le Watt d'Or 2014 a été décerné à l'ASET en sa qualité de partenaire compétent pour la propreté et l'efficacité sur le plan énergétique dans l'entretien des textiles.

WATT D'OR 2014 Société

Un kilowattheure par kilogramme de lessive

La guerre des prix fait rage dans l'industrie de l'entretien des textiles. De grands groupes pénètrent le marché suisse, y achètent des blanchisseries locales et gagnent sans cesse des parts de marché. En outre, toujours plus d'hôtels et de restaurants, et pas seulement ceux proches de la frontière, font appel à des blanchisseries étrangères. Les camions transportent le linge sale de l'autre côté de la frontière et le rapportent propre. Nombre d'entreprises de la branche ne peuvent pas régater avec leurs concurrents étrangers. Une évolution absurde. «Seuls la qualité, de bonnes prestations et des frais accessoires les plus bas possible nous permettent de rester dans la course. C'est la raison pour laquelle l'efficacité des ressources est une question de survie dans notre industrie», constate Daniel Ammann, propriétaire de la blanchisserie Wöschchorb à Wallisellen et chef de projet du manuel RessEff. Il faut encore sensibiliser les clients. «Il existe aujourd'hui un label pour tout, des hôtels collent même un symbole du soleil sur leurs interrupteurs lorsqu'ils recourent à l'électricité solaire. Mais cela n'intéresse personne de savoir si le linge y est lavé

de manière efficace sur le plan énergétique.» Cela doit changer: l'ASET qui représente plus de 200 pressings, blanchisseries et fournisseurs employant en tout plus de 3000 salariés s'est fixé pour objectif de faire de la branche dans son ensemble un exemple en matière d'efficacité énergétique et d'exploitation des ressources. Le nouveau manuel RessEff est au cœur du dispositif.

L'idée a germé dans la tête de Gustav Lorenz, membre de l'ASET. Après avoir pris contact avec des conseillers en énergie, il a proposé à l'ASET de s'occuper de la question de l'efficacité car, en fin de compte, nul ne connaît mieux les spécificités de la branche que les exploitants. «Nous avons d'emblée conçu le projet comme une aide à l'auto-assistance», se rappelle Daniel Ammann. Ce concept a non seulement convaincu l'Assemblée générale de l'ASET mais aussi l'Office fédéral de l'énergie, l'Office fédéral de l'environnement et d'autres sponsors qui ont pris en charge une partie des coûts se montant à 150 000 francs. Ensuite, une équipe composée d'une vingtaine de personnes s'y est attelée une année entière. Elle a

pu aussi compter sur les experts de l'Agence de l'énergie pour l'économie (AEnEC) qui avaient commencé il y a plus de 10 ans à définir avec les sept plus grandes blanchisseries des mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique afin qu'elles puissent se faire exonérer de la taxe sur le CO₂. «Les grandes entreprises n'avaient plus besoin de notre aide mais nous avons pu acquérir beaucoup de savoir-faire auprès d'elles». Le manuel est délibérément rédigé de manière très compréhensible. Tout y est expliqué de façon à ce qu'un novice en techniques énergétiques puisse facilement voir où sont les potentiels d'économie. En feuilletant les quelque 150 pages richement illustrées, on est surpris par la diversité des mesures possibles, qui vont de l'optimisation de la technique du bâtiment à des recommandations en matière d'organisation.

Traiter le linge dans le bon ordre

«L'idéal serait de parvenir à une consommation d'un kilowattheure par kilogramme de lessive, y compris l'énergie pour le transport depuis et vers le client. Les meilleures blanchisseries se situent aujourd'hui entre 1 et 1,5



Daniel Ammann (chef de projet) et Melanie Saner (assistante de projet)

INTERNET

www.textilpflege.ch

kWh», précise Vincenzo Mariano, copropriétaire de la blanchisserie Mariano AG à Schlieren. Il sait de quoi il parle: l'entreprise familiale qu'il dirige avec son frère Michele en deuxième génération compte parmi les sept grandes pionnières en matière d'énergie du programme de l'AEnEC. Lors d'une visite de sa blanchisserie, il explique les mesures mises en œuvre. Il devient vite clair que les optimisations relatives à la technique et à la construction ne suffisent pas et doivent être complétées par des mesures concernant l'organisation et le personnel. Ainsi, le linge doit être traité dans le bon ordre afin que la température de lavage ne varie pas sans cesse. Il faut aussi veiller à ce que les machines soient bien chargées.

«Nous traitons huit tonnes de linge par jour. On peut évaluer soi-même la consommation d'énergie et se rendre compte que les économies d'énergie sont rentables», explique Vincenzo Mariano. La blanchisserie Wöschchorb de Daniel Ammann à Wallisellen est plus petite et son parc de machines très différent. Néanmoins, elle a aussi réalisé près

de 20% d'économies et consomme aujourd'hui environ 3 kWh par kilo de linge. «La structure et la situation de chaque entreprise diffèrent. Par conséquent, après une partie générale, le manuel RessEff fait clairement la distinction entre divers procédés et machines que l'on trouve dans les blanchisseries et ceux des pressings», résume Daniel Ammann. Dans ces derniers, ce sont avant tout le nettoyage à sec (avec des solvants) et la finition (le repassage et le pressing) qui sont importants. Le manuel indique aussi comment économiser rapidement et simplement de l'énergie. Il n'est qu'un élément parmi une palette complète d'offres proposées par l'ASET, qui comprend entre autres un benchmarking en ligne avec lequel les entreprises participantes peuvent saisir anonymement leurs valeurs caractéristiques (quantité de linge traité, consommation d'eau, consommation d'électricité, consommation d'énergie primaire) et voir comment elles se situent par rapport aux autres. Par ailleurs, l'instrument profit.ch facilite l'accès à la thématique de l'efficacité des ressources. «profit.ch est un test rapide sous forme de questionnaire. Il montre où je me situe et par où je peux commencer, commente le chef de projet. Enfin, nous organisons aussi des ateliers pour les entreprises qui ont des difficultés à entreprendre les démarches. Nous

identifions ensemble les projets pertinents, aidons à les mettre en œuvre et veillons à ce qu'ils surmontent les premiers obstacles.»

