

Cahier de co-intervention

Mathématiques — Physique-chimie

& Enseignement professionnel

Seconde Bac Pro — famille des métiers de l'énergie (TNE)

Version élève — à compléter

12 chapitres : isolation, déperditions, eau chaude, ventilation,
électricité, pompe à chaleur, photovoltaïque, régulation, DPE, bilan carbone...

Chaque chapitre : situation professionnelle → cours à compléter → exercices différenciés (Socle / Standard /
Approfondissement) → bilan.

Sommaire

Chapitre 1 — Isoler un logement	3
Chapitre 2 — Les déperditions d'un logement	9
Chapitre 3 — Chauffer l'eau chaude sanitaire	14
Chapitre 4 — Ventiler : débits et VMC	20
Chapitre 5 — Puissance et énergie électrique	25
Chapitre 6 — La caractéristique d'un dipôle ($U = f(I)$)	30
Chapitre 7 — La pompe à chaleur et le COP	34
Chapitre 8 — Produire son électricité : le photovoltaïque	39
Chapitre 9 — Le capteur de température (Pt100)	44
Chapitre 10 — Réguler un chauffage : tout-ou-rien	49
Chapitre 11 — Lire une étiquette énergie (DPE)	54
Chapitre 12 — Comparer deux chauffages : le bilan carbone	59

Chapitre 1 — Isoler un logement

Résistance thermique R et coefficient de transmission U

Co-intervention Mathématiques — Physique-chimie / Enseignement professionnel • 2^{de} Bac Pro, famille des métiers TNE

Identification de la ressource	
Domaine pro	Thermique du bâtiment — isolation d'une paroi (rénovation énergétique)
Physique-chimie	Conduction thermique ; conductivité λ ; résistance thermique R ; coefficient U
Mathématiques	Transformer une formule ($R = e/\lambda$) ; division, fractions, inverse ($U = 1/R$) ; addition ; proportionnalité ; conversions d'unités

Nom : Prénom : Date :

À la fin de la séance, je serai capable de...

- expliquer ce qui rend une paroi **isolante** ;
- calculer la **résistance thermique** R d'une couche de matériau avec $R = \frac{e}{\lambda}$;
- calculer le **coefficient** $U = \frac{1}{R}$ et la résistance d'une paroi à plusieurs couches ;
- **conseiller** un client sur le choix et l'épaisseur d'un isolant.

1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

Vous accompagnez un-e **installateur-riche en génie climatique** sur un chantier de **rénovation énergétique**. Une cliente trouve le mur de son salon « froid en hiver » et veut l'isoler. L'artisan propose de la **laine de verre**. La cliente demande :

« Est-ce que ce sera vraiment efficace ? Et quelle épaisseur faut-il poser ? »

Pour répondre, l'artisan doit **chiffrer la performance** de la paroi. L'outil du métier, c'est la **résistance thermique** R : plus elle est grande, mieux la paroi retient la chaleur.

Pour commencer. À votre avis, qu'est-ce qui isole le mieux du froid : une couche de **10 cm de laine de verre** ou une couche de **10 cm de béton** ? Pourquoi ?

.....

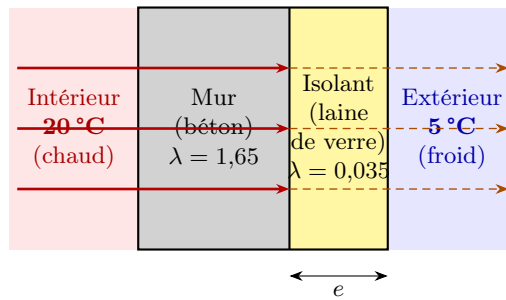
.....

2. Le cours (à compléter)

2.1 La conduction thermique

Quand il fait froid dehors, la chaleur de la pièce traverse le mur et s'échappe. Ce transfert de chaleur à travers la matière s'appelle la **conduction**.

Le flux de chaleur Φ s'échappe — l'isolant le **ralentit**



À retenir

La chaleur traverse une paroi du côté vers le côté *Isoler, c'est ralentir* ce transfert pour garder la chaleur à l'intérieur.

2.2 La conductivité thermique λ

Chaque matériau conduit plus ou moins bien la chaleur. On le mesure par sa **conductivité thermique** λ (lettre grecque « lambda »).

À retenir

λ s'exprime en $W/(m \cdot K)$. Plus λ est, plus le matériau est

Quelques valeurs réelles (à connaître pour le métier) — complète la dernière colonne :

Matériau	λ en $W/(m \cdot K)$	Isolant ou conducteur ?
Laine de verre	0,035	.....
Polyuréthane (mousse)	0,025	.....
Bois	0,15	.....
Béton	1,65	.....

2.3 La résistance thermique R

La **résistance thermique** mesure la capacité d'une couche de matériau à **s'opposer** au passage de la chaleur. Elle dépend de l'épaisseur e (en mètres) et de λ :

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

R : résistance thermique en $m^2 \cdot K/W$
 e : épaisseur de la couche en m
 λ : conductivité en $W/(m \cdot K)$

À retenir

Plus R est, plus la paroi est (performante).

Attention aux unités ! Dans la formule, e est en **mètres**.
 Si l'épaisseur est donnée en cm, on convertit d'abord : 10 cm = m.

2.4 Le coefficient de transmission U

Les professionnels utilisent souvent le **coefficient** U , qui est l'**inverse** de R :

$$U = \frac{1}{R} \quad U \text{ en W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

À retenir

U et R varient en sens : plus la paroi est performante, plus R est grand et plus U est

2.5 Une paroi à plusieurs couches

Un mur réel est fait de plusieurs couches (béton + isolant + plaque...). Les résistances **s'additionnent** :

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Méthode

Pour calculer la résistance d'une couche :

1. convertir l'épaisseur e en **mètres** ;
2. appliquer $R = \frac{e}{\lambda}$;
3. donner le résultat en $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ (arrondi à 0,01).

Exemple résolu — à compléter. Une couche de laine de verre de 10 cm, $\lambda = 0,035$.

3. Exercices**Exercice 1** SOCLE

Un.e plombier-chauffagiste pose une couche de **polyuréthane** d'épaisseur $e = 8$ cm, de conductivité $\lambda = 0,025$ W/(m·K).

1. Convertir l'épaisseur en mètres : $e = \dots\dots\dots$ m.
2. Calculer la résistance thermique R (formule $R = e/\lambda$).

3. Calculer le coefficient $U = 1/R$.

Exercice 2 **SOCLE** **STANDARD**

On compare deux isolants de **même épaisseur** $e = 10 \text{ cm} = 0,10 \text{ m}$. Complète le tableau, puis conclus.

Isolant	λ	$R = e/\lambda$	$U = 1/R$
Laine de verre	0,035	.....	.....
Polyuréthane	0,025	.....	.....

À épaisseur égale, quel isolant est le plus performant ? Justifie.

.....

.....

Exercice 3 **STANDARD**

Un mur de rénovation est composé de **deux couches** :

- béton : $e_1 = 20 \text{ cm}$, $\lambda_1 = 1,65$;
- laine de verre : $e_2 = 12 \text{ cm}$, $\lambda_2 = 0,035$.

1. Calculer R_1 (béton) puis R_2 (laine de verre).

2. En déduire la résistance totale $R_{\text{total}} = R_1 + R_2$.

3. Calculer le coefficient U du mur.

4. Quelle couche apporte presque toute la performance? Qu'en conclure?

.....

.....

Exercice 4 **STANDARD**

On garde la laine de verre ($\lambda = 0,035$) et on étudie l'effet de l'épaisseur.

1. Calculer R pour $e = 10$ cm, puis pour $e = 20$ cm.

2. Quand on **double** l'épaisseur, que devient R ? Comment s'appelle cette situation en mathématiques?

.....

.....

Exercice 5 **APPROFONDISSEMENT**

Pour bénéficier d'une aide à la rénovation, le mur isolé doit atteindre une résistance **réglementaire** $R \geq 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. On pose de la laine de verre ($\lambda = 0,035$).

1. À partir de $R = \frac{e}{\lambda}$, exprimer e en fonction de R et λ .

.....

2. En déduire l'**épaisseur minimale** de laine de verre à poser (en m puis en cm).

3. L'artisan n'a que des panneaux de 10 ou 14 cm. Lequel choisir ? Justifie.

.....

.....

Exercice 6 **APPROFONDISSEMENT** — Rédiger un conseil au client

Reprends tes résultats. Rédige en 2 ou 3 phrases la **réponse de l'artisan** à la cliente du début (efficacité + épaisseur conseillée), comme dans un rapport d'intervention.

.....

.....

.....

.....

4. Bilan : ce que j'ai retenu

Complète :

- La résistance thermique se calcule avec $R = \dots\dots\dots$ et s'exprime en $\dots\dots\dots$
- Le coefficient U est l'..... de R : $U = \dots\dots\dots$
- Plus une paroi est isolante, plus R est $\dots\dots\dots$ et plus U est $\dots\dots\dots$
- Sur plusieurs couches, les résistances $\dots\dots\dots$

Auto-évaluation			
Je sais...	Oui	À revoir	Non
convertir une épaisseur en mètres			
calculer $R = e/\lambda$ et $U = 1/R$			
additionner les résistances d'un mur multicouche			
conseiller une épaisseur d'isolant à un client			

Chapitre 2 — Les déperditions d'un logement

$\Phi = U S \Delta T$: calculer les pertes et les économies

Co-intervention Mathématiques — Physique-chimie / Enseignement professionnel • 2^{de} Bac Pro, famille des métiers TNE

Identification de la ressource	
Domaine pro	Thermique du bâtiment : évaluer les pertes de chaleur, proposer une isolation
Physique-chimie	Transferts thermiques, coefficient U , isolation
Mathématiques	Proportionnalité, fonction affine, conversions $W \leftrightarrow kW$, pourcentages

Nom : Prénom : Date :

À la fin de la séance, je serai capable de...

