Toit solaire

Isolation et tuiles photovoltaïques : le duo gagnant

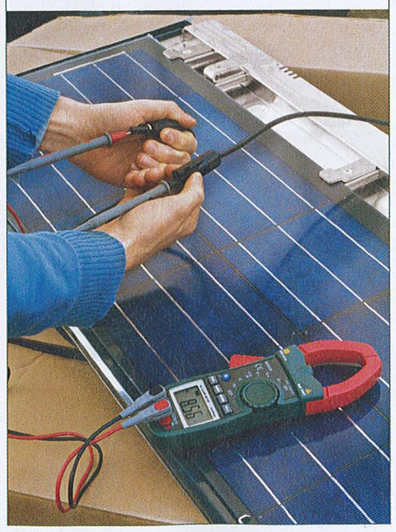
LES TUILES PHOTOVOLTAÏQUES S'INTÈGRENT EN LIEU ET PLACE DES AUTRES TUILES TRADITIONNELLES, SANS SURÉPAISSEUR NI MODIFICATION DE TOITURE. LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ EN PLUS !

CÉDRIC ROGNON PHOTOS **ANTONIO DUARTE** COUVERTURE **ECOTOIT** BUREAU D'ÉTUDES THERMIQUES **SENOVA**

Une toiture refaite à neuf, isolée selon le standard basse consommation d'énergie, et dont les tuiles produisent de l'électricité : c'est l'option retenue par les propriétaires de cette maison de la petite couronne parisienne, suite à la réalisation d'un bilan énergétique de leur habitation.
L'état des lieux dressé, la société Senova avait identifié plusieurs axes d'amélioration énergétique, avec en priorité l'isolation de la toiture par l'extérieur et l'éventuelle mise en place de modules photovoltaïques. Certaines opérations étant complémentaires (échafaudage, préparation de la toiture…), décision fut prise de coupler ces travaux.

TESTER LES TUILES PHOTOVOLTAÏQUES

Avant la pose, chaque tuile photovoltaïque est vérifiée. On contrôle aussi le bon fonctionnement électrique des tuiles en branchant un multimètre aux connecteurs des sorties + et -. Une tension (courant continu) doit être mesurée.
Si une tuile venait à présenter un défaut électrique, ce serait toute la chaîne qui cesserait de produire.