Une reconnaissance internationale

Les grandes blanchisseries utilisent déjà le label «CO₂ & kWh réduits» délivré par l'AEnEC comme argument marketing. Daniel Ammann pense que RessEff pourrait aussi devenir un label de qualité dans la branche. En effet, RessEff rayonne déjà au-delà des frontières suisses: en octobre 2013, l'ASET a reçu le prix «RWin 2013 – Sonderpreis Branchenprojekt» du magazine spécialisé allemand RWTextilservice et un projet de transfert de connaissances est déjà en cours avec l'association d'outre-Rhin «Textilpflegeverband». «Lorsque nous avons présenté la version finale du manuel aux deux offices fédéraux, ils n'ont pas caché leur étonnement et estimé que notre initiative devait montrer la voie à d'autres branches. Il va de soi que nous sommes disposés à les aider à développer des outils similaires», conclut avec satisfaction Daniel Ammann.

100 mégawatts pour la stabilité du réseau électrique

Notre approvisionnement en électricité est en pleine mutation. Le courant d'origine éolienne et solaire est de plus en plus injecté dans le réseau, notamment quand la demande est faible. Exploiter le réseau électrique de manière stable et sûre en pareille situation pose des exigences élevées en termes de régulation et de technologie. Les centrales de pompage-turbinage jouent un rôle prépondérant. La société des Forces motrices de l'Oberhasli SA (KWO) prépare cette technologie éprouvée à ces nouveaux défis en établissant un record du monde. En mars 2013, elle a en effet mis en service, dans la centrale de Grimsel 2, «Varspeed», le variateur le plus puissant au monde jamais installé dans une centrale hydroélectrique. D'une puissance de 100 MW, il est aussi puissant que mille voitures de tourisme et permet une exploitation bien plus efficace et flexible de la centrale de pompage-turbinage de Grimsel 2. Dans la catégorie Technologies énergétiques, le Watt d'Or 2014 revient à KWO, qui sait projeter les centrales classiques dans l'avenir énergétique grâce à l'électronique de puissance suisse dernier cri d'ABB.

Malgré ses dimensions impressionnantes, le réseau de transport d'électricité est un système sensible: à chaque instant, il faut un équilibre entre production et consommation. Une injection trop importante fait augmenter la fréquence du réseau, qui est normalement de 50 Hz. Celle-ci baisse en cas de consommation excessive et suscite un risque de black-out. Aujourd'hui, une quantité toujours plus importante d'électricité d'origine éolienne et solaire est injectée dans le réseau, ce qui y entraîne «naturellement» un déséquilibre: la météo et l'heure de la journée déterminent la planification de la production. Le réseau électrique tolère seulement des variations minimales: les écarts de fréquence ne doivent pas dépasser 0,5 Hz. En Suisse, la société Swissgrid est chargée de réguler la puissance dans le réseau de transport. Elle doit stabiliser le réseau avec l'énergie de réglage qu'elle peut retirer ou couper automatiquement en quelques secondes ou minutes. Cette énergie (à l'échelle nationale, elle requiert une puissance de près de 400 MW) est donc une réserve qui permet de compenser les variations de fréquence. C'est là que les centrales de pompage-turbinage entrent en jeu: elles peuvent accumuler les surplus d'électricité ou produire du

courant supplémentaire en très peu de temps. KWO, qui produit de l'électricité pour près de 1,2 million de personnes dans la région des cols alpins du Grimsel et du Susten, avec neuf centrales et huit bassins d'accumulation, fournit entre 20 et 30% de l'énergie de réglage en Suisse. C'est donc un acteur important pour la stabilité du réseau suisse de transport.

Très vite, on a remarqué que la région du Grimsel est non seulement l'un des plus beaux paysages de haute montagne du pays, avec ses sommets, glaciers, gorges et lacs, mais qu'elle offre aussi des conditions optimales pour l'utilisation de la force hydraulique. Fondée en 1925, la société KWO est détenue aujourd'hui pour moitié par BKW Energie SA. Elle a mis en service sa première centrale Handeck 1 en 1932. La centrale souterraine de Grimsel 2 a été construite entre 1973 et 1979. L'eau passe du lac de l'Oberaar au lac du Grimsel au moyen de turbines et l'exploitation de la dénivellation de près de 400 mètres permet de produire de l'électricité. L'eau peut être pompée s'il y a un surplus d'énergie dans le réseau, grâce à quatre pompes d'une puissance de 80 MW dans la caverne de la centrale. Elle est accumulée dans le lac de l'Oberaar et peut servir à la

INTERNET

www.grimselestrom.ch

VIDEO

www.youtube.com/watch?v=uS20VRY_xW0

production d'électricité en quelques secondes s'il n'y a pas assez d'électricité dans le réseau. Une technologie éprouvée depuis des années. C'est d'autant plus extraordinaire que KWO ait précisément réussi à poser un nouveau jalon technologique dans cette centrale.

