

Le Laboratoire photovoltaïque de la Haute école spécialisée bernoise, à Berthoud, est sur les traces de l'énergie solaire depuis 20 ans déjà. D'intenses recherches et développements ainsi que la surveillance, sur de longues périodes, d'installations en exploitation, ont permis d'acquérir de nombreuses connaissances pratiques.

Sur les traces du rayonnement solaire

Jürg Wellstein*

Aujourd'hui, le photovoltaïque s'élève de grands espoirs. Comme la consommation d'électricité augmente, cette technologie de conversion directe de l'énergie solaire en courant électrique prend de plus en plus d'importance. C'est aussi l'avis de la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE), qui apprécie autant les performances des chercheurs suisses que les innovations industrielles.

Les activités de longue date de l'équipe de Berthoud s'inscrivent, elles aussi, parmi celles qui sortent de l'ordinaire en matière de recherche et de développement. C'est ici qu'est né le célèbre «modèle de Berthoud». Et c'est cette équipe qui avait compris, il y a 20 ans déjà, qu'il fallait suivre attentivement et contrôler continuellement les modules photovoltaïques et les onduleurs – qui convertissent le courant continu produit en courant alternatif – si l'on voulait que le photovoltaïque se répande à grande échelle. Depuis lors, de nombreuses impulsions ont été données à l'industrie, en rapport avec la construction des onduleurs, la conception des systèmes et la qualité des modules.

De la recherche photovoltaïque au «modèle de Berthoud»

Le professeur Heinrich Häberlin, directeur du Laboratoire photovoltaïque de la HES bernoise, à Berthoud, évoque ses souvenirs: «Nos travaux de recherche dans le domaine du photovoltaïque remontent à 1987. Ils ont été stimulés par la mise en service d'une installation de 3 kW_c raccordée au réseau. L'introduction, à Berthoud, d'une rétribution à prix coûtant de l'électricité solaire, est allée de pair avec le souci de mettre à profit les compétences de notre école en matière de recherche, dans le

but de surveiller et de contrôler les nouvelles installations. De notre côté, nous avons remarqué très tôt que nous devions nous occuper principalement des onduleurs et de la technique des systèmes.» Le laboratoire disposait déjà des appareils de mesure nécessaires et une première installation en îlot avait été mise en service en 1987. Une deuxième, raccordée cette fois au réseau, suivait un an plus tard.

À l'époque, Peter Gfeller était conseiller communal. Suite aux débats sur l'approvisionnement en énergie et vu les expériences positives en matière de rétribution à prix coûtant de l'électricité produite par les nombreux petits aménagements hydroélectriques du cours de la Grande Emme, il avait pris l'initiative et convaincu le législatif de la ville d'introduire une rétribution similaire pour l'électricité d'origine solaire. Le tarif était de un franc par kilowattheure. Les Services industriels de Berthoud (IBB) ont ainsi été obligés d'appliquer cette rétribution. Leur directeur, Theo Blättler, l'a gérée de manière très engagée pendant de nombreuses années. Au début, il a même contribué à créer dans ce but un poste d'assistant à la HES. Le «modèle de Berthoud» est devenu si connu qu'il a finalement été intégré en 2000 à la législation allemande sur l'encouragement des énergies renouvelables (EEG), celle-là même qui a entraîné, dans ce pays, le boom vertigineux du photovoltaïque que l'on sait.



Heinrich Häberlin, directeur du Laboratoire photovoltaïque de la HES bernoise à Berthoud, a créé ici un centre de compétences pour la technique des systèmes électriques.

Sous leur nom actuel de Localnet SA, les Services industriels de Berthoud ont poursuivi leur action; ils proposent aujourd'hui, avec leur bourse de courant écologique SOWIWA, un vaste choix en matière d'approvisionnement durable en électricité d'origine solaire, éolienne ou hydraulique.