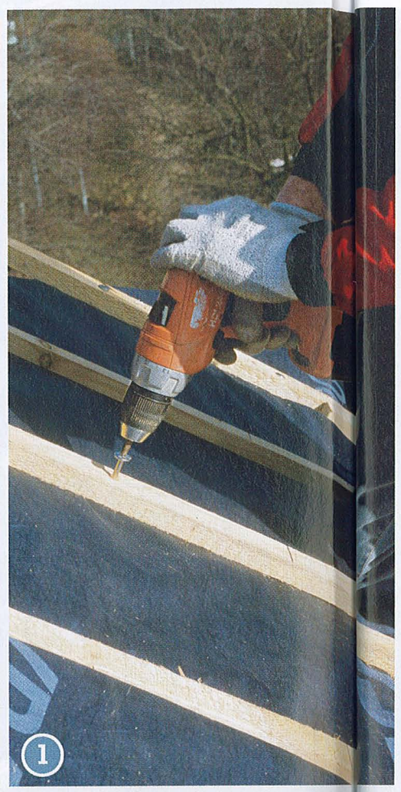


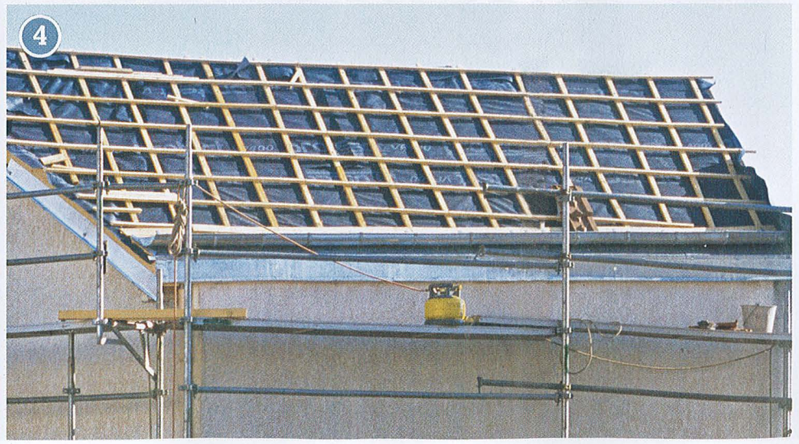
Préparer la toiture

1 Des contre-lattes (ép. 27 mm, larg. 38 mm) sont vissées au-dessus de l'écran de sous-toiture au nu des chevrons existants. Les vis (ø 8 mm) traversent les panneaux de fibres de bois et pénètrent d'au moins 6 cm dans les chevrons. Une vis tous les 50 cm environ.

2 Les contre-lattes permettent de fixer les liteaux. Le pureau (partie visible) doit être compatible avec le pureau de la tuile photovoltaïque, c'est-à-dire compris entre 350 et 375 mm. Le pureau (ici de 350 mm) est tracé à la règle par le couvreur.

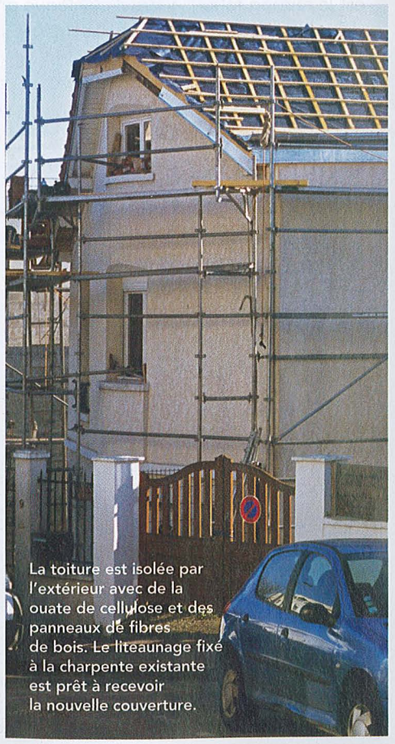
3 et 4 Les liteaux (27 x 27 mm) sont cloués aux contre-lattes. Le tenon d'accrochage des tuiles viendra par la suite reposer sur ces liteaux.





LE SARKING
UNE ISOLATION GAIN DE PLACE

L'isolation par l'extérieur (également appelée sarking) a été proposée pour conserver le volume des combles récemment rénovés, et supprimer les ponts thermiques. La nouvelle toiture affiche une résistance thermique R = 8,39 m².K/W, au-delà des exigences du référentiel BBC (bâtiment basse consommation d'énergie).
Dégradé par endroits, l'ancien isolant (5 cm de laine de verre entre les chevrons) a été retiré. Il a été remplacé par de la ouate de cellulose (« Univercell » de Soprema). Cet isolant naturel a été insufflé sur une épaisseur de 20 cm entre les chevrons, dans un caisson formé par une plaque de plâtre (BA 13) fixée sur une ossature métallique à l'aide de suspentes en sous-face, et fermé au-dessus par des voliges de 14 mm d'épaisseur clouées sur les chevrons.
L'isolation extérieure est complétée par 12 cm de fibres de bois (« HDP-Q11 » de Homatherm), posées en deux couches de 60 mm d'épaisseur à joints décalés sur le voligeage. Ces panneaux de fibre de bois (1,25 x 0,60 m) prennent appui en partie basse sur une pièce de bois vissée sur les chevrons.
Un écran de sous-toiture, HPV, perméable à la vapeur (« Protect VP 400 » de Richmond) est déroulé sur l'isolant. Un contre-lattage vissé dans les chevrons puis la pose de liteaux permettent de recevoir la nouvelle couverture.



La toiture est isolée par l'extérieur avec de la ouate de cellulose et des panneaux de fibres de bois. Le liteaunage fixé à la charpente existante est prêt à recevoir la nouvelle couverture.