Electronique de puissance dernier cri

«Nous avons un peu peur que notre projet soit trop technique pour le Watt d'Or. Comme notre Varspeed fonctionne avec l'électronique de puissance dernier cri, c'est très complexe», estime Hans Schlunegger, responsable du projet chez KWO. Son grand-père avait exploité l'une des premières scieries électriques de Suisse à la fin du XIX^e siècle. Ses récits ont très tôt éveillé la fascination de son petit-fils pour tout ce qui avait trait à l'électricité. Hans Schlunegger a donc étudié l'électrotechnique et consacré sa thèse à l'électronique de puissance

à l'EPF de Zurich avant de travailler à la BBC, aux BLS et, enfin, en tant que directeur technique aux Chemins de fer de la Jungfrau. En 2005, il a pris sa retraite... active – il est notamment guide pour KWO depuis 2006. On connaissait bien sûr ses compétences professionnelles et, en 2007, la société lui a demandé de l'aider dans l'élaboration du projet de pompe à vitesse variable. «Chez KWO, nous accordons beaucoup d'importance aux compétences internes. Nous pouvons ainsi parler d'égal à égal avec les fournisseurs, qui savent qu'ils ne peuvent pas nous raconter n'importe quoi», observe laconiquement Hans Schlunegger. Il s'est initié à la problématique et s'est mis à évaluer les options technologiques. L'appel d'offres, conforme aux règles de l'OMC, a été lancé en 2009. «Jusqu'à là, nous avons déjà éliminé certains systèmes variateurs et défini qu'une solution asynchrone était hors de question.» ABB Suisse a remporté l'adjudication. «Dès le début, nous avons eu un excellent rapport de travail avec les spécialistes d'ABB. C'était aussi important, car il est délicat d'adapter un tel variateur à un système existant. Nous voulions procéder nous-mêmes au montage de l'installation.» Le choix du nom de Varspeed n'a pas été dicté par une préférence pour l'anglais. «Nous voulions juste un nom court et parlant.»

Quel est le fonctionnement de Varspeed? Jusque-là, le pilotage du pompage dans la centrale de Grimsel 2 était archaïque et consistait à enclencher une, deux, trois ou les quatre pompes, qui pouvaient seulement être exploitées à pleine charge. Voilà qui est particulièrement inefficace d'un point de vue énergétique, il n'était pas possible de procéder à une adaptation flexible en cas de changement des besoins de régulation pendant le pompage. Il fallait alors tirer de l'eau d'autres retenues afin de produire l'électricité de réglage nécessaire. On gaspillait ainsi l'eau d'accumulation, qui est précieuse.

Une meilleure efficacité

Le convertisseur permet désormais de varier la fréquence et donc le régime et la puissance absorbée de la pompe. Pour le dire simplement: la pompe peut être adaptée de manière flexible à l'énergie de pompage à disposition et au volume d'eau à pomper. Elle consomme aussi moins d'énergie. Pendant le pompage, la fréquence de la machine synchrone peut



Hans Schlunegger

varier entre 46 et 51 Hz, et le régime entre 680 et 765 tours par minute pour une puissance de 94 MW au maximum. Grâce au variateur, la pompe peut être mise en marche ou arrêtée très rapidement. Il en découle non seulement une production d'électricité bien plus efficace et flexible, mais aussi une meilleure capacité opérationnelle pour la régulation du réseau, également envisageable dans le cadre du pompage. Le rendement du convertisseur atteint 97,2%.

Les coûts de Varspeed se sont chiffrés à 21 millions de francs. L'expert estime un retour sur investissement de 8 à 15 ans. «Actuellement, la situation du marché est mauvaise pour la force hydraulique en général, et aussi pour le pompage-turbinage. Le conseil d'administration et les responsables ont dû faire preuve de courage pour décider cet investissement», conclut Hans Schlunegger. L'évolution actuelle sur le marché de l'électricité a effectivement des conséquences importantes pour le programme d'investissement de KWO. Aussi le directeur de la société, Gianni Biasiutti, a-t-il annoncé l'été dernier que KWO renonçait pour l'instant à construire la centrale de pompage-turbinage

de 660 MW de Grimsel 3, qui dispose déjà d'une concession. Elle va construire la centrale de 150 MW Grimsel 1E entre le lac du Grimsel et celui de Räterichsboden. KWO se prononcera à la fin du premier semestre 2015 quant à la réalisation, pour autant que les demandes de concession et de permis de construire soient approuvées. Un Varspeed sera aussi installé dans Grimsel 1E et Hans Schlunegger sera de nouveau de la partie en qualité de conseiller technique. D'ici là, il se réjouit de présenter le variateur le plus puissant du monde à une foule de visiteurs.

Esthétique solaire pour un monde urbanisé

Dans la photosynthèse, les plantes tirent l'énergie de la lumière du jour. Le rendement de conversion est étrangement modeste: de 1 à 4%. Mais comme la photosynthèse a lieu également par faible luminosité, elle se poursuit de l'aube à la nuit: ceci compense cela. Tel est aussi le cas de la photovoltaïque de troisième génération, dite «dye sensitized solar cell technology», également connue sous la dénomination de cellule de Grätzel. Grâce à des colorants photosensibles qui reproduisent la photosynthèse, cette cellule translucide produit de l'électricité même par éclairage diffus. Première mondiale, la SA glass2energy (g2e), sise à Villaz-St-Pierre (FR), a mené cette technologie à la maturité industrielle. De sorte que dans un avenir proche, ses panneaux décoratifs pourraient orner nos meubles, nos parois, nos fenêtres et nos façades. Le Watt d'Or 2014 dans la catégorie Energies renouvelables est décerné à la société glass2energy, qui réinvente l'accès à une production de courant peu coûteuse et esthétique dans la ville de demain.