- utiliser la formule $\Phi = U S \Delta T$ pour calculer les pertes de chaleur d'une paroi ;
- expliquer le rôle du coefficient U et reconnaître une paroi bien isolée ;
- convertir une puissance des watts (W) vers les kilowatts (kW) ;
- calculer une économie d'énergie en pourcentage après travaux d'isolation ;
- rédiger un conseil simple et chiffré pour un client.

1. La situation professionnelle

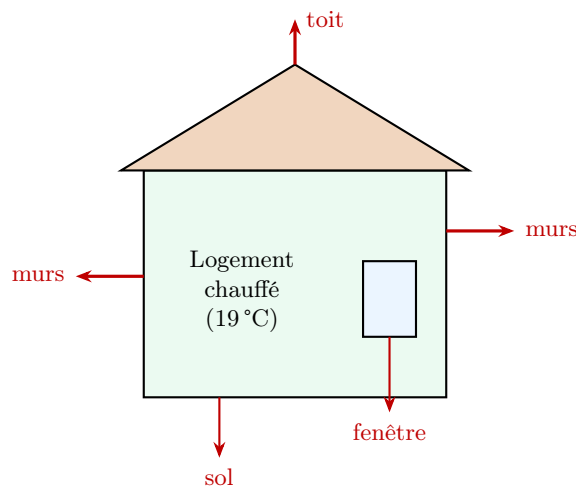
Situation professionnelle

Une conseillère en rénovation énergétique se rend chez un client dont le logement est mal isolé : l'hiver, il chauffe beaucoup et la maison reste froide. Elle relève les surfaces des parois (murs, fenêtres, toiture) et leur qualité d'isolation. Le client lui pose deux questions très concrètes :

« Par où part la chaleur dans ma maison, et combien je gagne si je fais isoler ? »

Pour répondre, la conseillère doit calculer les **déperditions thermiques**, c'est-à-dire la chaleur qui s'échappe par les parois.

La chaleur s'échappe : ce sont les **déperditions Φ**



2. Le cours (à compléter)

$$\Phi = U S \Delta T$$

- Φ : flux thermique (les pertes de chaleur), en **watts** (W)
- U : coefficient de transmission de la paroi, en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- S : surface de la paroi, en m^2
- ΔT : écart de température entre l'intérieur et l'extérieur, en $^{\circ}\text{C}$

À retenir

- Le coefficient U mesure la facilité avec laquelle la chaleur traverse la paroi. Plus U est, plus la paroi est isolante.
- À $U S$ fixé, le flux Φ est à l'écart de température ΔT : c'est une situation de proportionnalité (droite passant par l'origine).
- Quand on isole une paroi, on la valeur de U , donc on réduit les pertes Φ .

Méthode

Pour calculer un flux thermique Φ :

1. Je repère les trois données : U , S et ΔT , avec leurs unités.
2. Je vérifie que S est en m^2 et ΔT en $^{\circ}\text{C}$ (ou K, même valeur pour un écart).
3. Je calcule le produit $\Phi = U \times S \times \Delta T$.
4. J'écris le résultat en watts (W), puis je convertis en kW si besoin.

Attention aux unités ! Le résultat de $\Phi = U S \Delta T$ est en **watts (W)**. Pour passer en kilowatts : 1 kW = 1000 W, donc on **divise par 1000**. Exemple : 2500 W = 2,5 kW.

Exemple résolu — à compléter. Un mur a un coefficient $U = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, une surface $S = 20 \text{ m}^2$ et l'écart de température est $\Delta T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Calculer les pertes Φ .

3. Exercices

Exercice 1. **SOCLE** Une fenêtre a pour coefficient $U = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, une surface $S = 2 \text{ m}^2$, avec $\Delta T = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Calculer le flux thermique Φ .

Exercice 2. **SOCLE** Un mur a un coefficient $U = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, une surface $S = 15 \text{ m}^2$, avec $\Delta T = 18 \text{ }^\circ\text{C}$. Calculer le flux thermique Φ .

Exercice 3. **STANDARD** Avant travaux, un mur de surface $S = 25 \text{ m}^2$ a un coefficient $U = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, avec $\Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

a) Calculer les pertes Φ avant travaux.

b) Après isolation, le coefficient est divisé par 2 : $U = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Calculer les nouvelles pertes Φ' . Que remarque-t-on ?

Exercice 4. **STANDARD** La toiture d'un logement a pour coefficient $U = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, une surface $S = 80 \text{ m}^2$, avec $\Delta T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

a) Calculer le flux thermique Φ en watts.

b) Convertir ce résultat en kilowatts (kW).

Exercice 5. STANDARD Un technicien de maintenance énergétique compare les pertes d'un mur avant et après isolation, pour $S = 30 \text{ m}^2$ et $\Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

a) Avant : $U = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Calculer Φ .

b) Après : $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Calculer Φ' .

c) Calculer le pourcentage d'économie sur les pertes de ce mur.

Exercice 6. APPROFONDISSEMENT Pour le logement du client (situation du début), la conseillère a calculé les pertes totales : $\Phi = 2500 \text{ W}$ avant travaux, et $\Phi' = 1500 \text{ W}$ après isolation, pour le même écart de température.

a) Convertir Φ et Φ' en kilowatts.

b) Calculer le pourcentage d'économie sur les pertes totales.

c) Rédiger en deux ou trois phrases un conseil pour le client : que se passe-t-il s'il fait isoler, et de combien baissent ses pertes de chaleur?

.....

.....

.....

Sur maths-sciences-lp.github.io, ouvre la simulation « Bilan thermique & DPE » (`simulations/bilan-t`) fais varier l'isolation et l'écart de température, observe les déperditions et l'étiquette énergie.

4. Bilan : ce que j'ai retenu

- La formule des déperditions est $\Phi = \dots\dots\dots$, et Φ s'exprime en $\dots\dots\dots$
- Plus le coefficient U est petit, plus la paroi est $\dots\dots\dots$
- Quand on divise U par 2, les pertes Φ sont divisées par $\dots\dots\dots$
- Pour convertir des watts en kilowatts, on divise par $\dots\dots\dots$

Auto-évaluation		
Je sais...	Oui	À revoir / Non
calculer un flux thermique avec $\Phi = U S \Delta T$		
expliquer le rôle du coefficient U		
convertir des watts en kilowatts		
calculer une économie en pourcentage		

Chapitre 3 — Chauffer l'eau chaude sanitaire

$$Q = m c \Delta T : \text{l'énergie pour chauffer un ballon}$$

Domaine pro	Production d'eau chaude sanitaire : dimensionner et contrôler la chauffe d'un ballon.
Physique-chimie	Chaleur sensible, énergie en joules, capacité thermique massique.
Mathématiques	Transformer une formule, conversions J ↔ Wh ↔ kWh, proportionnalité.

Nom :

Date :

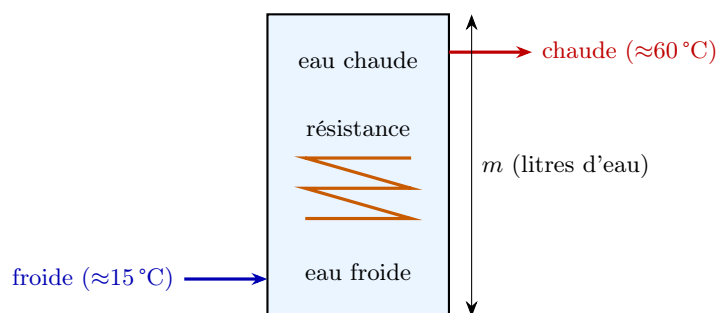
Objectifs du chapitre

- Comprendre ce qu'est la chaleur sensible et la formule $Q = m c \Delta T$.
- Calculer l'énergie nécessaire pour chauffer l'eau d'un ballon.
- Convertir une énergie entre joules (J), wattheures (Wh) et kilowattheures (kWh).
- Estimer le temps de chauffe et le coût à partir de la puissance d'un appareil.

1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

Une plombière-chauffagiste met en service un ballon d'eau chaude sanitaire chez un client. Le ballon contient une certaine quantité d'eau froide qu'il faut amener à la bonne température. Le client demande : « Combien d'énergie faut-il pour chauffer toute cette eau, et combien de temps cela prendra-t-il ? »



Chauffer l'eau : $Q = m c \Delta T$

2. Le cours (à compléter)

Pour faire monter la température d'un corps sans changer son état (l'eau reste liquide), on lui apporte de la **chaleur sensible**. L'énergie thermique Q se calcule avec la formule suivante.

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

- Q : énergie thermique, en joules (J)
- m : masse d'eau, en kilogrammes (kg)
- c : capacité thermique massique de l'eau, $c = 4180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{C})$
- ΔT : variation de température, en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$), avec $\Delta T = T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}}$

À retenir

Pour l'eau : 1 litre d'eau a une masse de

La capacité thermique massique de l'eau vaut $c = \dots\dots\dots \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{C})$.

Plus la masse d'eau m est grande, plus l'énergie Q à fournir est

Méthode

Méthode pour calculer l'énergie d'un ballon :

1. Convertir le volume d'eau en masse : pour l'eau, $1 \text{ L} \rightarrow 1 \text{ kg}$.
2. Calculer la variation de température : $\Delta T = T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}}$.
3. Appliquer $Q = m \times c \times \Delta T$ (résultat en joules).
4. Si besoin, convertir les joules en Wh ou kWh.

Pensez à convertir les joules en wattheures pour comparer avec une facture d'énergie :

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J} \quad \text{et} \quad 1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

Pour passer des joules aux kWh, on **divise** par $3,6 \times 10^6$.

Exemple résolu. On chauffe 150 L d'eau de 15°C à 60°C .

3. Exercices

Exercice 1. SOCLE

Un petit ballon contient 50 L d'eau. On la chauffe de 20°C à 60°C .