Pour Heinrich Häberlin, il est clair qu'un tel modèle de promotion «incite à construire et contribue au bon rendement de l'exploitation et au perfection-

Photovoltaïque: aspects économiques

Recherche, développement et marché du photovoltaïque en Suisse (en millions de CHF):

R & D publique en 2006	≈ 11
dont 15 à 20 % financés par l'OFEN	
R & D privée en 2006	> 30
Marché suisse en 2006	> 40
Exportations en 2006	> 360
Total 2007	≈ 500
Coûts visés pour 2011	module 3 CHF/W _c système 5 CHF/W _c

* Journaliste spécialisé AJS



Le Laboratoire photovoltaïque surveille le fonctionnement de l'installation du Jungfrauoch depuis 1993; les résultats des mesures sont enregistrés en continu depuis cette date. Les modules solaires de cette installation raccordée au réseau sont fixés à la façade de la station de recherche de haute montagne. (Source: PV-Labor)

nement de la technique». Ce dernier aspect a aussi été encouragé résolument par le programme de recherche photovoltaïque de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).

Moins de défaillances et plus de salissures

Le Laboratoire photovoltaïque a pu établir que, depuis la fin des années 80, le rendement de pointe des onduleurs connectés au réseau a augmenté d'environ 8 % et qu'il y a eu une nette diminution du nombre des défaillances par année d'exploitation. En 1997 et 2006, le taux de panne observé, rapporté au nombre d'années d'exploitation de l'onduleur, s'est situé entre 0,07 et 0,21. Depuis 2002, ce taux s'est même encore abaissé, avec des valeurs situées entre 0,07 et 0,14.

Les onduleurs sont la partie la plus délicate des installations raccordées au réseau. Les répercussions de telles défaillances sur le bilan énergétique diffèrent selon le moment où elles se produisent et la taille de l'appareil concerné. Le rendement des appareils actuels est donc nettement meilleur, et ils sont devenus plus fiables.

Mais souvent, un encrassement des modules et une dégradation des cellules due au vieillissement entraînent une

réduction du rendement. En règle générale, le nettoyage peut éliminer en grande partie la perte de production qui apparaît en quelques années. Aux emplacements les plus exposés à l'encrassement (proximité d'une bouche rejetant de l'air chargé de graisse, d'huile ou de poussières de scierie, forte concentration de pollen, etc.), les modules doivent être nettoyés souvent. Il arrive aussi, avec le temps, que des lichens et des mousses se fixent aux cadres des modules et réduisent le rendement. Enfin, des arbres de plus en plus grands au voisinage des modules peuvent avoir une ombre portée fort gênante sur ceux-ci. Même partielle, cette ombre provoque une réduction massive de la production d'énergie.

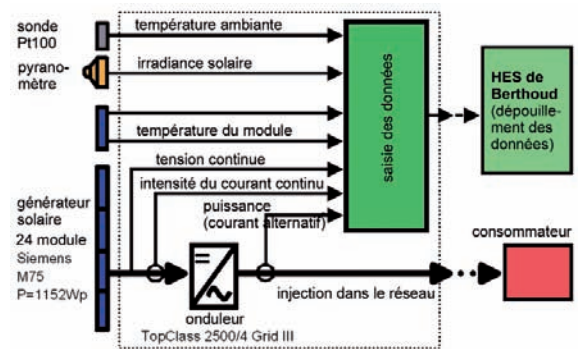
Les expériences sont consignées

Heinrich Häberlin a résumé ces nombreuses observations dans son ouvrage intitulé *Photovoltaik*, paru en 2007. «J'avais déjà écrit un premier volume sur le sujet en 1991. Avec toutes les connaissances acquises depuis lors, il était temps de rédiger une nouvelle édition.»

Y sont abordées en particulier les mesures de protection électrique, contre la foudre et les surtensions, qui ont fait l'objet d'études approfondies à Berthoud. Ce savoir trouve sa place dans la normalisation internationale, une activité qui bénéficie aussi du soutien de l'OFEN. Et pour le faire connaître, des symposiums et des ateliers spécifiques sont organisés. Une manifestation internationale de plusieurs jours a eu lieu au cours de l'automne 2007. Elle a rassemblé au départ les 20 membres du Comité technique 82 de la CEI, en charge des normes du photovoltaïque. Ensuite, 44 participants se sont préoccupés des dangers présentés par les arcs électriques dans la partie «courant continu» des installations photovoltaïques.

