Terminale Spécialité Physique-Chimie	Thème : Energie et ses transferts	M.KUNST-MEDICA MAJ 07/2024	La Salle Avignon Frères des Écoles Chrétiennes
Chapitre 18 : Gaz parfait et bilan d'énergie d'un système		Cours livre p 305 à 307 et p 326 à 329	

Nom : ……………………. Prénom : …………………. Classe : ……………………..

Mon livret « Parcours d'exercices ».

A remettre au professeur le jour du DS avec les feuilles d'exercices

Site internet : http://www.lasallesciences.com

Les « attendus » du chapitre

Bilan	Mon opinion	Avis du professeur après le DS
AM 18.1 : Comportement de deux gaz et cours		
Relier qualitativement les valeurs des grandeurs macroscopiques mesurées aux propriétés du système à l'échelle microscopique.		
Exploiter l'équation d'état du gaz parfait pour décrire le comportement d'un gaz.		
Identifier quelques limites du modèle du gaz parfait.		
AD 18.2 : Température et énergie interne.		
Citer les différentes contributions microscopiques à l'énergie interne d'un système.		
Prévoir le sens d'un transfert thermique		
AE 18.3 : Étude énergétique d'un chauffe-eau électrique		
Distinguer, dans un bilan d'énergie, la variation de l'énergie du système et les transferts d'énergie entre le système et l'extérieur.		
Exploiter l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible en fonction de sa capacité thermique et de la variation de sa température pour effectuer un bilan énergétique.		
Effectuer l'étude énergétique d'un système thermodynamique.		
AD 18.4 : Les modes de transferts thermiques		
Caractériser qualitativement les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement.		
AD 18.5 : Résistance thermique d'une double fenêtre		
Exploiter la relation entre flux thermique, résistance thermique et écart de température, l'expression de la résistance thermique étant donnée.		

AD 18.6 : Effectuer un bilan thermique de la Terre		
Effectuer un bilan quantitatif d'énergie pour estimer la température terrestre moyenne, la loi de Stefan-Boltzmann étant donnée. Discuter qualitativement l'effet de serre sur la température terrestre moyenne.		
AD 18.7 : exercices 14-16 p 335-336		
Suivre et modéliser l'évolution de la température d'un système incompressible.		
Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie. Établir l'expression de la température en fonction du temps.		
Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants.		

Les bons réflexes

Si l'énoncé demande de…	Il est nécessaire de…
Calculerlapressiond'ungaz, sonvolume,satempérature ousaquantitédematière.	**Réflexe 1** Ex. 5 p. 312 Vérifier que le gaz est modélisable par un gaz parfait. Écrire l'équation d'état des gaz parfaits. Isoler la grandeur recherchée et effectuer le calcul en faisant attention aux unités.
CalculerlavariationΔUd'énergie interned'unsystèmeoueffectuer sonbilanénergétique.	**Réflexe 2** Ex. 19 p. 314 Définir le système, au repos macroscopique, qui n'échange pas de matière avec l'extérieur. Repérer les états initial et final du système. Identifier tous les transferts d'énergie entre le système et l'extérieur, repérer leur sens et signe. Effectuer la somme de ces transferts. Écrire le premier principe de la thermodynamique. Interpréter le signe de cette somme.
Exploiterlavariation d'énergieinterne d'unsystèmeincompressible dontlatempératurevarie.	**Réflexe 3** Ex. 21 p. 3 Écrire la relation $\Delta U_{i\to f} = m \times c \times (T_f - T_i)$ ou $\Delta U_{i\to f} = m \times c \times (\theta_f - \theta_i)$. Rechercher les données fournies dans le texte concernant le système. Exploiter la relation précédente pour déterminer la grandeur recherchée.

Si l'énoncé demande de…	Il est nécessaire de…
Établir l'équation différentielle vérifiée par la température θ (ou T) d'un système au contact d'un thermostat.	**Réflexe 1** Ex. 12 p. 335 **Rappeler** le premier principe de la thermodynamique. **Utiliser** la définition du flux thermique supposé constant pour exprimer le transfert thermique Q pendant un intervalle de temps Δt. **Utiliser** la loi de Newton fournie pour exprimer le flux thermique Φ convectif transféré du système vers le milieu extérieur (ou thermostat) puis Q pendant Δt. **Exprimer** la variation d'énergie interne $\Delta U_{i\to f}$ du système incompressible dont la température varie. **Exprimer** $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ puis, lorsque Δt tend vers zéro, identifier $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ à $\frac{d\theta}{dt}$ afin d'établir une relation en fonction de θ (ou T).
Résoudre l'équation différentielle vérifiée par la température θ (ou T) d'un système au contact d'un thermostat.	**Réflexe 2** Ex. 14 p. 335 **Écrire** l'équation différentielle vérifiée par la température sous la forme : $\frac{d\theta}{dt} = a \times \theta + b$ (ou $\frac{dT}{dt} = a \times T + b$). **Rappeler** la forme générale des solutions de l'équation différentielle. **Utiliser** les conditions initiales pour déterminer la constante d'intégration de la solution.

