

Séance de 1 heure | Situation et cours

Déperditions thermiques et économies d'énergie

Seconde TNE | Domaine « Thermique »

Prénom et nom : Classe :

Énoncé — Contexte professionnel : rénovation énergétique d'un logement

Un technicien en rénovation énergétique intervient chez un client dont la maison, chauffée à l'électricité, est mal isolée. Les combles et les murs perdent beaucoup de chaleur, et la facture de chauffage est élevée.

Après l'isolation des combles et le doublage des murs, le coefficient de transmission thermique des parois diminue fortement. Le client demande : « Combien de chaleur ma maison perdait-elle avant les travaux ? Et quelle économie de chauffage puis-je espérer chaque hiver grâce à l'isolation ? »

Définition — Déperdition thermique

La **déperdition thermique** d'une paroi est la quantité de chaleur qui la traverse chaque seconde, de l'intérieur chaud vers l'extérieur froid. C'est une **puissance**, exprimée en **watts (W)**.

Propriété — Flux thermique à travers une paroi

Le flux thermique φ (déperdition) à travers une paroi se calcule par : $\varphi = U \times S \times \Delta T$, avec φ : flux thermique (déperdition) en **watts (W)** ; U : coefficient de transmission thermique de la paroi en **W/(m² · K)** ; S : surface de la paroi en **m²** ; ΔT : écart de température entre intérieur et extérieur en **K** (ou °C).

Plus U est **faible** (paroi isolante), plus la déperdition φ est **petite**.

Erreur fréquente — L'écart de température

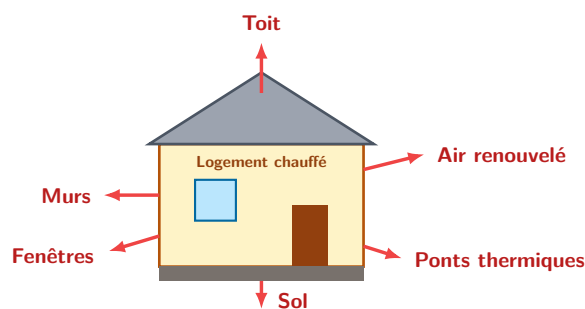
ΔT est une **différence** de températures. Un écart de 1 °C est égal à un écart de 1 K : on peut donc calculer ΔT directement en °C.

Exemple : intérieur à 20 °C, extérieur à -5 °C → $\Delta T = 20 - (-5) = 25$ K.

Propriété — Somme des déperditions

Un logement perd de la chaleur par **toutes ses parois** : toit, murs, fenêtres, sol, et par l'air renouvelé (ventilation). La déperdition totale est la **somme** de toutes les déperditions :

$$\varphi_{\text{total}} = \varphi_{\text{toit}} + \varphi_{\text{murs}} + \varphi_{\text{fenêtres}} + \varphi_{\text{sol}} + \dots$$



Maison vue de face, schéma sans échelle : les flèches rouges montrent par où la chaleur s'échappe (toit, murs, fenêtres, sol, air renouvelé, ponts thermiques). La part de chaque sortie dépend de la maison.

Définition — Énergie consommée

L'énergie perdue (donc à fournir par le chauffage) sur une durée t se calcule par : $E = \varphi \times t$. Si φ est en **kW** et t en **heures (h)**, alors E est en **kilowattheures (kWh)**. Le plus simple : convertir la puissance en kW (1 kW = 1 000 W, on divise par 1000), puis multiplier par le nombre d'heures.

Définition — L'écart moyen sur une saison de chauffe

En Île-de-France, le chauffage fonctionne environ **240 jours** par an, soit $240 \times 24 = 5\,760$ **heures**. Sur la saison, l'écart entre l'intérieur (19 °C) et l'extérieur vaut **en moyenne 10 K** : pour l'énergie d'une saison, on prend $\Delta T = 10\text{ K}$, pas l'écart d'un jour très froid.

Définition — Coût du chauffage

Le coût se calcule à partir du prix du kilowattheure : $\text{Coût} = E_{(\text{kWh})} \times \text{prix du kWh}$. Le chauffage est électrique : **0,20 € par kWh**. L'**économie** réalisée par l'isolation est la différence entre le coût **avant** et le coût **après** travaux.

Exemple — Un mur sur une saison de chauffe

Un mur en briques creuses de 20 cm, non isolé : $S = 15\text{ m}^2$, $U_1 = 2,0\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Après doublage : $U_2 = 0,25\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Sur la saison : $\Delta T = 10\text{ K}$ et $t = 5\,760\text{ h}$.
 Avant : $\varphi_1 = 2,0 \times 15 \times 10 = 300\text{ W}$; $E_1 = 0,300 \times 5760 = 1\,728\text{ kWh}$; coût $1728 \times 0,20 = 345,60\text{ €}$.
 Après : $\varphi_2 = 0,25 \times 15 \times 10 = 37,5\text{ W}$; $E_2 = 0,0375 \times 5760 = 216\text{ kWh}$; coût $216 \times 0,20 = 43,20\text{ €}$.
Économie sur ce seul mur : $345,60 - 43,20 = 302,40\text{ €}$ par saison.

Exercices | Socle**Exercice 1 – Déperdition d'une fenêtre****Exemple — Sur d'autres valeurs**

Mur de 10 m^2 , $U = 0,40\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 20 °C dedans, -4 °C dehors : $\Delta T = 20 - (-4) = 24\text{ K}$; $\varphi = 0,40 \times 10 \times 24 = 96\text{ W}$.

