

Thermique/Chimie

Formulaire de thermique

Température

L'unité des température n'importe pas : pas besoin de conversion.

$$\Delta T = T_{chaude} - T_{froide}$$

Notation : par la suite e est l'épaisseur en m, S la surface en m^2 et λ la conductivité thermique en $W m^{-1} K^{-1}$.

Résistance thermique

Résistance thermique :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

En $K W^{-1}$

Résistance thermique Surfaccique (pour $1 m^2$)

$$r_{th} = \frac{e}{\lambda}$$

En $m^2 K W^{-1}$

Flux thermiques

Flux Thermique :

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

En W

Flux Thermique Surfaccique (pour $1 m^2$)

$$\varphi = \frac{\Delta T}{r_{th}}$$

En $W m^{-2}$

On passe d'une forme du flux à l'autre (idem pour la résistance) :

$$\varphi = \frac{\Phi}{S}$$

Divers

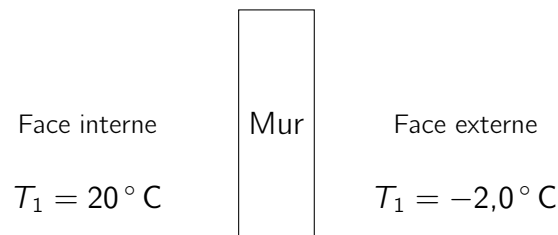
Énergie : $E = \Phi \times t$ en kWh si on choisit les bonnes unités.

Transmission thermique : $K = \frac{1}{r_{th}}$. Si on transmet, on ne résiste pas. en $W m^{-2} K^{-1}$.

- A rédiger sur feuille
- Attention aux chiffres significatifs
- Attention à la rédaction de la copie

**On donne à la fin les valeurs de conductivité thermiques utiles pour ces exercices.
Ne pas prendre celles du formulaire.**

EXERCICE 1.1. Afin de réaliser des travaux d'isolation thermique on souhaite placer du polystyrène expansé sur la face interne d'un mur. On a représenté la situation :



1. **Rappeler** le sens du transfert de la chaleur.
2. **Rappeler** le mode de propagation principal de la chaleur pour un mur.
3. **Calculer** la résistance thermique d'une plaque de polystyrène d'épaisseur $e = 2,0 \text{ cm}$ et d'aire $S = 22,5 \text{ m}^2$.

Cas du mur SANS isolant

4. **Calculer** la résistance thermique R_{th} du mur de briques d'épaisseur $e_b = 8,2 \text{ cm}$, de hauteur $h = 2,5 \text{ m}$ et de longueur $l = 9,0 \text{ m}$.
5. **Calculer** le flux thermique Φ_1 traversant le mur.

Cas du mur AVEC isolant

6. **Calculer** la nouvelle résistance thermique R_2 de l'ensemble {mur+isolant}.
7. **Calculer** le flux thermique Φ_2 de l'ensemble.
8. **Conclure** (quantitativement) sur l'efficacité de cette isolation.

EXERCICE 1.2. Autour du double vitrage

L'air est un isolant thermique. Soit un simple vitrage d'épaisseur $e_1 = 4 \text{ mm}$ et un double vitrage composé de deux simples vitrages de même épaisseurs et d'une couche d'air $e_2 = 5 \text{ mm}$.

Évaluer l'efficacité du double vitrage par rapport au simple en terme de flux thermique.

EXERCICE 1.3. Une paroi de béton simple de surface $S = 15,45 \text{ m}^2$ sépare deux milieux de températures $T_1 = 20,0^\circ \text{ C}$ et $T_2 = -10,0^\circ \text{ C}$. L'épaisseur de la paroi est de $e = 15,0 \text{ cm}$ et les résistances superficielles valent $r_{si} = 0,110 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$ et $r_{se} = 0,060 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$.

1. **Exprimer** puis calculer la résistance thermique surfacique r .
2. **Exprimer** puis calculer la résistance thermique R .
3. **Exprimer** puis calculer le flux thermique surfacique φ .
4. **Exprimer** puis calculer le flux thermique Φ .