1. Donne la masse d'eau m , puis calcule ΔT .

2. Calcule l'énergie Q (en joules).

Exercice 2. **SOCLE**

Convertis les énergies suivantes.

1. 7200 J en wattheures (Wh).

2. 8 360 000 J en kilowattheures (kWh).

Exercice 3. **STANDARD**

Un ballon de 200 L est chauffé de 12 °C à 65 °C par un technicien de maintenance énergétique.

1. Calcule ΔT .

2. Calcule l'énergie Q en joules.

3. Convertis cette énergie en kWh (arrondis au centième).

Exercice 4. STANDARD

Le ballon de l'exercice 3 (énergie $Q \approx 44\,308\,000$ J) est équipé d'une résistance de puissance $P = 2400$ W. Le temps de chauffe se calcule avec $t = \frac{Q}{P}$ (en secondes).

1. Calcule le temps de chauffe t en secondes.

2. Convertis ce temps en heures et minutes (arrondis à la minute).

Exercice 5. STANDARD

Le client paie l'électricité 0,25 le kWh. Pour la chauffe du ballon de l'exercice 3 ($\approx 12,31$ kWh) :

1. Calcule le coût d'une chauffe complète.

2. Si le ballon est chauffé ainsi une fois par jour, calcule le coût sur 30 jours.

Exercice 6. APPROFONDISSEMENT

Conseil au client. Un installateur de pompes à chaleur compare deux réglages pour un ballon de 200 L initialement à 12 °C : le réglage A chauffe l'eau à 65 °C, le réglage B à 55 °C.

1. Calcule l'énergie Q_B pour le réglage B (en joules puis en kWh).

2. Sachant que le réglage A consomme $\approx 12,31$ kWh, calcule l'énergie économisée par chauffe avec le réglage B.

3. Rédige en une phrase un conseil au client.

.....

.....

Lance la simulation « **Température et énergie thermique** » (<simulations/chaueur.html>). Fais varier la masse d'eau et la variation de température, puis observe comment l'énergie Q augmente. Vérifie que doubler la masse double l'énergie (proportionnalité).

4. Bilan du chapitre

En une phrase, explique à quoi sert la formule $Q = m c \Delta T$ dans le métier.

.....

.....

Auto-évaluation

Je sais...	Oui	À revoir	Non
...écrire et utiliser la formule $Q = m c \Delta T$.			
...calculer l'énergie pour chauffer un ballon d'eau.			
...convertir une énergie entre J, Wh et kWh.			
...calculer le temps de chauffe et le coût.			

Chapitre 4 — Ventiler : débits et VMC

$$\text{Débit } Q_v = \frac{V}{t} : \text{ renouveler l'air d'un logement}$$

Ce que l'on travaille dans ce chapitre	
Domaine pro	Ventilation : régler une VMC, assurer le renouvellement de l'air d'un logement.
Physique-chimie	Qualité de l'air intérieur, renouvellement de l'air, notion de débit.
Mathématiques	Volumes (géométrie), débit et proportionnalité, conversions m ³ ↔L et de temps.

Nom — Prénom : Classe :

Date :

Objectifs du chapitre

À la fin de ce chapitre, je sais :

- calculer le **volume** d'une pièce en m³ ;
- utiliser la formule du **débit** $Q_v = \frac{V}{t}$;
- trouver le **débit d'air** nécessaire ou le **temps** de renouvellement ;
- convertir des **m³ en litres** et des **minutes en heures** ;
- expliquer à un client pourquoi une VMC est utile.

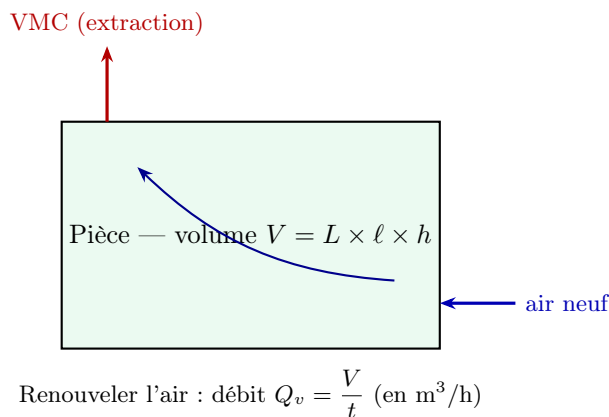
1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

Yanis est **technicien CVC** (chauffage, ventilation, climatisation). Il intervient chez un client pour régler la **VMC** (Ventilation Mécanique Contrôlée) d'un logement neuf. L'air entre par des bouches situées dans les pièces de vie et il est extrait dans la cuisine et la salle de bains.

Le client lui demande :

« Quel débit d'air faut-il, et au bout de combien de temps l'air de ma pièce est-il complètement renouvelé ? »



2. Le cours (à compléter)

Rappel : le volume d'une pièce

Une pièce a la forme d'un **pavé droit**. Son volume se calcule avec sa longueur L , sa largeur ℓ et sa hauteur h :

$$V = L \times \ell \times h$$

Si L , ℓ et h sont en mètres (m), alors V est en mètres cubes (m^3).

Le débit d'air

$$Q_v = \frac{V}{t}$$

- Q_v : débit d'air, en mètres cubes par heure (m^3/h);
- V : volume d'air, en mètres cubes (m^3);
- t : durée, en heures (h).

Le débit indique *le volume d'air qui passe chaque heure*.

À retenir

Le **débit** mesure la quantité d'air déplacée pendant une durée.

On le calcule par : $Q_v = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots}$.

L'unité de débit utilisée pour une VMC est le

Méthode

Méthode — calculer un débit

1. Je calcule le volume de la pièce : $V = L \times \ell \times h$.
2. Je vérifie que le temps t est bien en **heures**.
3. J'applique la formule $Q_v = \frac{V}{t}$.
4. J'écris le résultat avec son unité : m^3/h .

Attention !

— Ne pas confondre m^3 (un *volume*) et m^3/h (un *débit*).

— Le temps doit être en **heures**. Pour convertir les minutes : $t(\text{h}) = \frac{t(\text{min})}{60}$. Exemple : 30 min = 0,5 h.

Exemple résolu

Une chambre mesure 4 m de long, 3 m de large et 2,5 m de haut. Son air doit être renouvelé en 2 h. Quel est le débit d'air ?

3. Exercices

Exercice 1

SOCLE

Un séjour mesure 5 m de long, 4 m de large et 2,5 m de haut. Calcule son volume.

Exercice 2

SOCLE

Une VMC déplace 60 m³ d'air en 2 heures. Calcule son débit Q_v .

Exercice 3

STANDARD

Une chambre a un volume $V = 36 \text{ m}^3$. Le technicien CVC règle la VMC pour renouveler l'air en 3 heures.

- a) Calcule le débit Q_v nécessaire.
- b) Le débit hygiénique conseillé pour une chambre est d'environ 30 m³/h. Le réglage est-il suffisant ?

Exercice 4**STANDARD**

Une cuisine de volume $V = 45 \text{ m}^3$ doit être ventilée avec un débit $Q_v = 45 \text{ m}^3/\text{h}$ (débit conseillé pour une cuisine).

En combien de temps l'air de la cuisine est-il renouvelé ?

Méthode

À partir de $Q_v = \frac{V}{t}$, on isole le temps : $t = \frac{V}{Q_v}$.

Exercice 5**STANDARD**

Pour vérifier l'étanchéité d'un réseau, on raisonne en litres. On rappelle : $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$.

- a) Convertis 3 m^3 en litres.
- b) Convertis 2500 L en mètres cubes.

Exercice 6**APPROFONDISSEMENT**

Un installateur de pompes à chaleur conseille un client. Le salon mesure $6 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$. Le client voudrait que l'air soit renouvelé en 30 minutes.

- a) Calcule le volume du salon.
- b) Convertis 30 minutes en heures.
- c) Calcule le débit Q_v nécessaire.
- d) Rédige en une phrase le **conseil** que tu donnerais au client.

Simulation « Débit d'un fluide » (<simulations/debit.html>)

Ouvre la simulation. Fais varier le **volume** et le **temps**, puis observe le **débit** affiché.

- Si je double le volume sans changer le temps, le débit
- Si je double le temps sans changer le volume, le débit

4. Bilan du chapitre

Auto-évaluation

Je colorie la case qui correspond à mon niveau.

Je sais. . .	Oui	En partie	Pas encore
calculer le volume d'une pièce ($V = L \times \ell \times h$)			
utiliser la formule du débit $Q_v = \frac{V}{t}$			
convertir des m ³ en litres et des minutes en heures			
expliquer l'intérêt d'une VMC à un client			

Chapitre 5 — Puissance et énergie électrique

La loi $P = U \times I$, l'énergie en kWh et le coût

Co-intervention Mathématiques — Physique-chimie / Enseignement professionnel • 2^{de} Bac Pro, famille des métiers TNE

Identification de la ressource	
Domaine pro	Électricité du bâtiment — dimensionner, mesurer une consommation, estimer un coût
Physique-chimie	Grandeurs U, I, P ; plaque signalétique; loi d'Ohm; sécurité (disjoncteur)
Mathématiques	Transformer une formule ($P = UI, E = Pt$); équation du 1^{er} degré ; proportionnalité; pourcentages; conversions ($W \leftrightarrow kW, Wh \leftrightarrow kWh$)

Nom : Prénom : Date :

À la fin de la séance, je serai capable de...

- lire une **plaque signalétique** et utiliser $P = U \times I$;
- calculer une **intensité** à partir de la puissance (équation du 1^{er} degré);
- calculer une **énergie** (kWh) et un **coût** de consommation;
- vérifier qu'un appareil est compatible avec son **disjoncteur**.