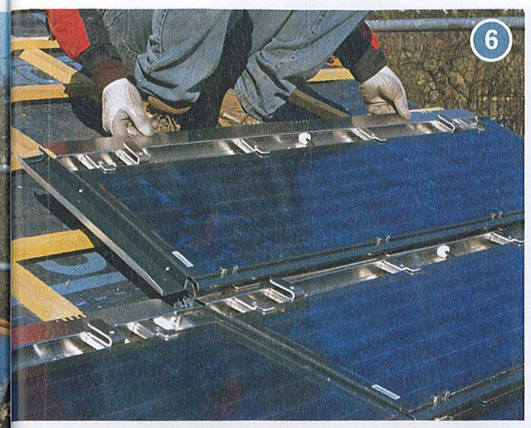
L'investissement global est ainsi réduit par rapport aux deux opérations prises séparément. Il s'est ici élevé à 42000 euros TTC : 20000 euros pour l'isolation et la couverture, 22000 euros pour l'installation des tuiles photovoltaïques.

Des propriétaires déterminés

L'isolation par l'extérieur (sarking) et la pose des tuiles photovoltaïques ont été réalisées par la même entreprise (Ecotoit). La pose des modules photovoltaïques a nécessité deux journées de travail.
Les propriétaires ont fait le choix, par parti pris esthétique, de tuiles photovoltaïques au lieu des habituels panneaux. Plus de surtoiture : chaque tuile s'intègre comme une tuile classique, sans surépaisseur.
Bien documentés, ils ont par ailleurs opté pour des tuiles de fabrication française, et fait appel au fournisseur Imerys Toiture, dont les capteurs photovoltaïques (ici des cellules polycristallines au rendement proche de 13 % - le rendement est le rapport entre l'énergie électrique produite et l'énergie solaire captée) sont fournis par le français Photowatt.
Les tuiles photovoltaïques commercialisées par Imerys Toiture sont adaptées à la quasi-totalité des tuiles présentes sur le marché. La gamme comprend quatre châssis différents. Le modèle FAG, ici installé, est conçu pour les toitures en tuiles à emboîtement faiblement galbées

UNE AFFAIRE DE COULEUR ET DE RENDEMENT

Les modules photovoltaïques (sous forme de tuiles ou panneaux) sont composés d'un ensemble de cellules en silicium mono ou polycristallin.
Le silicium polycristallin est le plus répandu. On le retrouve dans les tuiles photovoltaïques d'Imerys Toiture (ainsi que chez les autres fournisseurs de tuiles photovoltaïques : Koramic, Eternit...).
Son rendement varie de 12 à 15 % selon les produits. Le silicium polycristallin est reconnaissable à sa couleur bleu irisé.
Au contraire, le silicium monocristallin tend vers le noir. Il affiche un rendement, et un prix, légèrement plus élevé (14 à 18 %).



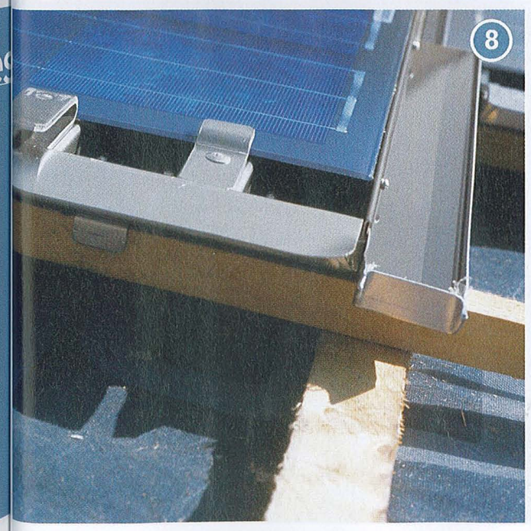
Poser les tuiles photovoltaïques

5 Les tuiles photovoltaïques sont posées sur le versant ensoleillé de la toiture, laquelle est orientée sud-est (avec une pente de 17°). La pose des tuiles se fait du bas vers le haut, une rangée après l'autre. Le premier rang de tuiles est retenu par des pattes métalliques fixées sur la charpente.