De g. à dr.: Stefan A. Müller, Asef Azam

«J'aime être là où les choses se passent», dit Stefan A. Müller, CEO de g2e. On le croit sur parole, ce bilingue toujours en mouvement, qui a accompli ses études à l'Université de St-Gall. Enthousiaste, il évoque les étapes d'une carrière qui l'a mené dans les entreprises industrielles les plus diverses, mais aussi dans la banque, où il a cofinancé en particulier des projets d'énergie renouvelable. «Je connais bien les risques et les obstacles à affronter dans ce domaine», souligne cet homme, qui combine son engagement pour g2e avec un siège au conseil d'administration de diverses autres firmes, notamment (depuis 1998) la SA

Leclanché à Yverdon, spécialiste du stockage d'énergie. Dès 1993, cette société avait acquis auprès de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) une licence pour la commercialisation de la cellule solaire développée par le professeur Michael Grätzel. «En 2002, lorsque Leclanché s'est restructurée pour se focaliser sur les batteries lithium-ion, on a arrêté les travaux menés sur la cellule. Malgré des efforts intenses, il n'avait pas été possible de la rendre suffisamment étanche. De plus, elle n'était pas transparente, un inconvénient grave», se rappelle Stefan Müller. Le scellement est en effet un gros défi, qui a bloqué

encore d'autres entreprises, également détentrices de la licence.

Pourquoi cela? Le film photoabsorbant de la cellule de Grätzel se trouve entre deux plaques de verre, recouvertes de dioxyde d'étain et de dioxyde de titane et servant d'électrodes. Pour établir le contact électrique entre elles, on introduit dans l'interstice un électrolyte très pur et très bon conducteur. Voilà pourquoi la cellule doit être scellée parfaitement et durablement. «Les deux plaques ne doivent pas se toucher, tout en ayant au plus 50 microns d'écart, soit le tiers de l'épaisseur d'un cheveu», déclare Stefan Müller. Inutile de les coller au moyen de polymères, comme tente de le faire Leclanché et comme le font de nombreux autres concurrents aujourd'hui encore, car ce type de fixation ne résiste pas, à la longue, suffisamment bien aux intempéries. D'où l'étonnement de Stefan Müller lorsque Asef Azam, aujourd'hui CTO de g2e, lui présente en 2011 un prototype valable. Cet ingénieur EPF, ancien responsable du transfert de technologies du professeur Michael Grätzel à l'EPFL et à ce moment-là collaborateur de Leclanché, avait réussi à développer un procédé industriel de scellement des plaques de verre, et cela au moyen de verre. De plus, le prototype était pratiquement transparent. Enthousiasmé, Stefan Müller a non seulement investi lui-même, mais il a également cherché d'autres investisseurs afin de poursuivre le développement. Au



INTERNET

www.g2e.ch/home

locaux d'attente sur les perrons des gares, sur les parois anti-bruit le long des routes et naturellement à l'intérieur.

Egalement par lumière faible et diffuse

«Le rendement de notre panneau, proche aujourd'hui de 3%, atteindra 7% et davantage d'ici deux ans», telle est la conviction de Stefan Müller. La faible performance peut surprendre, mais à la différence des systèmes photovoltaïques ordinaires, la cellule g2e peut produire du courant également par lumière faible et diffuse, garantissant ainsi de l'aube au crépuscule un gain de 20–50% de kWh par watt-crête. De plus, la transparence des panneaux fait qu'ils fonctionnent sur les deux faces, exploitant le rayonnement du soleil dans sa course tout au long de la journée. Autre avantage: si les cellules conventionnelles perdent de leur efficacité en se réchauffant dans la chaleur de midi, la cellule g2e, elle, réagit positivement à la hausse de température, où son rendement s'accroît. Néanmoins, Stefan Müller ne voit pas la nouvelle technologie en rivale des systèmes habituels, mais bien comme leur complément. «On commandera des panneaux g2e parce qu'on veut la transparence et l'élégance. C'est la voie ouverte à des applications entièrement nouvelles.» Ces modules attrayants et colorés, auxquels on peut ajouter un motif ou un logo, conviennent parfaitement à un intérieur moderne. Partout, des surfaces jusqu'ici passives seront rendues actives. Le CEO vise trois champs d'application: le bâtiment, la recharge hors réseau pour les véhicules électriques, et la production nomade de courant pour des appareils mobiles.

Le chemin à parcourir est encore long et le chef n'hésite pas à fixer des objectifs intermédiaires mesurés: dès 2014, il entend produire 3000 m² de panneaux, pour parvenir progressivement à 30 000 m² par année. La production industrielle doit permettre de ramener les coûts, d'ici trois ou quatre ans, à 100 francs le mètre carré. Alors, le prix sera suffisamment attractif pour assurer à la cellule g2e un véritable accès au quotidien.

mois d'octobre 2011, il avait réuni 1 million de francs. La création de glass2energy devait réunir des entreprises désireuses d'investir non seulement du capital, mais encore du savoir-faire, par exemple le centre autrichien de recherches pour le bâtiment (Fibag), Swisscom, l'entreprise chimique Société Suisse des Explosifs, la firme suisse Sottas (construction de façades), Asef Azam et un fonds d'investissement.