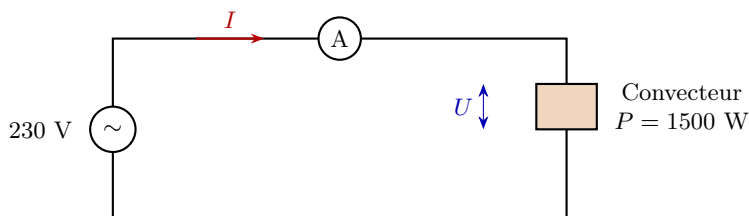
1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

Un-e **technicien-ne de maintenance énergétique** installe un **convecteur électrique** dans un logement. Sur l'appareil, une plaque indique : **230 V ~ 1500 W**. Le client demande :

« *Quelle intensité va-t-il consommer ? Mon disjoncteur de 16 A suffit-il ? Et ça me coûtera combien par jour ?* »

Pour répondre, le technicien relie trois grandeurs : la tension U , l'intensité I et la puissance P .



2. Le cours (à compléter)

2.1 Tension, intensité, puissance

Tout appareil électrique porte une **plaque signalétique** qui indique ses grandeurs nominales.

À retenir

La tension U se mesure en (V), l'intensité I en (A), la puissance P en (W).

$$P = U \times I$$

P : puissance en watts (W)
 U : tension en volts (V)
 I : intensité en ampères (A)

2.2 Retrouver l'intensité

Si on connaît P et U , on retrouve I en transformant la formule :

$$I = \frac{P}{U}$$

L'intensité doit rester **inférieure au calibre du disjoncteur** (par ex. 16 A) sinon il « disjoncte ».

2.3 L'énergie consommée et son coût

Plus un appareil fonctionne longtemps, plus il consomme d'**énergie** :

$$E = P \times t \quad (E \text{ en Wh si } P \text{ en W et } t \text{ en h ; ou en kWh})$$

À retenir

1 kW = W et le **coût** = énergie (kWh) × prix du kWh.

Méthode

Pour estimer un coût : (1) puissance en kW ; (2) énergie $E = P \times t$ en kWh ; (3) coût = $E \times$ tarif.

Exemple résolu — à compléter. Le convecteur (1500 W = 1,5 kW) fonctionne 4 h. Prix : 0,25 /kWh.

3. Exercices

Exercice 1 SOCLE

Un chauffe-eau électrique porte la plaque : **230 V ~ I = 8,7 A.**

1. Calculer sa puissance $P = U \times I$.

2. Cette puissance est-elle cohérente avec un chauffe-eau (≈ 2 kW) ?

.....

Exercice 2 **SOCLE** **STANDARD**

Le chauffe-eau (2,0 kW) chauffe pendant 3 h par jour. Prix : 0,25 /kWh.

1. Énergie consommée en une journée : $E = P \times t$.

2. Coût sur une journée, puis sur 30 jours.

Exercice 3 **STANDARD**

Un radiateur de puissance $P = 2300$ W est branché en 230 V.

1. Calculer l'intensité $I = \frac{P}{U}$ qu'il appelle.

2. Le circuit est protégé par un disjoncteur de 16 A. Est-ce compatible ? Justifie.

.....

.....

Exercice 4 STANDARD

Sur un circuit en 230 V protégé par un disjoncteur de 16 A, quelle est la **puissance maximale** que l'on peut brancher sans le faire disjoncter ?

Exercice 5 APPROFONDISSEMENT

Pour chauffer une pièce, on compare deux solutions qui fournissent la même chaleur (2000 W de chaleur) :

- un **convecteur** : il consomme 2000 W d'électricité ;
- une **pompe à chaleur** de COP 4 : elle ne consomme que $\frac{2000}{4}$ W d'électricité.

1. Calculer la puissance électrique consommée par la pompe à chaleur.

2. Quel pourcentage d'électricité la pompe à chaleur économise-t-elle par rapport au convecteur ?

Exercice 6 APPROFONDISSEMENT — Rédiger un conseil

Réponds à la question du client du début (intensité du convecteur de 1500 W, compatibilité avec le disjoncteur 16 A, coût journalier) en 2 ou 3 phrases, comme un rapport d'intervention.

.....

4. Bilan : ce que j'ai retenu

Complète :

- La puissance se calcule avec $P = \dots\dots\dots$ (en watts).
- Pour retrouver l'intensité : $I = \dots\dots\dots$; elle doit rester $\dots\dots\dots$ au calibre du disjoncteur.
- L'énergie se calcule avec $E = \dots\dots\dots$ (en kWh) et le coût = énergie $\times \dots\dots\dots$
- 1 kW = $\dots\dots\dots$ W.

Auto-évaluation

Je sais...	Oui	À revoir	Non
utiliser $P = U \times I$ à partir d'une plaque signalétique			
retrouver l'intensité $I = P/U$ (équation 1 ^{er} degré)			
calculer une énergie (kWh) et un coût			
vérifier la compatibilité avec un disjoncteur			

Chapitre 6 — La caractéristique d'un dipôle

$U = f(I)$: une droite, et sa pente est la résistance

Co-intervention Mathématiques — Physique-chimie / Enseignement professionnel • 2^{de} Bac Pro, famille des métiers TNE

Identification de la ressource

Domaine pro	Électricité du bâtiment — vérifier un dipôle, relever une caractéristique
Physique-chimie	Caractéristique $U = f(I)$ d'un dipôle ; comportement ohmique ; loi d'Ohm $U = RI$
Mathématiques	Fonction linéaire $y = ax$; coefficient directeur (pente) ; proportionnalité ; lecture graphique

Nom : Prénom : Date :

À la fin de la séance, je serai capable de...

- relever et tracer la **caractéristique** $U = f(I)$ d'un dipôle ;
- reconnaître un **dipôle ohmique** (la caractéristique est une droite qui passe par l'origine) ;
- déterminer la **résistance** R comme **pente** de cette droite ;
- faire le lien avec la **fonction linéaire** $U = R \times I$.

1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

Sur un banc d'essai, un-e **technicien·ne de maintenance** vérifie un **élément chauffant** (une résistance). Il fait varier la tension U , relève l'intensité I , et veut savoir si le composant est « bon » :

« Si je trace U en fonction de I , qu'est-ce que je dois obtenir ? Et comment je retrouve la valeur de la résistance ? »

2. Le cours (à compléter)

2.1 La loi d'Ohm

Pour une résistance, tension et intensité sont liées par la **loi d'Ohm** :

$$U = R \times I \quad (U \text{ en V, } R \text{ en ohms } \Omega, I \text{ en A})$$

2.2 La caractéristique $U = f(I)$

On relève plusieurs couples $(I; U)$ et on les place sur un graphique. Pour une résistance, on obtient une **droite qui passe par l'origine**.

À retenir

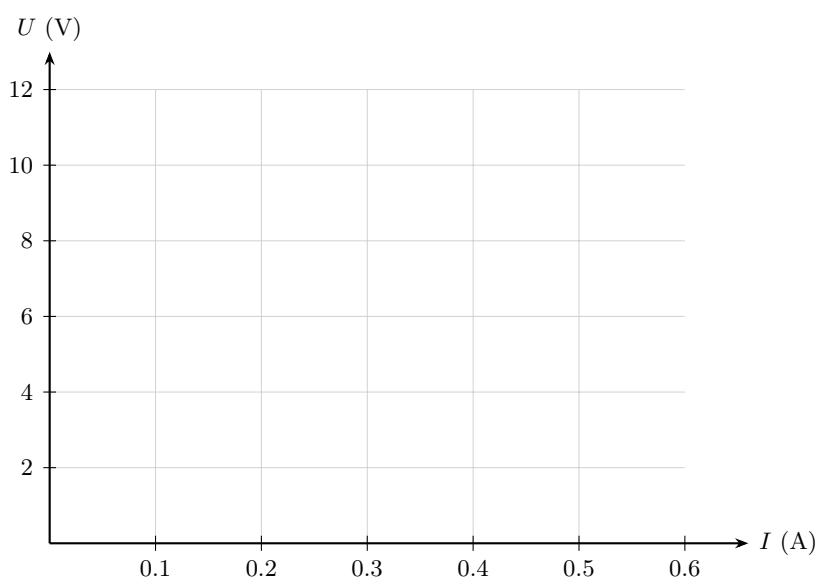
Un dipôle est **ohmique** si sa caractéristique est une passant par l'.....
 En mathématiques, c'est une **fonction linéaire** $U = a \times I$, et le coefficient a est égal à la
 R .

Méthode

Lire la résistance sur le graphe : R est la **pente** de la droite : on choisit un point $(I;U)$ et
 $R = \frac{U}{I}$.

Caractéristique relevée (exemple) — à compléter / à tracer.

I (A)	0,1	0,3	0,5
U (V)	.....	.....	.....



Sur maths-sciences-lp.github.io, ouvre la simulation « ohm » ([simulations/ohm.html](https://maths-sciences-lp.github.io/simulations/ohm.html)) : fais varier U et R , enregistre des mesures et observe la droite $U = f(I)$ se construire — la pente change avec R .

3. Exercices

Exercice 1 SOCLE

Une résistance $R = 25 \Omega$ est parcourue par $I = 0,4$ A.

- Calculer la tension $U = R \times I$.

- Le point $(0,4; 10)$ est-il sur une droite passant par l'origine?

Exercice 2 **SOCLE** **STANDARD**

À partir du **graphique du cours** :

1. Lire la tension U pour $I = 0,4 \text{ A}$: $U = \dots\dots\dots \text{ V}$.
2. Calculer la résistance R (pente) avec le point $(0,5 ; 10)$.

Exercice 3 **STANDARD**

On teste un deuxième élément. On mesure : pour $I = 0,2 \text{ A}$, $U = 7 \text{ V}$.

1. Calculer sa résistance.

2. Sa caractéristique passe-t-elle au-dessus ou en dessous de celle du cours ($R = 20 \Omega$) ? Justifie.

.....

.....