6 Les tuiles photovoltaïques s'emboîtent les unes dans les autres avec un recouvrement de 12,5 cm. La tuile est insérée sous les pattes de liaison interpanneau de la tuile photovoltaïque du dessous.

7 La tuile photovoltaïque est vissée sur le liteau au niveau d'empreintes prévues à cet effet (deux empreintes en partie haute).

8 Le couvreur doit aussi s'assurer que le liteau et la butée sont bien en contact. Par la suite, une nouvelle rangée de tuiles photovoltaïques viendra se glisser dans le rang inférieur à l'aide des crochets.



Raccorder les câbles

9 Le champ photovoltaïque est relié à la terre par un câble en 16 mm². Les tuiles sont reliées entre elles, sans création de boucle, par un câble de 6 mm². Les câbles de terre sont branchés sur les pattes prévues à cet effet sur les cadres supports, pendant le montage.

10 Les connexions sont réalisées au fur et à mesure du montage, avant la fixation de la tuile photovoltaïque sur la toiture. Les tuiles sont reliées entre elles par des câbles solaires : chaque pôle + est connecté au pôle -.

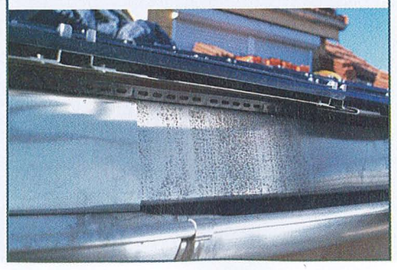
(la gamme est complétée par les modèles FOG 10 et 13, tuile à emboîtement fortement galbée ou canal ; et PM tuile plate ou petit moule). La puissance installée s'élève à 3 kWc (le watt crête ou Wc représente la puissance maximale d'une installation photovoltaïque pour un ensoleillement standard de 1 000 W/m² à 25 °C). Il s'agit de la puissance maximale pour bénéficier du crédit d'impôt de 25 % (celui-ci d'ailleurs n'est pas utilisé par les propriétaires qui ont juste prévu de déposer un dossier auprès de la région Ile-de-France laquelle alloue, sur présentation d'une facture, 800 euros d'aide pour le solaire photovoltaïque).

La part du photovoltaïque

Les tuiles photovoltaïques de 60 Wc chacune (« PV FAG » de Imerys Toiture) sont implantées en deux champs orientés sud-est avec une inclinaison de 17° : 40 tuiles sont posées en partie basse de la toiture, 10 en partie haute, au-dessus d'une lucarne rampante. Ces 50 tuiles photovoltaïques couvrent une surface de 25 m². Elles sont combinées à des tuiles à emboîtement modèle « Losangee » du même fabricant pour former la toiture.

PRÉVOIR UNE VENTILATION BASSE

Le châssis de la tuile photovoltaïque est conçu pour préserver une lame d'air sous les cellules photovoltaïques. Toute surchauffe et perte de rendement du module sont ainsi évitées.
Fixée sur le premier liteau du bas de la pente, une ventilation basse (Dimos) est par ailleurs mise en place pour assurer une meilleure ventilation de la couverture.



Poser les tuiles en terre cuite

11 Les tuiles photovoltaïques et les tuiles mécaniques (« Losangee » d'Imerys Toiture) s'emboîtent parfaitement les unes dans les autres. Imerys Toiture propose quatre modèles de tuiles photovoltaïques selon la tuile en terre cuite utilisée.

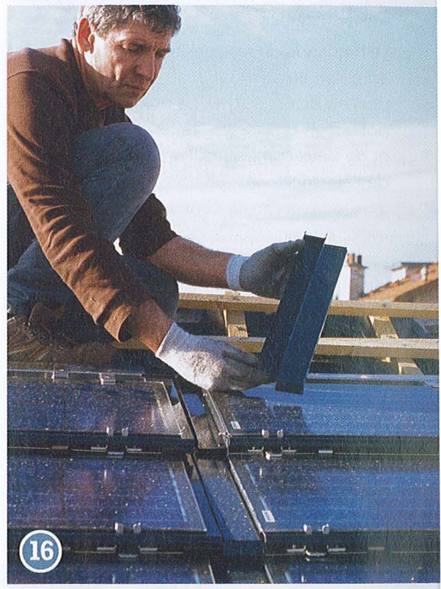
12 Le champ photovoltaïque ne doit arriver ni jusqu'aux rives, ni jusqu'au faîtage. Une tuile de couverture doit être intercalée entre le champ photovoltaïque et les tuiles de rive ; entre celui-ci et les sous-faîtières.