Fin du sujet

Données numériques pouvant être utiles pour les exercices :

$$r_{\text{vitre}} = 1,00 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{polystyrène}} = 0,036 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{briques}} = 0,84 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{air}} = 0,0262 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{verre}} = 0,80 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{béton}} = 0,92 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Prix du kilowattheure en 2022 : 0.20€

Formulaire de chimie

Les unités sont, sauf précision contraire, les unités standards du SI.

- Quantité de matière : $n = \frac{m}{M}$
- Concentration : $c = \frac{n}{V}$
- Volume d'un gaz : $V = n \times V_M$ avec $V_M = 24 \text{ L/mol}$
- Masse volumique : $\rho = \frac{m}{V}$
- Quantité d'électricité $Q = n_e \times \mathcal{F}$ avec $\mathcal{F} = 96\,500 \text{ C/mol}$
- Intensité du courant électrique : $I = \frac{Q}{\Delta t}$

Couple ox/red	Potentiel standard (V)
$\text{Au}^{3+} / \text{Au}$	1.50
$\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$	1.39
$\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$	1.23
Ag^+ / Ag	0.80
$\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$	0.34
$\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2$	0
$\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}$	-0.13
$\text{Sn}^{2+} / \text{Sn}$	-0.14
$\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}$	-0.23
$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$	-0.44
$\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$	-0.76
$\text{Al}^{3+} / \text{Al}$	-1.67
$\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}$	-2.37

Espèce	Masse molaire (g/mol)
Fer	55.8
Or	197
Hydrogène	1.0
Oxygène	16.0
Zinc	65
Nickel	58.7
Aluminium	27

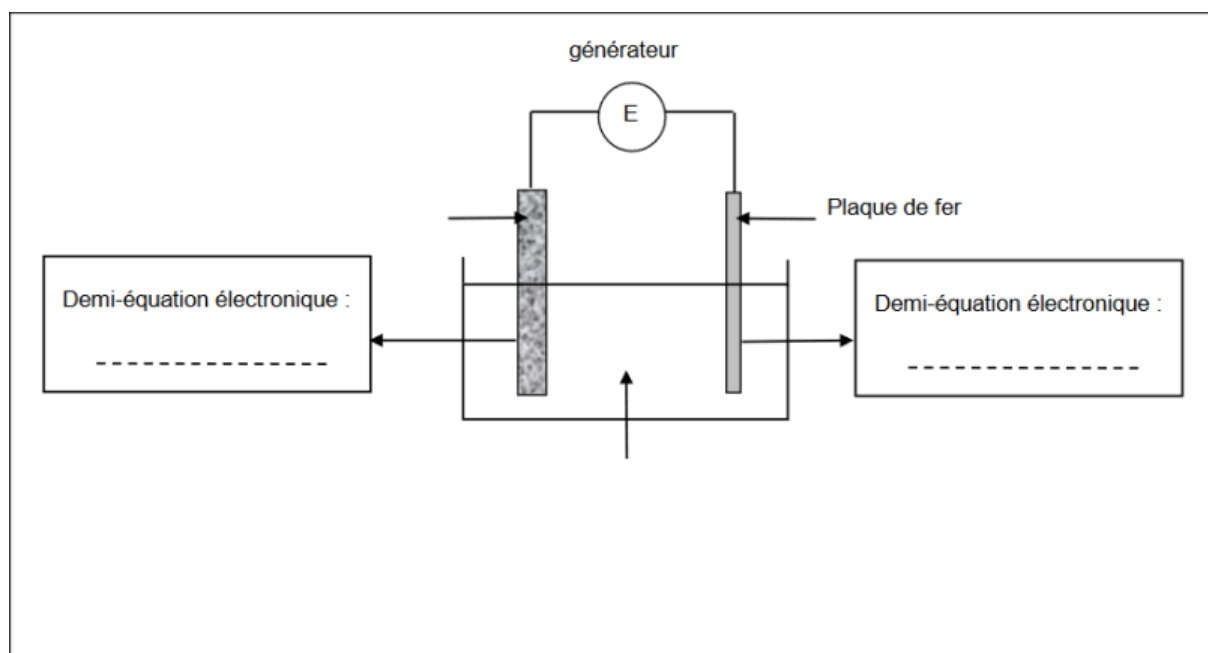
EXERCICE 1.4. Les gouttières en zinc ont une méthode particulière de se protéger contre la corrosion : elles se passivent.