Exercice 4 **APPROFONDISSEMENT**

Un composant donne : à $I = 0,1 \text{ A}$, $U = 1 \text{ V}$; à $I = 0,3 \text{ A}$, $U = 5 \text{ V}$.

1. Calcule U/I pour chaque point. Le rapport est-il constant ?

2. Ce dipôle est-il ohmique ? Que peux-tu dire de sa caractéristique ?

.....

.....

4. Bilan : ce que j'ai retenu

Complète :

- La loi d'Ohm s'écrit $U = \dots\dots\dots$
- La caractéristique d'un dipôle ohmique est une $\dots\dots\dots$ passant par l' $\dots\dots\dots$
- C'est une **fonction linéaire** $U = a \times I$ dont le coefficient a vaut la $\dots\dots\dots R$.
- Sur le graphe, R se lit comme la $\dots\dots\dots$: $R = U/I$.

Auto-évaluation

Je sais...	Oui	À revoir	Non
utiliser la loi d'Ohm $U = RI$			
reconnaître un dipôle ohmique sur un graphe			
déterminer R comme pente de la caractéristique			
relier la caractéristique à une fonction linéaire			

Chapitre 7 — La pompe à chaleur et le COP

$$\text{COP} = \frac{\text{chaleur fournie}}{\text{électricité consommée}}$$

Domaine professionnel	Chauffage par pompe à chaleur : évaluer la performance d'une PAC, la comparer à un convecteur électrique.
Physique-chimie	La PAC <i>déplace</i> de la chaleur (transfert thermique) de l'extérieur vers l'intérieur ; énergie consommée et énergie fournie.
Mathématiques	Quotient et rapport, pourcentages, proportionnalité.

Nom :

Date :

Objectifs du chapitre

- Comprendre que la pompe à chaleur **déplace** de la chaleur au lieu de la produire.
- Calculer un **coefficient de performance** (COP) comme un quotient.
- Déterminer l'**électricité consommée** à partir de la chaleur fournie et du COP.
- Comparer une PAC à un convecteur et estimer le **pourcentage d'économie**.

1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

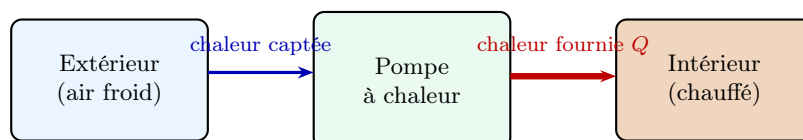
Une installatrice de pompes à chaleur rend visite à un client qui se chauffe avec de vieux convecteurs électriques. Pour les mêmes 4000 W de chaleur restitués dans le séjour :

- le **convecteur** consomme 4000 W d'électricité ;
- la **pompe à chaleur** (PAC), elle, n'en consomme que 1000 W.

Le client est surpris : « La PAC chauffe autant et consomme quatre fois moins ? »

Question de départ : pourquoi la PAC consomme-t-elle moins ?

.....



$$\text{COP} = \frac{Q}{E} : \text{on récupère plus de chaleur que d'électricité consommée}$$

2. Le cours (à compléter)

$$\text{COP} = \frac{Q}{E}$$

où Q est la **chaleur fournie** par la PAC et E l'**électricité consommée**, exprimées dans la **même unité** (par exemple en kWh ou en W).

À retenir

Le COP est un : il compare la chaleur fournie à l'électricité consommée.

Un COP de 4 signifie que la PAC fournit kWh de chaleur pour seulement kWh d'électricité consommée.

Plus le COP est (élevé), plus la PAC est performante.

Méthode

Trouver l'électricité consommée.

Si on connaît la chaleur Q à fournir et le COP, on isole E dans $\text{COP} = \frac{Q}{E}$:

$$E = \frac{Q}{\text{COP}}$$

On **divise** la chaleur fournie par le COP.

- Le COP **n'a pas d'unité** : c'est le quotient de deux grandeurs de même unité.
- La PAC **ne crée pas d'énergie** : elle *déplace* de la chaleur prise à l'extérieur. Le « supplément » de chaleur vient de l'air extérieur, pas de rien.

Exemple résolu. On veut fournir 4000 W de chaleur avec une PAC de COP 4. Quelle est l'électricité consommée E ?

3. Exercices

SOCLE Exercice 1 — Lire un COP.

Une PAC fournit $Q = 3500$ W de chaleur en consommant $E = 1000$ W d'électricité. Calcule son COP.

SOCLE Exercice 2 — Que signifie ce COP ?

Une PAC a un COP de 3. Complète la phrase :

« Pour kWh d'électricité consommée, la PAC fournit kWh de chaleur. »

STANDARD Exercice 3 — Électricité consommée.

Un technicien CVC installe une PAC de COP 4 qui doit fournir $Q = 6000$ W de chaleur. Quelle puissance électrique E consomme-t-elle ?

STANDARD Exercice 4 — Pourcentage d'économie.

Pour fournir 4000 W de chaleur :

- le convecteur consomme 4000 W d'électricité ;
- la PAC de COP 4 consomme 1000 W.

Calcule le pourcentage d'électricité **économisé** grâce à la PAC.

STANDARD Exercice 5 — Coût annuel.

Sur une saison de chauffe, une PAC consomme 2000 kWh d'électricité. Le prix est de 0,25 par kWh. Calcule le coût annuel de l'électricité.

APPROFONDISSEMENT Exercice 6 — Conseil au client.

Un installateur en génie climatique compare, pour fournir la même chaleur sur une saison :

- l'ancien **convecteur** qui consommerait 8000 kWh ;
- une **PAC** de COP 4.

Le prix de l'électricité est de 0,25 par kWh.

1. Quelle électricité (en kWh) la PAC consomme-t-elle pour fournir la même chaleur ?
2. Quelle est l'économie annuelle en euros ?
3. Rédige en une phrase le conseil que tu donnes au client.

Simulation : « Climatisation et pompe à chaleur »

Ouvre la simulation `simulations/climatisation-pac.html`. Fais varier le COP (de 3 à 4) et la chaleur à fournir, puis observe comment évoluent l'électricité consommée et le pourcentage d'économie par rapport au convecteur.

4. Bilan du chapitre

Complète le bilan en une phrase : la pompe à chaleur
 de la chaleur de l'extérieur vers l'intérieur ; son COP, égal à , indique combien de kWh de chaleur elle fournit pour 1 kWh d'électricité.

Auto-évaluation

Je suis capable de...	SOCLE	STANDARD	APPROFONDISSEMENT
Expliquer que la PAC déplace de la chaleur (ne la crée pas)			
Calculer un COP avec $COP = \frac{Q}{E}$			
Trouver l'électricité consommée $E = \frac{Q}{COP}$			
Calculer un pourcentage d'économie et un coût			

Chapitre 8 — Produire son électricité : le photovoltaïque

Puissance crête, productible et taux de couverture

Co-intervention Mathématiques — Physique-chimie / Enseignement professionnel • 2^{de} Bac Pro, famille des métiers TNE

De quoi parle ce chapitre ?

Domaine pro	Production d'électricité solaire : évaluer une installation photovoltaïque.
Physique-chimie	La cellule photovoltaïque (photopile) transforme la lumière en électricité ; notion de puissance.
Mathématiques	Proportionnalité, pourcentages, lecture de graphe.

Nom : Prénom : Date :

À la fin de la séance, je serai capable de...

- expliquer ce qu'est la **puissance crête** (en watt-crête, Wc) d'un panneau ;
- calculer le **productible annuel** d'une installation (kWh/an) à partir de sa puissance ;
- déterminer le **nombre de panneaux** nécessaires pour atteindre une puissance ;
- calculer le **taux de couverture** (part de la consommation couverte, en %) ;
- conseiller un client sur le dimensionnement de son installation.

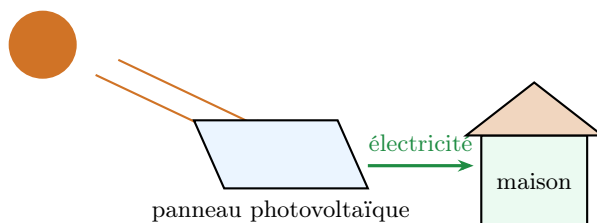
1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

Inès est **technicienne en énergies renouvelables**. Elle installe des panneaux solaires sur le toit d'une maison. Le propriétaire lui demande :

« J'ai une consommation d'environ **4500 kWh par an**. Avec les panneaux que vous posez, **combien d'électricité vont-ils produire**, et **quelle part de ma consommation** est-ce que ça va couvrir ? »

Pour répondre, Inès doit savoir lire la **puissance** des panneaux et estimer leur **production sur une année**.



2. Le cours (à compléter)

La cellule photovoltaïque

Un panneau solaire est constitué de **cellules photovoltaïques** (ou photopiles). Quand la lumière du soleil les éclaire, elles produisent de l'**électricité** : c'est l'effet photovoltaïque.

À retenir

La **puissance crête**, notée $P_{crête}$, est la puissance maximale qu'un panneau peut fournir en plein soleil. Elle se mesure en **watt-crête**, de symbole

On utilise souvent le **kilowatt-crête** : $1 \text{ kWc} = \dots\dots\dots \text{ Wc}$.

Le **productible annuel** est l'**énergie** produite par l'installation pendant, Il se mesure en **kilowattheures par an** (.....).

En France, pour une installation bien orientée :

$$\text{Productible (kWh/an)} \approx P_{crête} \text{ (en kWc)} \times 1000$$

Autrement dit, **1 kWc installé produit environ 1000 kWh par an.**

Méthode**Méthode — calculer un productible**

1. Je repère la puissance de l'installation et je la convertis en **kWc** si besoin ($\div 1000$).
2. Je multiplie cette puissance par **1000** pour obtenir le productible en kWh/an.