Mesurage d'installations à toutes les altitudes

Le Laboratoire photovoltaïque de Berthoud travaille aussi en milieu alpin. Les données en provenance des installations PV de Birg, en dessous du Schilthorn près de Mürren (à 2670 m d'altitude), et du Jungfrauoch (à 3454 m) sont analysées



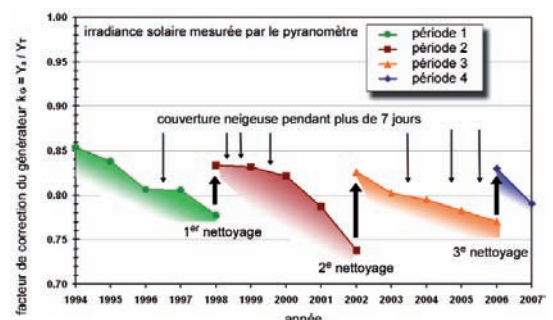
Principe du mesurage d'une installation photovoltaïque, avec enregistrement des données de performance, de température et de rayonnement solaire. Ce principe est appliqué à l'installation du Jungfrauoch. (Source: PV-Labor)

depuis 1992 et 1993, respectivement. En montagne, l'emplacement des modules est choisi de manière quelque peu différente, car on doit tenir compte du rayonnement solaire réfléchi par la neige, tout en évitant que celle-ci ne recouvre les modules. La plus grande production d'énergie en hiver est obtenue en plaçant les modules verticalement. Vu les bons résultats de la production des installations PV du Jungfrauoch, les FMB y ont érigé en 2007 une installation dix fois plus grande, dont elles sont propriétaires; celle-ci a été inaugurée le 11 janvier 2008.

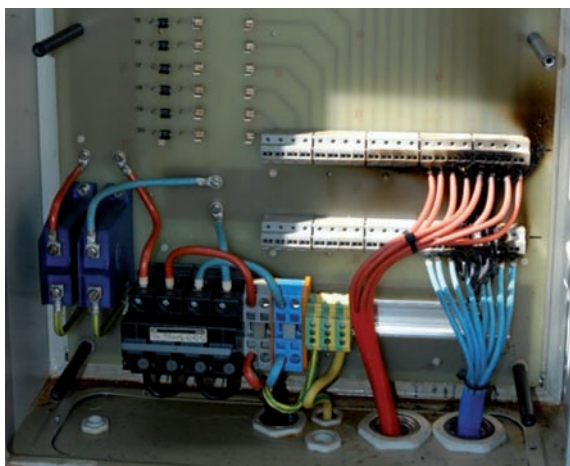
Mesures en laboratoire avec des simulateurs très performants

Depuis l'an 2000, le Laboratoire photovoltaïque de Berthoud utilise des simulateurs de générateur solaire, commandés par ordinateur; leur puissance est de 20 et 25 kW. Ceci permet d'effectuer des essais rationnellement et indépendamment du temps qu'il fait.

Pour pouvoir rester à la pointe des analyses d'onduleurs en Europe et pour être préparé à de futurs travaux de maîtrise, le laboratoire installe actuellement un



Selon l'endroit où ils sont installés, les modules peuvent s'encrasser plus ou moins vite. En les nettoyant périodiquement, on peut rétablir la production d'électricité à son niveau initial. Exemple: l'installation PV «Tiergarten West» de la HES de Berthoud. (Source: PV-Labor)



La partie «courant continu» de l'installation présente des dangers de nature électrique, de même que la boîte de raccordement, qui peut prendre feu. (Source: PV-Labor)

appareillage de 100 kW. Par la surveillance d'installations en exploitation de différentes tailles et l'acquisition d'infrastructures électrotechniques de laboratoire, c'est un centre de compétences en matière de technique des systèmes photovoltaïques qui est né à Berthoud.

Publication récente du professeur Heinrich Häberlin (en allemand): Photovoltaik, 1^{ère} édition 2007, 640 p., ISBN 978-3-905214-53-6, éditions AZ Verlag

Programme de recherche «Photovoltaïque» de l'OFEN: Stefan Nowak, chef du programme, stefan.nowak@netenergy.ch www.solarch.ch

Heinrich Häberlin poursuit: «Nous connaissons fort bien la technique des 20 dernières années, mais aujourd'hui nous devons faire confiance à l'industrie pour ce qui concerne la fiabilité à long terme des matériaux constitutifs des modules. Certains problèmes liés au long terme ne peuvent pas être décelés lors des essais relativement brefs en laboratoire, car ils se manifestent seulement après de nombreuses années d'exploitation effective.»

