

Séance de 1 heure | Situation et cours

Énergies renouvelables : la production d'un panneau solaire

Seconde TNE | Domaines « Électricité » et « Thermique »

Prénom et nom : Classe :

Énoncé — Contexte professionnel : pose de panneaux photovoltaïques sur une maison

Un installateur de panneaux solaires intervient sur le toit d'une maison individuelle pour réduire la facture d'électricité du foyer, qui consomme 5 500 kWh par an. Le toit exposé plein sud offre un pan utilisable rectangulaire de 6,0 m de long sur 4,0 m dans le sens de la pente. L'installateur propose des panneaux photovoltaïques de 400 Wc, qui mesurent chacun 1,72 m sur 1,13 m.

Les propriétaires posent plusieurs questions : « Combien de panneaux peut-on installer ? Quelle quantité d'électricité produira l'installation chaque année ? Quelle part de nos besoins sera couverte ? Et combien allons-nous économiser sur la facture ? »

Définition — Irradiance

L'**irradiance** est la puissance solaire reçue par mètre carré de surface. En plein soleil, on reçoit environ 1000 W/m² (soit 1 kW/m²). Sur une année, l'ensoleillement reçu est plus faible dans le Nord que dans le Sud.

Définition — Puissance crête P_c d'un panneau

La **puissance crête** est la puissance maximale qu'un panneau peut produire dans des conditions de référence (1000 W/m², 25 °C). Elle s'exprime en **watts-crête (Wc)** : 1 kWc = 1000 Wc.

Un panneau résidentiel courant fait $P_c = 400$ Wc et mesure environ 1,72 m sur 1,13 m, soit environ 1,94 m².

Définition — Rendement d'un panneau η (êta)

Le **rendement** est la part de la puissance solaire reçue qui est convertie en puissance électrique :

$$\eta = \frac{P_{\text{élec}}}{P_{\text{solaire reçue}}}$$

- η n'a pas d'unité (c'est un rapport, souvent exprimé en %).
- Pour un panneau photovoltaïque récent, η vaut environ 20 à 22 %.
- La puissance solaire reçue se calcule par $P_{\text{solaire reçue}} = \text{irradiance} \times \text{surface}$.

Propriété — Énergie produite sur une année

En pratique, on n'utilise pas le rendement instantané pour estimer la production annuelle : on multiplie la puissance crête par le **productible** de la région.

- E : énergie produite en kWh/an
- P_c : puissance crête de l'installation en kWc
- $E \approx P_c \times \text{productible}$
- productible : énergie annuelle par kWc installé. Pour des panneaux plein sud bien inclinés, il est de l'ordre de 1 050 à 1 150 kWh/kWc dans la moitié nord de la France (environ 1 100 en Île-de-France) et atteint 1 600 kWh/kWc sur la côte méditerranéenne.

Définition — Taux de couverture

Le **taux de couverture énergétique annuel** est le rapport entre la production annuelle et la consommation annuelle du foyer : $\text{taux} = \frac{E_{\text{produite}}}{E_{\text{consommée}}} \times 100$.

Erreur fréquente — Produire n'est pas économiser autant

Sur une année, produire autant que l'on consomme ne veut pas dire que la production et les besoins coïncident à chaque heure : sans stockage, une partie est injectée sur le réseau. L'hypothèse « toute la production remplace un achat au tarif indiqué » donne donc un **maximum théorique**.

Exercices | Socle

Puissance, rendement et production

Écris tes calculs et l'unité de chaque résultat.

Exemple — Installation de la maison de la mise en situation

Étape 1 — Nombre de panneaux. Le pan de toit mesure 6,0 m de long sur 4,0 m dans la pente ; un panneau mesure 1,72 m sur 1,13 m. On pose les panneaux en hauteur, 1,72 m dans la pente :

- dans la pente : $4,0 \div 1,72 \approx 2,3 \rightarrow 2$ rangées ;
- dans la longueur : $6,0 \div 1,13 \approx 5,3 \rightarrow 5$ panneaux par rangée ;
- au total : $2 \times 5 = 10$ panneaux.

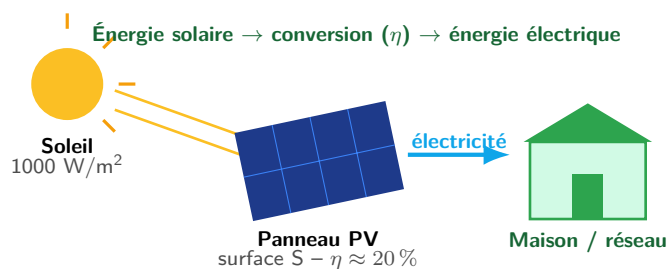
Diviser la surface du toit (24 m^2) par celle d'un panneau ($1,94 \text{ m}^2$) donnerait 12 : ces 12 panneaux ne tiennent pas sur le toit, car un panneau ne se coupe pas.

Étape 2 — Puissance crête installée. $P_c = 10 \times 400 = 4000 \text{ Wc} = 4 \text{ kWc}$.

Étape 3 — Énergie produite par an (productible $\approx 1100 \text{ kWh/kWc}$ en Île-de-France) : $E = 4 \times 1100 = 4400 \text{ kWh/an}$.