Attention à ne pas confondre! Le **watt-crête (Wc)** est une **puissance** (la valeur maximale au soleil), ce n'est pas l'énergie produite. L'**énergie** produite sur l'année, c'est le **productible**, en kWh.

Exemple résolu

Une installation a une puissance de 3 kWc. Quel est son productible annuel ?

3. Exercices

Exercice 1. **SOCLE** Une installation a une puissance de 2 kWc. Calcule son productible annuel.

Exercice 2. **SOCLE** Un panneau solaire a une puissance de 400 Wc. Convertis cette puissance en kilowatt-crête (kWc).

Exercice 3. **STANDARD** Inès installe **8 panneaux** de 375 Wc chacun.

a) Calcule la puissance totale de l'installation, en Wc puis en kWc.

b) Calcule le productible annuel de cette installation.

Exercice 4. **STANDARD** Un installateur de panneaux solaires veut atteindre une puissance de 4,5 kWc avec des panneaux de 375 Wc.

a) Convertis 4,5 kWc en watt-crête (Wc).

b) Combien de panneaux doit-il poser ?

Exercice 5. **STANDARD** On reprend la situation d’Inès (début du chapitre) : la maison consomme **4500 kWh/an**, et l’installation posée a une puissance de **3 kWc**.

a) Calcule le productible annuel de l’installation.

b) Le **taux de couverture** est la part de la consommation couverte par la production :

$$\text{Taux} = \frac{\text{productible}}{\text{consommation}} \times 100$$

Calcule ce taux de couverture (arrondi à l’unité).

Exercice 6. **APPROFONDISSEMENT** **Conseil au client.** Le propriétaire aimerait couvrir **toute** sa consommation de 4500 kWh/an.

a) Quelle puissance (en kWc) faudrait-il installer pour produire 4500 kWh/an ?

b) Avec des panneaux de 375 Wc, combien de panneaux cela représente-t-il ?

c) Rédige en une phrase le conseil qu’Inès peut donner au client.

.....

.....

Simulation « Énergie solaire (panneaux) » (<simulations/energie-solaire-panneaux.html>)

Lance la simulation. Fais varier le **nombre de panneaux** et observe comment évoluent la **puissance installée**, le **productible annuel** et le **taux de couverture**. Vérifie que tu retrouves bien les résultats des exercices 3 et 5.

4. Bilan : ce que j’ai retenu

La puissance crête d’un panneau se mesure en

En France, 1 kWc installé produit environ kWh par an.

Le taux de couverture est la part de ma couverte par la production ; il s’exprime en

Auto-évaluation		
Je sais...	Oui	À revoir / Non
expliquer ce qu’est la puissance crête (Wc).		
calculer le productible annuel d’une installation.		
trouver le nombre de panneaux pour une puissance.		
calculer un taux de couverture en %.		

Chapitre 9 — Le capteur de température

La sonde Pt100 : une réponse en *ligne droite* (fonction affine)

Co-intervention Mathématiques — Physique-chimie / Enseignement professionnel • 2^{de} Bac Pro, famille des métiers TNE

Identification de la ressource	
Domaine pro	Pilotage et maintenance des installations — mesurer une température (mise en service, dépannage)
Physique-chimie	Capteur de température (Pt100, thermistance, thermocouple) ; échelles Celsius / Kelvin ; grandeur d'entrée / de sortie
Mathématiques	Fonction affine $R = aT + b$: coefficient directeur, ordonnée à l'origine ; lecture graphique (image, antécédent) ; équation du 1 ^{er} degré

Nom : Prénom : Date :

À la fin de la séance, je serai capable de...

- expliquer ce que mesure un **capteur de température** et lire une **sonde Pt100** ;
- utiliser le modèle **affine** $R = aT + b$ (calcul et **lecture graphique**) ;
- retrouver une température à partir d'une résistance mesurée (**équation du 1^{er} degré**) ;
- comprendre comment la sonde permet de **piloter** (réguler) un chauffage.

1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

Un-e **technicien-ne de maintenance énergétique** intervient sur la chaufferie d'un immeuble. Sur le départ d'eau chaude, une **sonde Pt100** mesure la température. Le régulateur n'affiche pas des degrés, mais une **résistance** en ohms (Ω) : c'est le signal du capteur.

« La sonde indique 119,25 Ω . Ça fait combien de degrés ? Et comment le régulateur sait-il qu'il faut chauffer ? »

Pour répondre, il faut connaître la **loi de la sonde** : pour une Pt100, la résistance augmente avec la température en suivant une **droite**.

2. Le cours (à compléter)

2.1 Qu'est-ce qu'un capteur ?

Un **capteur** transforme une grandeur physique (ici la température) en une grandeur **électrique** exploitable (résistance, tension).

À retenir

Pour une sonde de température : la grandeur d'**entrée** est la, la grandeur de **sortie** est la

Deux échelles de température. On note la conversion :

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273 \quad (\text{Kelvin} = \text{Celsius} + 273)$$

Exemple : $20^{\circ}\text{C} = \dots\dots\dots \text{K}$.

2.2 La sonde Pt100

La **Pt100** est une sonde en platine dont la résistance vaut 100Ω à 0°C (d'où son nom). Quand la température augmente, sa résistance **augmente** de façon **affine** :

$$R = aT + b$$

a : coefficient directeur (en $\Omega/^{\circ}\text{C}$)
 b : ordonnée à l'origine = résistance à 0°C

À retenir

Pour la Pt100 : $b = \dots\dots\dots \Omega$ et $a = 0,385 \Omega/^{\circ}\text{C}$.
 Le modèle est donc : $R = \dots\dots\dots$

Le coefficient directeur a se lit « pour 1°C de plus, la résistance augmente de $0,385 \Omega$ ». C'est un **taux d'accroissement**.

2.3 Lire la droite du capteur

On représente R en fonction de T : on obtient une **droite**. Elle permet deux lectures du métier :

- connaissant T , lire R (c'est l'**image** de T) ;
- connaissant R mesurée, lire T (c'est un **antécédent**).

Méthode

Pour retrouver T à partir d'une résistance mesurée : résoudre l'équation $aT + b = R_{\text{mesurée}}$ (équation du 1^{er} degré).

Exemple résolu — à compléter. La sonde indique $R = 119,25 \Omega$. Quelle est la température ?

3. Exercices

Exercice 1 SOCLE

On utilise le modèle de la Pt100 : $R = 0,385T + 100$. Complète le tableau (calcule R pour chaque température).

T (°C)	Calcul $0,385 \times T + 100$	R (Ω)
0	$0,385 \times 0 + 100$	.....
20	.....	.....
100	.....	.....

Exercice 2 **SOCLE** **STANDARD**

À l'aide du **graphique du cours** (la droite $R = f(T)$) :

1. Lire la résistance R pour une température de $T = 80$ °C. $R \approx$ Ω .
2. Une sonde indique $R = 110$ Ω . Lire la température correspondante. $T \approx$ °C.
3. Le point de coordonnées (50 ; 119,25) est-il sur la droite ? Justifie par le calcul.

.....

Exercice 3 **STANDARD**

On retrouve le modèle de la sonde à partir de deux mesures : à 0 °C, $R = 100$ Ω ; à 100 °C, $R = 138,5$ Ω .

1. Déterminer le coefficient directeur $a = \frac{\text{variation de } R}{\text{variation de } T}$

2. Donner l'ordonnée à l'origine b (résistance à 0 °C), puis l'expression de R .

.....

Exercice 4 **STANDARD**

La sonde du départ de chaudière indique $R = 130,4$ Ω . Quelle est la température de l'eau ?

Exercice 5 **APPROFONDISSEMENT** — Du capteur à la régulation

Le régulateur maintient l'eau à une consigne de **60 °C** : tant que l'eau est plus froide, il chauffe ; dès qu'elle atteint la consigne, il arrête (régulation **tout-ou-rien**).

1. Convertir la consigne en kelvins. $60\text{ °C} = \dots\dots\dots\text{ K}$.
2. Calculer la résistance R_{seuil} que la sonde indique à 60 °C.

3. Compléter l'algorithme de régulation (langage courant ou Python) :

Exercice 6 **APPROFONDISSEMENT** — Expliquer

En 2 ou 3 phrases, explique à un-e collègue **comment la sonde Pt100 permet au régulateur de « connaître » la température** et de décider de chauffer ou non.

.....

.....

.....

.....

4. Bilan : ce que j'ai retenu

Complète :

- Un capteur transforme une grandeur physique (la) en grandeur électrique (la).
- La Pt100 suit une **fonction affine** $R = \dots\dots\dots$, avec $b = \dots\dots\dots\ \Omega$ à 0 °C.
- Pour retrouver T à partir de R , on résout une
- Le régulateur compare la mesure à une pour piloter le chauffage.

Auto-évaluation

Je sais. . .	Oui	À revoir	Non
calculer R à partir de T avec le modèle affine			
lire une image et un antécédent sur la droite			
retrouver T à partir de R (équation 1 ^{er} degré)			
expliquer le rôle de la sonde dans la régulation			

Chapitre 10 — Réguler un chauffage : l’algorithme tout-ou-rien

Si la température est trop basse, on chauffe ; sinon, on arrête

Co-intervention Mathématiques — Physique-chimie / Enseignement professionnel • 2^{de} Bac Pro, famille des métiers TNE

Domaine professionnel	Pilotage d’un chauffage : régler un thermostat, comprendre la régulation d’une chaufferie.
Physique-chimie	Capteur de température, signal mesuré, température de consigne.
Mathématiques	Algorithmique (instruction conditionnelle si...alors...sinon), lecture de courbe, pourcentages.

Nom :

Date :

Objectifs du chapitre

- Comprendre ce qu’est une **température de consigne** et le rôle d’un **capteur**.
- Lire et appliquer une **instruction conditionnelle si...alors...sinon**.
- Décider **chauffer** ou **arrêter** en comparant la température mesurée à la consigne.
- Lire une courbe de température **en dents de scie** et expliquer les oscillations.