Des efforts récompensés

«Nous avons démarré dans un petit laboratoire du Technopôle d'Orbe. Bientôt nous avons déménagé à Yverdon-les-Bains, où nous avons installé la ligne de production pilote de 1000 m².» Au bout de 9 mois, un premier panneau de 60 sur 100 centimètres était capable de fonctionner. «Nous avons désormais la preuve que notre procédé était valable et qu'il pourrait être appliqué avec des moyens industriels. Il s'agissait maintenant d'amener le processus de fabrication au point où la production en nombre à des prix compétitifs serait possible. Il nous a fallu pour cela encore 12 mois, au cours desquels notre persévérance à tous a été mise à rude épreuve», se rappelle Stefan Müller. Mais ces efforts ont été récompensés, les résultats étaient concluants. De nouveaux actionnaires ont alors rejoint l'entreprise au mois de mai 2013, à savoir le Groupe E, grand fournisseur d'électricité de Suisse Romande, la SA Capital Risque Fribourg ainsi que le Groupe CPA, une société holding sise à Villaz-St-Pierre (près de Romont, canton de Fribourg), et la

g2e s'est établie récemment dans des locaux plus vastes du parc technologique Le Vivier, à Villaz-St-Pierre.

La nouvelle halle de 3500 m² est un peu grande pour les quelques équipements et le personnel – 13 collaborateurs tout de même – de l'entreprise g2e. Mais des machines ont été commandées et arriveront à la fin de l'année; des marquages au sol en indiquent l'emplacement. La maison a déjà produit 170 modules de série, entièrement confectionnés à la main. Une partie d'entre eux fonctionnent depuis avril 2013 à Genève, à l'aéroport de Cointrin. Il s'agit de la première application en grand de la cellule de Grätzel (balustrade dans la halle de départs), qui en démontre la capacité à produire du courant dans un intérieur faiblement éclairé. Ce projet à l'aéroport de Genève – où deux autres réalisations sont prévues à l'intérieur et à l'extérieur – a valu à g2e nombre de nouveaux contacts et de commandes. C'est un Stefan Müller confiant qui déclare: «La cellule de Grätzel est la solution idéale là où la place manque et où l'aspect esthétique joue un rôle.» D'ici à 2050, les régions urbaines abriteront de 70 à 80% de la population mondiale. L'espace y est mesuré, il faut densifier les constructions. Des surfaces multifonctionnelles sont demandées, surtout verticales. «Pour peu que nous appliquions notre système sur une partie seulement d'entre elles, notre entreprise marchera.» C'est une technique pouvant être intégrée à presque tout élément plane – façade, balcon ou fenêtre – mais aussi à des abris-bus, aux

2,4 litres aux 100 kilomètres

L'efficacité poussée systématiquement à l'extrême. C'est une façon de décrire le moteur hybride au gaz naturel et au diesel développé par l'Institut des systèmes dynamiques et des techniques de régulation (IDSC) de l'EPF de Zurich. Le nouveau moteur de voiture est si performant que les émissions de CO₂ diminuent de moitié par rapport aux moteurs traditionnels (près de 56 grammes par kilomètre), soit une consommation de carburant de 2,4 litres aux 100 kilomètres. Revoilà l'équipe qui a déjà fait sensation avec son véhicule à hydrogène Pac Car II, détenteur d'un record du monde, ainsi qu'avec son moteur hybride pneumatique. Ce moteur pourrait conquérir le marché en cinq ans si les constructeurs automobiles adoptent le concept. Les chances sont bonnes et de premiers entretiens ont lieu avec des partenaires industriels. Dans la catégorie Mobilité économe en énergie, le Watt d'Or 2014 revient à l'IDSC, un institut qui a toujours une longueur d'avance sur ses concurrents en matière d'efficacité.

Si l'on en croit les médias, il n'y aura plus que des voitures électriques sur les routes suisses dans quelques années. Les ventes donnent un autre résultat: en 2012, seules 675 voitures électriques ont été mises en circulation dans notre pays. Ces chiffres n'étonnent pas Lino Guzzella, qui étudie notamment la réduction de la consommation et des émissions polluantes des systèmes de propulsion avec son équipe. «Aucune technologie ne remplacera le moteur à explosion ces deux prochaines décennies. Les constructeurs automobiles ne peuvent pas chambouler les installations et processus de production existants en quelques années et proposer des systèmes de propulsion abordables avec les mêmes avantages que les moteurs à essence ou diesel en termes d'autonomie et de fiabilité.» Selon lui, la solution passe donc par des projets hybrides à haute efficacité.

«Les trois projets ont un lien entre eux», explique Lino Guzzella, recteur de l'EPFZ, responsable de l'Institut des systèmes dynamiques et des techniques de régulation et, à partir de 2015, président de l'école. «Quand nous avons réalisé Pac Car II en 2005, nous savions qu'aucun produit ne verrait le jour. C'était un véhicule de compétition, la formule 1 dans l'économie d'énergie, qui a suscité l'attention