Étape 4 — Taux de couverture. Le foyer consomme 5500 kWh/an : taux = $\frac{4400}{5500} \times 100 = 80 \%$.

Étape 5 — Économie annuelle maximale du scénario (toute la production est autoconsommée et valorisée à $0,20 \text{ €/kWh}$) : économie = $4400 \times 0,20 = 880 \text{ €/an}$.



Chaîne de conversion vue de côté, schéma sans échelle : le Soleil envoie environ 1000 W/m^2 sur le panneau photovoltaïque de surface S ; le panneau en convertit environ 20 % (rendement η) en électricité, envoyée vers la maison ou le réseau.

Exercice 1 – Puissance reçue par un panneau

Exemple — Sur d'autres valeurs

Un panneau de $1,6 \text{ m}^2$ en plein soleil reçoit $1\,000 \times 1,6 = 1\,600 \text{ W}$. Avec un rendement de 0,20, il produit $0,20 \times 1\,600 = 320 \text{ W}$ d'électricité.

À toi de jouer.

En plein soleil, l'irradiance vaut 1000 W/m^2 . Un panneau a une surface de 2 m^2 .

1. Calculer la puissance solaire reçue par le panneau.
2. Le rendement du panneau est $\eta = 0,21$ (soit 21 %). Calculer la puissance électrique produite.

Exercice 2 – Calculer un rendement**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Un panneau reçoit 1 500 W et produit 330 W : $\eta = 330 \div 1\,500 = 0,22$, soit 22 %.

À toi de jouer.

Un panneau reçoit une puissance solaire de **1900 W** et produit **380 W** d'électricité.

1. Écrire la formule du rendement.
2. Calculer le rendement η de ce panneau.
3. Exprimer le résultat en pourcentage.

Exercices | Standard**Exercice 3 – Énergie annuelle d'une installation****Exemple — Sur d'autres valeurs**

8 panneaux de 400 Wc : $8 \times 400 = 3\,200$ Wc = 3,2 kWc. Avec un productible de 1 100 kWh/kWc : $3,2 \times 1\,100 = 3\,520$ kWh/an.

À toi de jouer.

Un installateur de panneaux solaires pose **12 panneaux de 400 Wc** sur une maison. Le productible local est de **1150 kWh/kWc**.

1. Calculer la puissance crête totale P_c (en kWc).
2. Calculer l'énergie produite sur une année avec $E \approx P_c \times \text{productible}$.
3. La même installation est posée à Marseille, où le productible est d'environ 1600 kWh/kWc. Quelle énergie supplémentaire produit-elle ?

Exercice 4 – Taux de couverture des besoins**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Une famille consomme 4 000 kWh/an et ses panneaux produisent 2 800 kWh/an : $2\,800 \div 4\,000 \times 100 = 70$ %. Il lui reste $4\,000 - 2\,800 = 1\,200$ kWh à acheter.

À toi de jouer.

Une famille consomme **6000 kWh/an** d'électricité. Un installateur de panneaux solaires pose une centrale photovoltaïque qui produit **4500 kWh/an**. On suppose que toute cette production est consommée dans le logement au moment où elle est produite (aucune injection ni perte).

1. Calculer le taux de couverture des besoins (en %).
2. Quelle énergie la famille doit-elle encore acheter au réseau ?

3. Pour atteindre un taux de couverture annuel de 100 %, quelle production faudrait-il ? De combien faut-il augmenter la production (en %) ?

Exercice 5 – Économie annuelle sur la facture

Exemple — Sur d'autres valeurs

3 000 kWh produits, à 0,20 €/kWh : $3\,000 \times 0,20 = 600$ €. Si le prix passait à 0,22 €/kWh : $3\,000 \times 0,22 = 660$ €, soit $(660 - 600) \div 600 \times 100 = 10$ % de plus.

À toi de jouer.

Une installation produit **5200 kWh/an**. Le prix de l'électricité est de **0,20 €/kWh**. On suppose ici que toute l'énergie produite remplace de l'électricité qui aurait été achetée.

1. Calculer l'économie annuelle réalisée (en €).
2. Si le prix de l'électricité passait à 0,25 €/kWh, quelle serait l'économie ? De combien augmenterait-elle (en %) ?

Exercice | Approfondissement

Exercice 6 – Dimensionner pour couvrir une part des besoins

Exemple — Sur d'autres valeurs

Pour produire 2 400 kWh/an avec un productible de 1 100 kWh/kWc : $2\,400 \div 1\,100 \approx 2,18$ kWc, soit environ 2 180 Wc. Avec des panneaux de 400 Wc : $2\,180 \div 400 \approx 5,45$, on pose 6 panneaux.

À toi de jouer.

Une famille consomme **5000 kWh/an** et souhaite couvrir 70 % de ses besoins par le solaire. On suppose que toute la production est consommée dans le logement. Le productible local est de **1100 kWh/kWc** ; les panneaux font **400 Wc** chacun.

1. Calculer l'énergie que doit produire l'installation (en kWh/an).
2. En déduire la puissance crête nécessaire P_c (en kWc), avec $P_c = \frac{E}{\text{productible}}$.
3. Calculer le nombre de panneaux à installer (arrondi à l'entier supérieur).

Mon bilan avec l'enseignant : ☐ Calculer un rendement ☐ Estimer une production ☐ Calculer un taux.