1. Expliquer pourquoi, de manière détaillée, le zinc est sensible à la corrosion.
2. Écrire les demi-équations de la corrosion du zinc par le couple $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2$;
3. Écrire la réaction bilan de la corrosion du zinc par l'eau acidifiée.
4. Expliquer le terme "passivation".
5. La réaction précédente, qui attaque le zinc, donne-t-elle une espèce solide capable de protéger le métal restant ? Justifier à l'aide de vos connaissances.
6. Dédire la réaction qui va permettre la formation du carbonate de zinc (ZnCO_3) à l'aide des ions carbonate de formule chimique CO_3^{2-} se trouvant dans l'eau de pluie.

Certaines pièces métalliques sensibles aux intempéries sont protégées par un procédé au nickel semblable à la galvanisation qui utilise de l'étain. Le nickelage permet d'améliorer l'aspect (brillance) de l'objet mais surtout de le protéger dans le temps.

On souhaite réaliser la protection par nickelage d'une plaque d'acier de surface $S = 5,0 \text{ m}^2$. L'épaisseur cible est $e = 0,10 \text{ mm}$ et elle correspond à un volume de nickel égal à $0,50 \times 10^3 \text{ cm}^3$ de métal. L'intensité du courant électrique est maintenue telle que $I = 1,0 \text{ kA}$.

7. Expliquer le principe du nickelage.
8. Expliquer pourquoi il n'est pas nécessaire de procéder à une électrolyse dans cette situation. (Mais on va quand même le faire pour gagner du temps !)
9. Écrire les demi-réactions correspondant à la transformation entre l'électrode de nickel et la solution contenant les ions Ni^{2+} . On pourra, pour s'aider, faire un schéma de l'expérience.
10. Calculer la masse de nickel à déposer pour obtenir la couche souhaitée.
11. Dédire du résultat précédent la quantité de matière d'électrons (en mol) devant traverser le circuit pendant l'opération.
12. Déterminer, dans un format compréhensible, la durée nécessaire au nickelage de la pièce.



Ce schéma n'est pas à rendre avec la copie, c'est une aide pour la compréhension.

Données numériques : on prendra pour masse volumique du nickel : $\rho = 8,9 \text{ g/cm}^3$.

CORRIGE 1.1 1. La chaleur se déplace de la source chaude vers la source froide

2. Conduction thermique

$$3. R = \frac{e}{\lambda S} = \frac{0.020}{22.5 \times 0.036} \text{ ce qui donne } R = 2,5 \times 10^{-2} \text{ K W}^{-1}$$

$$4. R_{th} = \frac{0.082}{2.5 \times 9.0 \times 0.84} \text{ et } R_{th} = 4,3 \times 10^{-3} \text{ K W}^{-1}$$

$$5. \phi_1 = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{22}{4.3e-3} = 5,1 \times 10^4 \text{ W}$$

$$6. R_2 = R + R_{th} \text{ ce qui donne } R_2 = 2,9 \times 10^{-2} \text{ K W}^{-1}$$

$$7. \phi_2 = \frac{22}{2.9e-2} = 7,5 \times 10^2 \text{ W}$$

8. On passe de 5100 à 750 ce qui donne une réduction d'environ 6.8 (7) du flux.

CORRIGE 1.2 Le flux s'exprime $\varphi = \frac{\Delta T}{r}$ sachant que dans les deux cas, la température sera la même, seule la résistance influera.