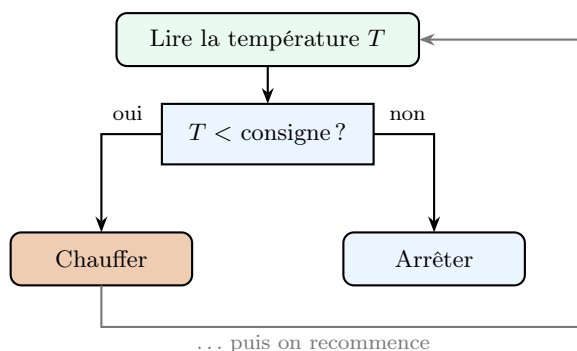
1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

Un·e **technicien·ne de maintenance énergétique** règle le thermostat d’une chaufferie. Il·elle fixe la **consigne** à 60 °C : c’est la température que l’eau du circuit doit atteindre. Une fois le réglage fait, plus personne ne touche l’appareil : le chauffage se met en marche ou s’arrête **tout seul**.

Question de départ : comment l’appareil décide-t-il tout seul de chauffer ou pas ?

.....



2. Le cours (à compléter)

La consigne. La **consigne** est la température que l'on veut obtenir et que l'on règle sur le thermostat (ici 60°C).

Le capteur. Un **capteur de température** mesure en permanence la température réelle T et l'envoie au thermostat.

La décision marche / arrêt. Le thermostat **compare** T à la consigne, puis met le chauffage en **marche** ou à l'**arrêt**.

L'algorithme de régulation tout-ou-rien s'écrit :
 si $T < \text{consigne}$: chauffer ; sinon : arrêter

À retenir

La température réglée sur le thermostat s'appelle la

La température réelle est mesurée par un

Si la température mesurée est **plus basse** que la consigne, l'appareil ; sinon, il

Méthode

Décider chauffer ou arrêter.

1. **Lire** la température T donnée par le capteur.
2. **Comparer** T à la consigne (est-ce que $T < \text{consigne}$?).
3. **Décider** : si OUI \rightarrow chauffer ; si NON \rightarrow arrêter.

La régulation tout-ou-rien fonctionne **soit à 100%** (chauffe), **soit à 0%** (arrêt) : il n'y a pas de position intermédiaire. C'est pour cela que la température **oscille** légèrement autour de la consigne (petites « dents de scie »).

Exemple résolu. La consigne est de 60°C . Le capteur indique d'abord $T = 55^{\circ}\text{C}$, puis plus tard $T = 62^{\circ}\text{C}$. Que fait l'appareil dans chaque cas ?

3. Exercices

SOCLE Exercice 1 — Chauffer ou arrêter ?

La consigne est 60°C . Pour chaque température mesurée T , entoure ou écris la bonne décision (« chauffer » ou « arrêter »).

Température mesurée T	Décision (chauffer / arrêter)
52 °C
58 °C
60 °C
63 °C

SOCLE Exercice 2 — Vrai ou faux.

La consigne est 60 °C. Le test de l’algorithme est « $T < \text{consigne} ?$ ». Pour chaque température, écris si le test est **vrai** ou **faux**, puis la décision.

T	Test $T < 60$: vrai ou faux ?	Décision
50 °C
61 °C

STANDARD Exercice 3 — Compléter l’algorithme à trous.

Un technicien en régulation de chauffage programme un thermostat de consigne 60 °C. Complète les trous de l’algorithme.

lire T (capteur)
 si T 60 :

 :
 arrêter

STANDARD Exercice 4 — Lire une courbe en dents de scie.

Un capteur relève la température de l’eau toutes les 2 minutes. La consigne est 60 °C.

Temps (min)	0	2	4	6	8	10
T (°C)	57	59	61	60	58	60

1. À $t = 0$ min, le chauffage est-il en marche ou à l'arrêt ?
2. Entre 0 et 4 min, la température monte-t-elle ou descend-elle ?
3. Comment expliquer que la température ne reste pas exactement à 60 °C ?

STANDARD Exercice 5 — Changer la consigne.

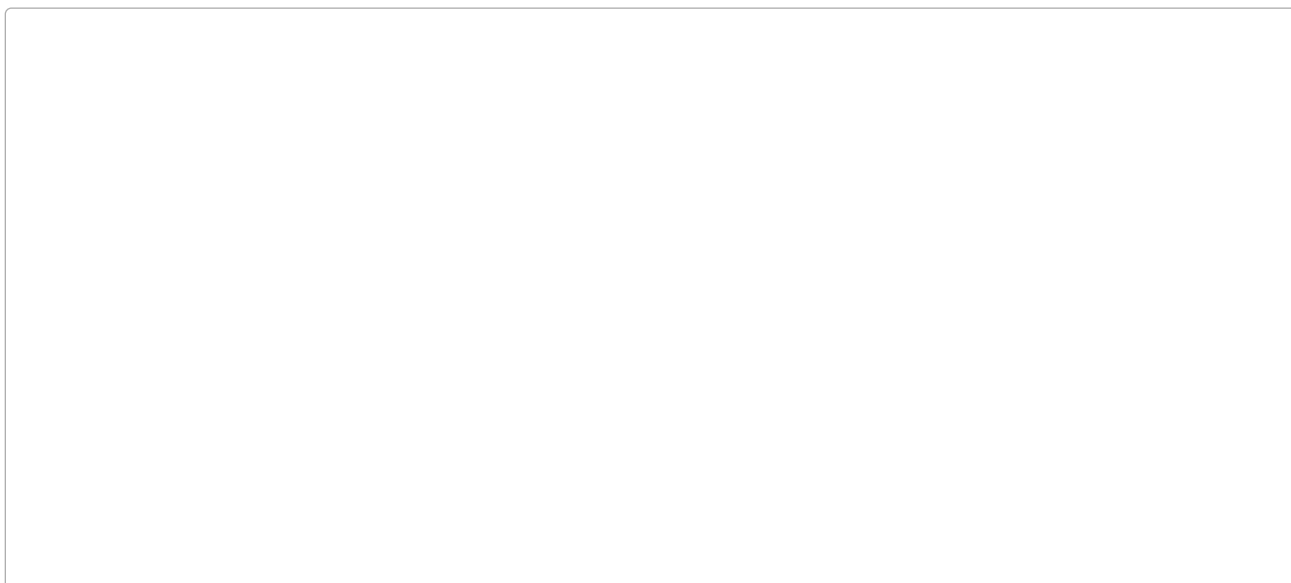
Un installateur en génie climatique baisse la consigne à 55 °C pour faire des économies. Pour chaque température mesurée, donne la décision avec cette **nouvelle** consigne.

T	Décision (consigne 55 °C)
53 °C
56 °C

APPROFONDISSEMENT Exercice 6 — Rédiger l'algorithme.

Un-e plombier-chauffagiste installe un ballon d'eau chaude sanitaire. La consigne est 50 °C.

1. Rédige l'algorithme complet **si...alors...sinon** qui décide de chauffer ou d'arrêter.
2. Le capteur indique successivement 46 °C, 50 °C puis 52 °C. Donne la décision dans chaque cas.
3. Sur 20 minutes de fonctionnement, le brûleur a chauffé pendant 8 minutes. Quel pourcentage du temps a-t-il fonctionné ?



Simulation : « Régulation tout-ou-rien (CTN) »

Ouvre la simulation `simulations/ctn-etuve-regulation.html`. Règle la consigne, observe le capteur CTN et regarde le chauffage passer de 100 % à 0 %. Repère la courbe **en dents de scie** qui oscille autour de la consigne.

4. Bilan du chapitre

Complète le bilan. La régulation tout-ou-rien compare la température mesurée par le à la Si la température est trop, l'appareil chauffe ; sinon, il Comme le chauffage est soit à 100 % soit à 0 %, la température autour de la consigne.

Auto-évaluation

Je suis capable de...	SOCLE	STANDARD	APPROFONDISSEMENT
Expliquer ce qu'est une consigne et un capteur de température			
Appliquer l'algorithme <code>si T < consigne : chauffer ; sinon : arrêter</code>			
Lire une courbe en dents de scie et expliquer les oscillations			
Compléter ou rédiger un algorithme avec une consigne donnée			

Chapitre 11 — Lire une étiquette énergie (DPE)

Consommation en kWh/m²/an et classe énergétique A → G

Co-intervention Mathématiques — Physique-chimie / Enseignement professionnel • 2^{de} Bac Pro, famille des métiers TNE

Domaine professionnel	Diagnostic et rénovation énergétique : lire et expliquer un DPE
Physique-chimie	Consommation énergétique d'un bâtiment
Mathématiques	Division (kWh/m ² /an), lecture d'une échelle / d'une classe, pourcentages, comparaison

Nom :

Date :

Objectifs

- Calculer la **consommation surfacique** d'un logement (en kWh/m²/an).
- **Lire l'échelle** du DPE et donner la **classe énergétique** (de A à G).
- **Comparer** deux logements et estimer un **gain** après isolation (en %).

1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

Léa est **conseillère en rénovation énergétique**. Elle reçoit M. Bertin, propriétaire d'un appartement, et lui présente le **DPE** (Diagnostic de Performance Énergétique) du logement. Sur le document, une grande étiquette colorée affiche une lettre.

M. Bertin regarde l'étiquette et demande :

« Mon logement est classé **E**. . . ça veut dire quoi, la classe E ? »

Étiquette énergie (DPE)

A	≤ 70 kWh/m ² /an
B	71 à 110 kWh/m ² /an
C	111 à 180 kWh/m ² /an
D	181 à 250 kWh/m ² /an
E	251 à 330 kWh/m ² /an
F	331 à 420 kWh/m ² /an
G	> 420 kWh/m ² /an

2. Le cours (à compléter)

$$\text{consommation surfacique} = \frac{\text{consommation annuelle (kWh)}}{\text{surface (m}^2\text{)}} \quad \text{en kWh/m}^2\text{/an}$$

Le DPE classe les logements selon leur consommation surfacique annuelle :

Classe	Consommation (kWh/m ² /an)	Logement
A	≤ 70	très économe
B	71 à 110	économe
C	111 à 180	
D	181 à 250	moyen
E	251 à 330	
F	331 à 420	énergivore
G	> 420	très énergivore

À retenir

La consommation surfacique s'obtient en **divisant** la consommation annuelle (en) par la (en m²).