L'irradiation solaire augmente

Ce qui a nettement changé à Berthoud, ce sont les valeurs annuelles moyennes du rayonnement solaire incident. Une augmentation continue a été constatée

depuis 1992, d'environ 1250 à 1400 kWh/m² par année. Il est possible que le changement climatique ne se manifeste pas seulement par une température moyenne plus élevée; l'énergie solaire reçue croît aussi, que ce soit dans un plan horizontal ou dans un plan parallèle aux modules. La tendance est évidente. Davantage d'énergie solaire incidente, un rendement supérieur des composants et une meilleure technique des systèmes, voilà des faits qui parlent en faveur du photovoltaïque, tandis que les recherches en cours préparent le terrain pour l'utilisation future de cette technologie.

Heinrich Häberlin conclut: «Un marché intérieur en expansion, notamment grâce à la future rétribution à prix coûtant de l'injection d'électricité dans le réseau, c'est utile. Mais la Suisse doit se débarrasser absolument de la politique du «stop and go» en matière de recherche et développement. Malheureusement, plusieurs «plafonds» très bas ont été introduits dans la nouvelle loi sur l'approvisionnement en électricité; ils ne permettront pas – pour le moment – de développer à grande échelle le marché intérieur des installations photovoltaïques en Suisse.»

Prof. Heinrich Häberlin
HES bernoise, Technique et informatique
Département d'électrotechnique et des télécommunications
Laboratoire photovoltaïque
3400 Berthoud
heinrich.haerberlin@bfh.ch
www.pvtest.ch ●

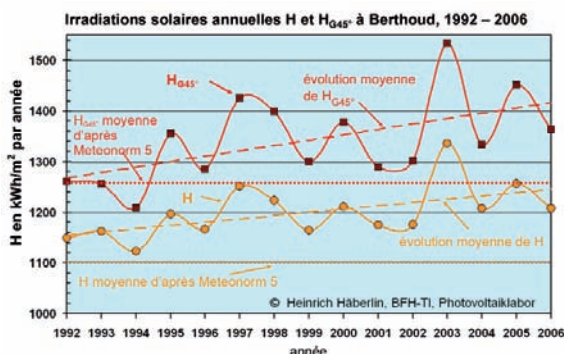


Fig. 6. Une augmentation continue des valeurs moyennes de l'irradiation solaire est constatée à Berthoud depuis 1992. Manifestement, le changement climatique n'a pas seulement fait augmenter la température moyenne de l'air; l'énergie solaire incidente évolue dans le même sens.

(Source: PV-Labor)

NI PAC

Pour une automatisation et un contrôle optimisés



Mesurez, analysez, connectez et pilotez à l'aide des contrôleurs d'automatismes programmables (PAC) de NI

- Logiciel graphique, puissant et ouvert
- Processeurs temps réel pour des analyses et un contrôle avancés
- Plates-formes durcies avec certifications industrielles
- Mesures haute vitesse et haute précision
- Intégration aisée avec les systèmes de vision, de commande d'axes et d'automates existants

>> Visionnez la vidéo d'introduction au PAC sur ni.com/pac/f

056 2005151



National Instruments Switzerland Corporation
Austin, Zweigniederlassung Ennetbaden
Sonnenbergstr. 53 • CH-5408 Ennetbaden
Tel.: +41 56 2005151 • Fax: +41 56 2005155
ni.switzerland@ni.com • ni.com/switzerland

©2008 National Instruments Corporation. Tous droits réservés. LabVIEW, National Instruments, NI, et ni.com sont des marques de National Instruments. Les autres noms de produits et de sociétés mentionnés sont les marques ou les noms de leurs propriétaires respectifs. Pour plus d'informations concernant les marques de National Instruments, veuillez vous référer à la partie Terms of Use sur le site ni.com/legal. 2008-9400-821-112-1