INTERNET

www.idsc.ethz.ch

dans le monde entier et nous a notamment valu le Watt d'Or 2007, mais ce n'était pas une vision d'avenir. On nous a reproché le manque de pertinence pour la pratique, nous voulions réagir.» «Nous avons voulu nous rapprocher du marché», complète Christopher Onder, senior scientist à l'IDSC. Partant, le projet de moteur hybride pneumatique devient réalité en 2009. Au lieu d'une batterie, celui-ci a un réservoir d'air comprimé qui permet une diminution extrême de la taille du moteur et des économies de carburant de l'ordre de 30 à 50%. Ce projet obtient aussi des distinctions, à l'instar du Watt d'Or 2010, suivies de bons contacts avec les constructeurs automobiles. «Nous savions alors que nous étions sur la bonne voie pour trouver des solutions pratiques. Il était temps de passer à l'étape suivante», se souvient Lino Guzzella. L'équipe s'est demandée quelle était la meilleure chaîne cinématique hybride, la solution efficace et rapidement réalisable. Le nouveau moteur devait pouvoir être commercialisé en cinq ans. Le fruit de ces recherches est un moteur hybride au gaz naturel et au diesel qui existe déjà pour des applications

stationnaires. Ces installations tournent à régime constant, alors que le nombre de tours change en permanence pour un véhicule. Ce moteur est donc une véritable innovation pour les voitures de tourisme, alliée à une technique d'efficacité cohérente.

Transformer un moteur traditionnel

Comment ce moteur révolutionnaire fonctionne-t-il? Tobias Ott, qui a écrit sa thèse sur l'hybride au gaz naturel-diesel, Christopher Onder et Florian Zurbriggen, également doctorant sur ce projet, l'expliquent sur le banc d'essai. Il s'agit d'un moteur diesel traditionnel à quatre cylindres que l'équipe a transformé pour brûler au gaz. Il n'y a pas de bougie d'allumage, mais une petite quantité de diesel qui est directement injectée dans le cylindre pour enflammer le gaz. La combustion est ainsi très rapide et à haut rendement. «Le problème, c'est que le gaz naturel est relativement inerte dans la combustion. Il faut nettoyer ce qui ne brûle pas dans le catalyseur qui, pour ce faire, doit être chauffé à 300°C au moins. En raison de la grande efficacité du moteur, la température des gaz d'échappement est trop basse pour le catalyseur, en particulier lors du démarrage du moteur. Quand il tourne, nous avons dû faire quelques concessions sur l'efficacité», explique Christopher Onder.



De g. à dr.: Christopher Onder, Lino Guzzella, Tobias Ott, Florian Zurbriggen

La chaîne cinématique a une puissance totale de 88 kW (120 ch) et se compose d'un moteur au gaz naturel-diesel de 72 kW, d'un moteur électrique de 16 kW et d'une batterie de 0,8 kWh. Il s'agit d'un hybride parallèle, c'est-à-dire que le moteur à explosion est directement couplé au moteur électrique.

Le contrôleur de combustion du moteur, que Tobias Ott a développé avec Christopher Onder et Lino Guzzella dans le cadre de sa thèse, est novateur. Des capteurs mesurent en permanence différentes données, comme la pression dans les cylindres, le nombre de tours ou la charge requise. Sur cette base, un logiciel complexe et intelligent règle en continu la quantité optimale et le moment opportun de l'injection de diesel. Il en résulte une combustion de haute efficacité avec un rendement maximal de près de 40%. Le couplage à un petit moteur électrique permet de réduire encore la consommation. Le moteur peut aussi être installé sans hybridation électrique.

Installé dans un véhicule traditionnel et bon marché de la catégorie Golf, le nouveau moteur n'émet que 56 grammes de CO₂ par kilomètre, soit une consommation de carburant de 2,4 litres aux 100 kilomètres. Le moteur hybride fonctionne à 90% au gaz naturel et

à 10% au diesel. De prime abord, le projet de moteur à deux carburants semble être un inconvénient. «A chaque dixième plein, l'automobiliste doit prendre du diesel en plus du gaz naturel. L'avantage: le gaz naturel est meilleur marché que le diesel. Grâce au moteur à haute efficacité, il faut globalement moins de carburant et le moteur au gaz naturel émet 25% de CO₂ en moins lors de la combustion», résume Lino Guzzella. «Au début des travaux, nous pensions pouvoir réduire les émissions à 50 grammes de CO₂ par kilomètre. Nous y sommes presque parvenus», se réjouit Tobias Ott. Des émissions de 56 grammes de CO₂ représentent la moitié d'un moteur à essence classique de même puissance, bien en deçà de la limite de 95 grammes que vise la Suisse d'ici à 2020 dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050. Un pas de géant: en 2012, la valeur moyenne des voitures de tourisme admises à la circulation dans notre pays était de 151 g de CO₂/km.

Suisses trop modestes

La mise en œuvre rapide est un autre avantage important. «Nous n'avons pas modifié le cœur du moteur, seulement sa périphérie. Les constructeurs peuvent utiliser leurs chaînes de fabrication existantes pour la plus grande partie du moteur. Les modifications techniques et

les frais supplémentaires sont donc minimes», explique Christopher Onder. Il est convaincu que le moteur hybride sera bientôt fabriqué en série. L'équipe est en contact avec un partenaire industriel qui pourrait faire avancer le développement d'un prototype.

«Pour moi, l'hybride au gaz naturel et au diesel représente l'aboutissement de ma carrière d'ingénieur. C'est le dernier grand projet auquel j'ai collaboré de A à Z. Je suis très heureux de décrocher une nouvelle fois le Watt d'Or», déclare Lino Guzzella en souriant. Il entrera en fonction à la présidence de l'EPFZ le 1^{er} janvier 2015. «Il est important que nous donnions à la force d'innovation de la Suisse l'attention qu'elle mérite au travers d'une communication active et consciente de notre valeur. Dans notre spécialité, nous avons par exemple trois à quatre ans d'avance sur les Américains. C'est sûrement le cas pour de nombreux autres domaines.» Lino Guzzella plaide pour plus de confiance en soi: «Parfois, nous autres Suisses sommes tout simplement trop modestes.»