On sait que $r = \frac{e}{\lambda}$ donc pour le simple vitrage, $r_s = \frac{e_1}{\lambda_{verre}}$

Or pour le double vitrage, on a $r_d = 2r_s + r_{air}$

On peut calculer les résistances thermiques : $r_s = \frac{0.004}{0.8}$ et $r_s = 0,005 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$ alors que

$$r_d = 0.010 + \frac{0.005}{0.0262} \text{ ce qui donne } r_d = 0,2 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}.$$

La résistance thermique du double vitrage est proche de 40 fois plus grande que celle du simple.

Le flux va donc être beaucoup plus petit : $r_d = 40r_1$ donc $\varphi_d = \frac{\Delta T}{40r_1} = \frac{\varphi_s}{40}$.

CORRIGE 1.3 1. $r = \frac{e}{\lambda} + r_{si} + r_{se} = \frac{0.150}{0.92} + 0.110 + 0.0600$ donc $r = 0,333 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$.

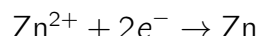
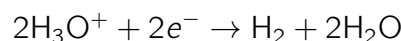
$$2. R = \frac{r}{S} = \frac{0.333}{15.45} \text{ donc } R = 2,16 \times 10^{-2} \text{ K W}^{-1}.$$

$$3. \varphi = \frac{\Delta T}{r} = \frac{30}{0.33} \text{ donc } \varphi = 90,1 \text{ W m}^{-2}.$$

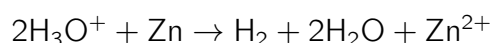
$$4. \Phi = \varphi \times S = 90.1 \times 15.45 \text{ donc } \Phi = 1,39 \times 10^3 \text{ W}.$$

CORRIGE 1.4 1. Le zinc peut être attaqué par la corrosion à cause du potentiel de son couple : l'eau (acidifiée) ou l'oxygène de l'air sont tous les deux des oxydants plus forts que les ions zinc, la règle du gamma nous indique donc une réaction spontanée.

2. Demi équations :



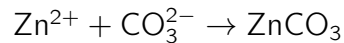
3. La réaction bilan s'écrit simplement (même nombre d'électrons échangés) :



4. La passivation est le phénomène qui consiste à laisser naturellement un métal se faire attaquer par la corrosion pour former une couche protectrice. On trouve cela aussi dans les tuyauteries en cuivre en plomberie.

5. Elle ne donne que des ions qui sont dissous dans l'eau, ce n'est donc pas une protection.

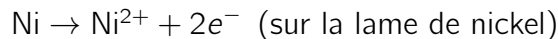
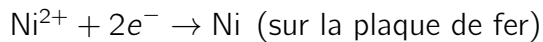
6. La réaction s'écrit :



7. Le principe du nickelage est de protéger la pièce en la recouvrant, par électrolyse, d'une couche d'un métal qui formera une couche étanche contre la corrosion (et qui sera en plus attaqué en premier le cas échéant).

8. La règle du gamma considérée entre les couples du fer et de l'ion nickel fait que la réaction spontanée se ferait (nickelage chimique). Néanmoins, pour un gain de temps et une meilleure adhérence sur la pièce, on choisit l'électrolyse.

9. Les demi réactions :



10. La masse s'obtient par la masse volumique : $m = \rho \times V = 8.9 \times 0.5 \times 10^3 = 4,5 \times 10^3 \text{ g} = 4,5 \text{ kg}$.

11. On remarque que dans la demi équation de transformation du nickel, il faut fournir le double d'électrons par rapport à l'ion pour obtenir un atome de nickel. On a donc $n_e = 2n$ et $n = \frac{m}{M}$ ce qui donne $n_e = \frac{2m}{M}$. Une application numérique donne : $n_e = 1,5 \times 10^2 \text{ mol}$.

12. Connaissant la quantité de matière d'électrons, on peut écrire $Q = n_e \times \mathcal{F} = I \times \Delta t$. De là on isole $\Delta t = \frac{n_e \times \mathcal{F}}{I} = 1,5 \times 10^4 \text{ s}$. Ce résultat se convertit en heures : 4h 3min et 36 secondes pour être précis.