Plus la consommation au m² est, plus la classe est mauvaise (vers).

La classe E correspond à une consommation comprise entre et kWh/m²/an : c'est un logement énergivore.

Méthode

Pour trouver la classe d'un logement :

- Je calcule la consommation surfacique : $\frac{\text{conso annuelle}}{\text{surface}}$ (en kWh/m²/an).
- Je cherche dans quelle ligne du tableau tombe ce nombre.
- Je lis la lettre correspondante : c'est la classe.

Ne pas confondre la **consommation totale** du logement (en kWh) et la **consommation au m²** (en kWh/m²/an). C'est la consommation **au m²** qui donne la classe du DPE.

Exemple résolu. Un logement de 80 m² consomme 12 000 kWh par an. Quelle est sa classe ?

3. Exercices

Exercice 1. SOCLE

Un studio de 30 m² consomme 5 400 kWh par an.

Calcule sa consommation surfacique, puis donne sa classe.

Exercice 2. SOCLE

Une maison de 100 m² consomme 26 000 kWh par an.
Calcule sa consommation surfacique, puis donne sa classe.

Exercice 3. STANDARD

Un technicien de maintenance énergétique compare deux logements :

- Logement A : 90 m², 9 900 kWh/an ;
- Logement B : 75 m², 18 000 kWh/an.

Calcule la consommation surfacique de chaque logement, donne leur classe, puis indique lequel est le plus économe.

Exercice 4. STANDARD

Avant travaux, un logement de 120 m² consomme 36 000 kWh par an.

1. Calcule sa consommation surfacique et donne sa classe.
2. Après isolation, la consommation surfacique passe à 210 kWh/m²/an. Donne la nouvelle classe.

Exercice 5. STANDARD

Reprends l'exercice précédent. La consommation surfacique est passée de **300** à **210** kWh/m²/an grâce à l'isolation.

Calcule le **pourcentage de baisse** de la consommation surfacique.

Exercice 6. APPROFONDISSEMENT

M. Bertin (logement classe E, 260 kWh/m²/an) demande un conseil à l'installateur en génie climatique pour atteindre la **classe C**.

1. Quelle consommation surfacique **maximale** ne faut-il pas dépasser pour être en classe C ?
2. De combien de kWh/m²/an doit-il au minimum réduire sa consommation surfacique ?
3. Rédige en une phrase un conseil à donner au client.

4. Simulation

Lance la simulation « **Bilan thermique & DPE** » (<simulations/bilan-thermique-dpe.html>).

Fais varier la surface et la consommation annuelle d'un logement : observe comment la consommation surfacique change et comment l'étiquette passe d'une classe à l'autre.

5. Bilan du chapitre

Je complète :

- La consommation surfacique se calcule en la consommation annuelle par la surface.
- Elle s'exprime en
- L'échelle du DPE va de la classe (la meilleure) à la classe (la pire).
- Un logement classé E consomme entre et kWh/m²/an.

Auto-évaluation

Je sais...	SOCLE	STANDARD	APPROFONDISSEMENT
calculer une consommation surfacique (kWh/m ² /an)			
lire l'échelle du DPE et donner la classe (A à G)			
comparer deux logements et estimer un gain en %			
expliquer une classe DPE à un client			

Chapitre 12 — Comparer deux chauffages : le bilan carbone

$CO_2 = \text{consommation} \times \text{facteur d'émission}$

Co-intervention Mathématiques — Physique-chimie / Enseignement professionnel • 2^{de} Bac Pro, famille des métiers TNE

Domaine pro	Conseil en rénovation : comparer l'impact CO_2 de deux modes de chauffage.
Physique-chimie	Énergie, émissions de CO_2 (facteurs d'émission fournis).
Mathématiques	Proportionnalité, pourcentages, comparaison de deux valeurs.

Nom :

Date :

Objectifs du chapitre

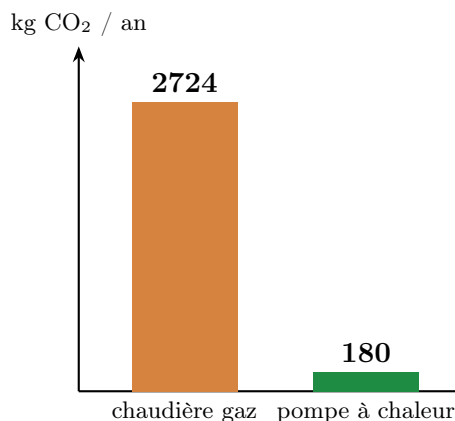
- Calculer les émissions de CO_2 d'un chauffage à partir de sa consommation.
- Tenir compte du COP d'une pompe à chaleur pour trouver l'électricité consommée.
- Comparer deux chauffages et calculer un pourcentage d'économie de CO_2 .
- Conseiller un client sur le mode de chauffage le moins polluant.

1. La situation professionnelle

Situation professionnelle

Une conseillère en rénovation énergétique reçoit un client qui hésite, pour sa maison, entre garder sa **chaudière au gaz naturel** et installer une **pompe à chaleur (PAC)**. Sa maison a besoin de **12 000 kWh de chaleur par an** pour le chauffage.

Le client lui demande : « Entre ces deux solutions, **laquelle pollue le moins en CO_2 ?** »



2. Le cours (à compléter)

$$\text{émissions de CO}_2 \text{ (kg)} = \text{consommation (kWh)} \times \text{facteur d'émission (kg CO}_2\text{/kWh)}$$

Facteurs d'émission fournis (combien de CO₂ par kWh consommé) :

Énergie	Facteur d'émission
Gaz naturel	0,227 kg CO ₂ /kWh
Électricité (France)	0,06 kg CO ₂ /kWh

Cas de la pompe à chaleur (PAC). La PAC ne consomme pas autant d'électricité que la chaleur qu'elle fournit : grâce à son **COP** (coefficient de performance), elle puise une partie de la chaleur dans l'air extérieur.

$$\text{électricité consommée (kWh)} = \frac{\text{chaleur fournie (kWh)}}{\text{COP}}$$

À retenir

Pour la chaudière gaz, l'énergie consommée est du Pour la PAC, l'énergie consommée est de l'

Un COP de 4 signifie que pour **1 kWh d'électricité**, la PAC fournit kWh de chaleur.

Méthode

Méthode — comparer deux chauffages

1. Pour le **gaz** : émissions = chaleur × 0,227.
2. Pour la **PAC** : d'abord électricité = chaleur ÷ COP, puis émissions = électricité × 0,06.
3. Comparer les deux résultats : le plus petit pollue le moins.

L'électricité française est **peu carbonée** (0,06 contre 0,227 pour le gaz). De plus, la PAC **consomme peu** d'électricité grâce à son COP : les deux effets se cumulent en sa faveur.

Exemple résolu. Une maison a besoin de **12 000 kWh de chaleur** par an. Comparons la chaudière gaz et une PAC de **COP 4**.

3. Exercices

Exercice 1 SOCLE

Une chaudière gaz consomme **10 000 kWh** de gaz par an. Calcule ses émissions de CO₂.

Exercice 2 SOCLE

Une pompe à chaleur consomme **2500 kWh** d'électricité par an. Calcule ses émissions de CO₂.

Exercice 3 STANDARD

Une PAC de **COP 3** fournit **9000 kWh** de chaleur par an.

1. Calcule l'électricité consommée.
2. Calcule les émissions de CO₂.

Exercice 4 STANDARD

Une maison a besoin de **15 000 kWh** de chaleur par an.

1. Émissions avec une chaudière gaz ?
2. Émissions avec une PAC de COP 4 (calcule d'abord l'électricité) ?

Exercice 5 STANDARD

On reprend la situation du début : gaz = 2724 kg CO₂, PAC = 180 kg CO₂.

Calcule le **pourcentage d'économie** de CO₂ réalisé en passant du gaz à la PAC.

Méthode

$$\text{pourcentage d'économie} = \frac{\text{CO}_2 \text{ évité}}{\text{CO}_2 \text{ du gaz}} \times 100$$

Exercice 6 — Conseil au client APPROFONDISSEMENT

Un client chauffe sa maison avec **18 000 kWh** de chaleur par an. Il hésite entre une chaudière gaz et une PAC de **COP 4**.

1. Calcule les émissions de CO₂ dans les deux cas.
2. Calcule le pourcentage d'économie de la PAC.
3. Rédige en une ou deux phrases le **conseil** que tu donnerais au client.

Simulation — « Comparateur bilan carbone gaz / pompe à chaleur »

Ouvre le fichier `simulations/comparateur-bilan-carbone-chauffage.html`.

Fais varier la **chaleur annuelle** et le **COP** de la PAC, puis observe les deux barres de CO₂. Note ce que tu remarques quand le COP augmente.

4. Bilan : ce que j’ai appris

Les émissions de CO₂ se calculent par : consommation ×

Le facteur d’émission du gaz (0,227) est bien plus grand que celui de l’électricité française (.....).

Pour une PAC, l’électricité consommée se calcule en divisant la chaleur par le

Dans notre situation, le chauffage qui pollue le moins est la

Auto-évaluation			
Je sais...	SOCLE	STANDARD	APPROFONDISSEMENT
calculer les émissions de CO ₂ du gaz			
trouver l’électricité d’une PAC avec son COP			
calculer un pourcentage d’économie de CO ₂			
conseiller un client en comparant les deux			