WATT D'OR 2014 Bâtiments et espace

Maison 2050

La Suisse est une grande consommatrice d'électricité, avec une puissance moyenne de 6000 watts environ par personne, soit plus de 52 000 kilowattheures par an. Près de la moitié est imputable à la consommation d'énergie liée à la construction et à l'exploitation des bâtiments. Au Kirchrainweg, dans le centre de Kriens (LU), les maîtres d'ouvrage Marie-Theres et Markus Portmann démontrent, avec le bureau d'architectes aardeplan SA et une équipe de planificateurs, que l'on peut faire autrement. Leur construction de cinq étages, d'un grand intérêt architectural, est le premier immeuble Minergie A ECO de Suisse centrale. Elle satisfait aux valeurs cibles de la voie 2040 vers l'efficacité énergétique, publiée par la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA), et, ainsi, aux exigences de la construction à 2000 watts. En prenant en compte et en appliquant les principes du développement durable, de l'esthétique, de la rentabilité et du confort tout en utilisant les technologies intelligentes, il a été possible de bâtir un immeuble dont la production d'énergie est supérieure à la consommation sur l'année. Dans la catégorie «Bâtiments et espace», le Watt d'Or 2014 revient aux Portmann et à aardeplan SA pour la maison 2050, une construction d'avenir.

En 1996, les Portmann ont pu faire l'acquisition, à Kriens (Kirchrainweg), d'une parcelle de terrain où se dressait une ferme délabrée. «Il n'y a presque plus de vieilles maisons au centre-ville. Il nous importait de procéder non seulement à la rénovation énergétique de la ferme, mais aussi de conserver sa valeur historique», explique Markus Portmann, propriétaire du bureau de conseils e4plus AG, vice-président d'ae suisse et de Swissolar. Vu ces qualifications, il n'est pas étonnant qu'après assainissement, la vieille ferme dépasse même les exigences énergétiques posées aux nouvelles constructions. Quand les Portmann ont appris, en 2010, qu'un nouveau bâtiment allait voir le jour sur la

parcelle voisine, la question s'est posée s'ils souhaitent préserver un espace vert sur la partie non construite de leur parcelle ou réaliser aussi un projet de construction. Ils ont opté pour la seconde solution. Comme un tel projet est toujours une intervention majeure sur la nature, ils ont fixé d'emblée des objectifs ambitieux: besoins énergétiques modérés pour l'exploitation, pas de polluant de l'habitat ou de matériau problématique, peu d'énergie grise pour la construction et la possibilité, pour les habitants, de se débrouiller en grande partie sans voiture. Par ailleurs, le recours à des matériaux locaux devait permettre de garder la création de valeur dans la région dans la mesure du possible.

Pour répondre au standard Minergie A, il fallait relever un défi architectural: la parcelle est située sur un versant nord avec des transformations alentour. Les Portmann se sont assurés le soutien de Manfred Huber, propriétaire du bureau d'architectes aardeplan ag à Baar. C'était en mai 2010, les travaux ont débuté en avril 2012, après un important travail en amont. Grâce à l'engagement de l'équipe de planificateurs et à la motivation de nombreuses entreprises, les premiers occupants ont pu emménager à la mi-avril 2013. Résultat: un bâtiment qualifié de «maison 2050» dans le livre richement illustré qu'a publié l'éditeur Faktor (en allemand, ndlr). A juste titre, car il convainc sur le plan tant énergétique

qu'architectonique et dans les domaines du développement durable.

Système photovoltaïque intégré

«La forme pentagonale découle des limites de la parcelle», dit Manfred Huber en montrant les plans. Un système photovoltaïque de 30 kW intégré est installé sur le toit et fournit chaque année près de 23 000 kWh d'électricité. Malgré la déclivité du terrain, le rez-de-chaussée est de plain-pied et dispose notamment de parcs à vélos. Comme les alentours de l'immeuble sont exempts de trafic, un nombre restreint de places de stationnement et un emplacement Mobility sont aménagés de concert avec la parcelle voisine à la périphérie du terrain.

Les ouvertures du bâtiment, pratiquées à dessein, et les appartements disposés tout autour de la forme pentagonale témoignent d'une utilisation très efficace de la lumière du jour, offrent une vision panoramique extraordinaire et donnent une impression spacieuse au beau milieu d'un quartier urbain. «Une maison cubique n'aurait pas fonctionné sur cette parcelle», constate Manfred Huber. Les escaliers situés au cœur du bâtiment reproduisent sa forme et révèlent une forte présence. L'agencement des appartements est bien pensé et celui des pièces flexible. Chaque appartement dispose ainsi d'un hall d'entrée assez grand pour qu'on puisse amener directement les achats dans la remorque pour vélo depuis l'ascenseur. Il y a aussi une chambre avec salle d'eau séparée des autres pièces par le hall d'entrée, qui pourrait être sous-louée, par exemple. «Les besoins en logement évoluent au fil des ans, le séjour participe de cette tendance sans grands travaux de transformation. La durabilité économique et sociétale se manifeste aussi au travers du plan de l'immeuble.»