À toi de jouer.

Une fenêtre : $S = 2\text{ m}^2$, $U = 2,5\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Intérieur à 19 °C , extérieur à -3 °C .

1. Calculer l'écart de température ΔT .
2. Calculer la déperdition φ de la fenêtre.

Exercice 2 – Mur isolé ou non isolé**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Mur de 12 m^2 , $\Delta T = 20\text{ K}$: non isolé ($U = 2,0$), $\varphi = 2,0 \times 12 \times 20 = 480\text{ W}$; isolé ($U = 0,40$), $\varphi = 96\text{ W}$; $480 \div 96 = 5$ fois moins.

À toi de jouer.

Un technicien d'études vérifie un mur en parpaing isolé : $S = 30\text{ m}^2$, $U = 0,25\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $\Delta T = 20\text{ K}$.

1. Calculer la déperdition φ du mur isolé.
2. Avant travaux, ce mur n'était pas isolé ($U = 2,5$). Calculer sa déperdition (même S , même ΔT).
3. Combien de fois le mur isolé perd-il moins de chaleur ?

Exercice 3 – Du watt au kilowattheure**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Une paroi perd en moyenne 400 W : $400 \text{ W} = 0,4 \text{ kW}$; en 24 h, $E = 0,4 \times 24 = 9,6 \text{ kWh}$; sur 30 jours, $9,6 \times 30 = 288 \text{ kWh}$.

À toi de jouer.

Une paroi perd en moyenne $\varphi = 250 \text{ W}$ pendant la saison de chauffe.

1. Convertir 250 W en kW.

2. Calculer l'énergie perdue en une journée de 24 h, en kWh.

3. La saison de chauffe dure 240 jours. Calculer l'énergie perdue sur toute la saison.

Exercices | Standard**Exercice 4 – Déperdition totale d'un logement****Exemple — Sur d'autres valeurs**

Deux parois avec $\Delta T = 25 \text{ K}$: toit, $U = 0,20$ et $S = 60 \text{ m}^2$, $\varphi = 0,20 \times 60 \times 25 = 300 \text{ W}$; murs, $U = 0,30$ et $S = 100 \text{ m}^2$, $\varphi = 0,30 \times 100 \times 25 = 750 \text{ W}$. Total : $300 + 750 = 1050 \text{ W}$.

À toi de jouer.

Un technicien d'études relève les caractéristiques des parois d'un pavillon (intérieur $19 \text{ }^\circ\text{C}$, extérieur $-3 \text{ }^\circ\text{C}$) :

Paroi	Toit	Murs	Fenêtres	Sol
S (m^2)	80	120	20	80
U ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)	0,25	0,40	1,80	0,35

1. Calculer ΔT .

2. Calculer la déperdition de chaque paroi.

3. Calculer la déperdition totale du logement (en W).

Exercice 5 – Énergie et coût sur une saison de chauffe

Exemple — Sur d'autres valeurs

Un logement perd en moyenne 1,5 kW pendant un mois de 30 jours : $t = 30 \times 24 = 720 \text{ h}$; $E = 1,5 \times 720 = 1080 \text{ kWh}$; coût = $1080 \times 0,20 = 216 \text{ €}$.

À toi de jouer.

On reprend le pavillon de l'exercice 4. Ses 2 904 W correspondent à un jour très froid ($\Delta T = 22 \text{ K}$). Sur la saison de chauffe, on utilise l'écart moyen $\Delta T = 10 \text{ K}$ et la durée 5 760 h. Le chauffage est électrique : **0,20 € le kWh**.

1. Recalculer la déperdition totale du pavillon avec $\Delta T = 10 \text{ K}$, en W puis en kW.

2. Calculer l'énergie consommée sur la saison, en kWh.

3. En déduire le coût du chauffage sur la saison.

Exercice | Approfondissement

Exercice 6 – Facture avant / après isolation des murs

Exemple — Sur d'autres valeurs

Un mur de 40 m^2 passe de $U = 2,0$ à $U = 0,50$ ($\Delta T = 10 \text{ K}$, 5 760 h) : $\varphi_1 = 2,0 \times 40 \times 10 = 800 \text{ W}$ et $\varphi_2 = 0,50 \times 40 \times 10 = 200 \text{ W}$; $E_1 = 0,8 \times 5760 = 4608 \text{ kWh}$ et $E_2 = 0,2 \times 5760 = 1152 \text{ kWh}$; économie $(4608 - 1152) \times 0,20 = 691,20 \text{ €}$.

À toi de jouer.

Un technicien en rénovation énergétique compare les murs d'une maison avant et après isolation : $S_{\text{murs}} = 120 \text{ m}^2$. Sur la saison de chauffe : $\Delta T = 10 \text{ K}$ en moyenne, 5 760 h, kWh à 0,20 €. **Avant** : murs en parpaing non isolés, $U_1 = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; **Après** : murs doublés, $U_2 = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

1. Calculer la déperdition moyenne des murs avant et après travaux.

2. Calculer l'énergie perdue sur une saison dans les deux cas (en kWh).

3. Calculer le coût dû aux murs avant et après, puis l'économie par saison (en €).

Mon bilan avec l'enseignant : ☐ Calculer φ ☐ Passer de W à kWh ☐ Coût et économie.