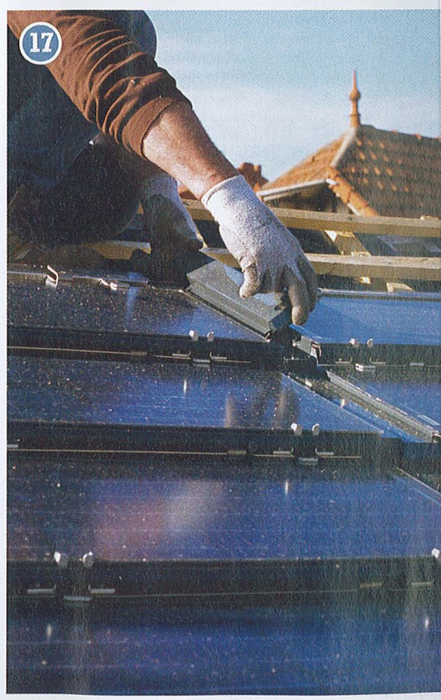
13 Les tuiles de rive sont scellées avec un mortier bâtard (« Multibat » de Lafarge) et vissées dans la charpente avec des vis en cuivre.

14 et 15 Après avoir raccordé les tuiles photovoltaïques entre elles, les tuiles en terre cuite viennent compléter la couverture. Les crochets des tuiles photovoltaïques du dernier rang sont dévissés pour que les tuiles en terre cuite reposent sur les cadres supports.

Insérer des tuiles en terre cuite

16 et 17 Les dix tuiles photovoltaïques intégrées au-dessus de la lucarne sont montées avec un rang intermédiaire de tuiles de couverture.





Les tuiles photovoltaïques sont reliées en deux circuits à un onduleur d'une puissance d'entrée nominale de 3,3 kW (« SB 3000TL-20 » de SMA), placé dans la maison. Celui-ci permet de convertir le courant continu produit par les capteurs en courant alternatif identique à celui distribué par le réseau électrique.

Une production rentable et propre

La demande de raccordement au réseau a été adressée au gestionnaire du réseau de transport en octobre 2010. Le branchement, composé d'un disjoncteur différentiel de 500 mA et de deux compteurs (l'un pour le comptage de l'électricité produite, l'autre pour le comptage de l'électricité consommée) a eu lieu en avril 2011, ainsi que le raccordement.
La totalité de l'électricité photovoltaïque sera vendue à EDF au tarif d'achat prévu pour les installations intégrées (58 centimes d'euros par kWh - ce tarif a depuis été revu à la baisse et s'élève pour les nouvelles installations à 46 centimes d'euros/kWh), garanti pour une durée de 20 ans. L'installation devrait produire 2752 kWh par an et éviter le rejet de 243 kg de CO_2 dans l'atmosphère. Elle assurera ainsi aux propriétaires un revenu annuel de près de1 600 euros.

Mettre en place l'onduleur

⑱ Fixé au mur dans la maison, l'onduleur (*en photo* : pas encore totalement raccordé) est une pièce maîtresse : en plus de convertir en courant alternatif le courant continu produit par les modules photovoltaïques, il optimise et sécurise le fonctionnement de l'installation. L'onduleur autorise une différence de pente maximale entre les deux champs photovoltaïques de 3° (ici inférieure de 1° entre la pente basse de la toiture et le dessus de la lucarne).

Le plan d'implantation des tuiles photovoltaïques a été délivré par le bureau d'études d'Imerys Toiture, suite aux éléments (pente, orientation et métré) fournis par le couvreur.
Les tuiles photovoltaïques sont implantées sans bavette, en deux champs : 40 tuiles en partie basse de la toiture à deux pentes, 10 au-dessus de la lucarne.