Du bois de la région

Le rez-de-chaussée, le loft et les escaliers sont en béton recyclé. Les trois étages supérieurs ont été réalisés en bois. L'ensemble des matériaux sont utilisés de manière différenciée. Les murs en briques silico-calcaires du loft et le béton apparent de qualité industrielle ne sont pas crépis, l'acier de la rampe d'escalier n'est

pas traité. «Tout est ramené à l'essentiel, sinon ce serait hors de prix. D'un point de vue écologique et économique, c'est une aberration de tout crépir et recouvrir», souligne Markus Portmann. Les conduites ne sont pas non plus scellées dans du béton, mais passent dans des plafonds suspendus. Leur entretien et leur remplacement sont ainsi plus aisés et meilleur marché. Plus de 230 m³ de bois (abattu, coupé et produit en grande partie dans un rayon de 30 kilomètres autour de Kriens) ont été utilisés pour la façade et les appartements, en particulier du sapin blanc lucernois. Markus Portmann, actif depuis des années au sein de l'association Proholz Lignum Luzern, aime le sapin blanc, qui joue un rôle majeur dans la biodiversité des forêts lucernoises.

La maison 2050 dispose d'une excellente isolation thermique, de sorte que les besoins en énergie de chauffage sont minimes et couverts par une pompe à chaleur air/eau. Elle fonctionne la journée afin d'utiliser le courant solaire. Comme l'ont montré des analyses de la Haute école de Lucerne – Technique & architecture, une pompe à chaleur air/eau est plus efficace dans ce bâtiment qu'une sonde géothermique, car il faut plus de chaleur pour l'eau chaude que pour le chauffage. Avec des besoins en chauffage aussi modérés, la qualité des appareils électriques et l'éclairage revêtent soudain une importance primordiale. Tous les appareils installés sont les meilleurs du marché et consomment très peu d'énergie. De plus, ils sont intégrés à la gestion de la charge par le biais d'un système intelligent d'automatisation du bâtiment. Dans la mesure du possible, les appareils tel le lave-vaisselle fonctionnent quand l'installation solaire produit du courant. Le réseau intelligent le fait de manière entièrement automatique, si l'utilisateur y consent. A partir des données météorologiques, le système calcule la production de courant photovoltaïque pour les prochaines heures et met en marche ou éteint les appareils en conséquence. Les habitants peuvent suivre cela sur une tablette, qui leur permet aussi d'analyser et d'optimiser leur consommation d'énergie de chauffage et d'eau. «Pour l'instant, le bâtiment constitue encore la

limite d'optimisation du système. Dès qu'il y aura une interface de communication standardisée avec l'entreprise d'approvisionnement en énergie, on pourra intégrer l'optimisation à sa gestion du réseau», prédit Markus Portmann qui, une fois de plus, a le sens de l'anticipation.

INTERNET

www.aardeplan.ch, www.e4plus.ch



Adresses et liens, Watt d'Or 2014

Liste des lauréats dans les différentes catégories

SOCIÉTÉ

«Efficience des ressources dans les nettoyages à sec et les blanchisseries – RessEff»
Association suisse des entreprises d'entretien des textiles (ASET)
Seilerstrasse 22
case postale 5853
3001 Berne
Melanie Saner
Tél. 031 310 20 30
office@textilpflege.ch
www.textilpflege.ch

TECHNOLOGIES ÉNERGÉTIQUES

«VARSPPEED»
Kraftwerke Oberhasli AG
Grimselstrasse 19
3862 Innertkirchen
Christine Häslar
Responsable Affaires publiques
Tél. 033 982 28 28
christine.haesler@kwo.ch
www.grimselstrom.ch

ENERGIES RENOUVELABLES

«glass2energy»
glass2energy
ZI du Vivier 16
1690 Villaz-St-Pierre
Olivier Quillet
Responsable du marketing
Tél. 024 441 99 52
info@g2e.ch
www.g2e.ch

MOBILITÉ ÉCONOME EN ÉNERGIE

«Gaz naturel – diesel – hybride»
EPF Zurich
Institut des systèmes dynamiques et des techniques de régulation
Sonneggstrasse 3
8092 Zurich
Christopher Onder
onder@ethz.ch
www.idsc.ethz.ch

BÂTIMENTS ET ESPACE

«Immeuble d'habitation Kirchrainweg 4a»
aardeplan ag
architectes EPF SIA
Mühlegasse 18e
6430 Baar
Manfred Huber
Tél. 041 511 08 00
Anne Nyffeler
Tél. 079 788 10 20
anne@aardeplan.ch
info@aardeplan.ch
www.aardeplan.ch

e4plus AG
Kirchrainweg 4
6010 Kriens
Markus Portmann
Tél. 041 329 16 50
markus.portmann@e4plus.ch
www.e4plus.ch

WATT D'OR

Office fédéral de l'énergie OFEN
Watt d'Or
Marianne Zünd
Cheffe de la division Affaires de la direction et de la section Communication OFEN
Tél. 031 322 56 75
marianne.zuend@bfe.admin.ch
www.bfe.admin.ch
www.wattdor.ch

energeia.

Impressum

energeia – Bulletin de l'Office fédéral de l'énergie OFEN

Paraît six fois par an en deux éditions séparées française et allemande.

Copyright by Swiss Federal Office of Energy SFOE, Berne.

Tous droits réservés.

Adresse:

Office fédéral de l'énergie OFEN,
3003 Berne
Tél. 031 322 56 11 | Fax 031 323 25 00
contact@bfe.admin.ch

Mise en page:

raschle & kranz, Berne.
www.raschlekrantz.ch

Internet:

www.bfe.admin.ch/energeia