Les outils mathématiques du chapitre

Côté maths 7 : Résoudre une équation différentielle de second membre constant et non nul

Côté maths

Résoudre sur $\mathbb{R}$ l'équation différentielle suivante : $y' = -4y + 8$ avec la condition $y(0) = 4$.

Méthode

Pour une équation différentielle $y' = ay + b$ (avec $a \neq 0$), les solutions sont de la forme $y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$ avec $K \in \mathbb{R}$.

Les solutions de cette équation sont donc :

$y = K \times e^{-4x} - \frac{8}{(-4)} = K \times e^{-4x} + 2$ avec $K \in \mathbb{R}$.

Or, $y(0) = 4$, donc $4 = K + 2$, soit $K = 2$.

L'unique solution de cette équation différentielle avec la condition $y(0) = 4$ est donc : $y = 2e^{-4x} + 2$.

Côté physique & chimie

Déterminer la solution de l'équation différentielle : $\frac{d\theta}{dt} = -\frac{h \times S}{m \times c} \times \theta + \frac{h \times S}{m \times c} \times \theta_e$ avec $\theta(0) = \theta_i$

Méthode

Les solutions d'une équation différentielle de la forme $y' = ay + b$ s'écrivent $y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$ avec $K \in \mathbb{R}$ et $a \neq 0$.

Par analogie, les solutions de l'équation différentielle proposée sont : $\theta = K \times e^{-\frac{h \times S}{m \times c} \times t} + \theta_e$.

Sachant que $\theta(0) = \theta_i$ on trouve $K = \theta_i - \theta_e$.

L'unique solution de cette équation différentielle vérifiant $\theta(0) = \theta_i$ est donc : $\theta = (\theta_i - \theta_e) \times e^{-\frac{h \times S}{m \times c} \times t} + \theta_e$.

À retenir !

Théorème – Les solutions d'une équation différentielle de la forme $y' = ay + b$ s'écrivent :

$$y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a} \text{ avec } K \in \mathbb{R} \text{ et } a \neq 0$$

Les vidéos du chapitre

https://www.youtube.com/watch?v=kU8cj-ZAiQ0	https://www.youtube.com/watch?v=gXCwk1fR1ec	http https://www.youtube.com/watch?v=TsJtZB34OG0
Rappels : Variation de l'énergie mécanique	**Cours Stella : Étude d'un système thermodynamique**	**Cours Stella : Transferts thermiques**

Les exercices du plan de travail

A faire après le cours et l'AM 18.1 : Comportement de deux gaz de nature différente

<u>Lire</u> les corrections de l'AM 18.1 et de l'AD 18.2
<u>Lire et étudier</u> le « I » du cours – « Modèle du gaz parfait »

Exercices d'application :
Livret exos révisions physique : 112 à 118 p 71 à 73

Exercice 112 :

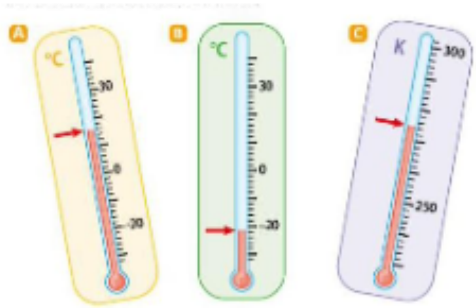
1. À l'échelle microscopique, à quelle propriété d'un gaz est liée la valeur de :
   a. La température
   b. La pression
   c. La masse volumique

2. La modification de la vitesse des constituants microscopiques d'un volume de gaz donné conduit au changement de la valeur de :
   a. La température mesurée
   b. La pression mesurée
   c. La masse volumique mesurée

3. On considère un volume constant de gaz. Initialement $\theta = 20\ °C$, $P = 1013\ hPa$ et $\rho = 1,2\ kg.m^{-3}$.
Trois scénarios sont envisagés :
   a) Les molécules se déplacent moins vite
   b) Les molécules sont plus nombreuses
   c) Les molécules sont remplacées par des particules de masse plus faible.

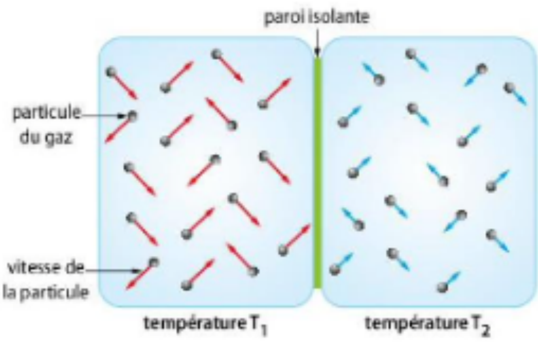
Associer à chaque scénario, les valeurs des grandeurs macroscopiques mesurées adaptées :
   i. $\theta = 20\ °C$, $P = 1025\ hPa$ et $\rho = 1,5\ kg.m^{-3}$
   ii. $\theta = 20\ °C$, $P = 1013\ hPa$ et $\rho = 1,0\ kg.m^{-3}$
   iii. $\theta = 18\ °C$, $P = 1005\ hPa$ et $\rho = 1,2\ kg.m^{-3}$

Exercice 113 :



1. Qu'appelle-t-on température thermodynamique d'un système ? Quel lien existe-t-il avec la température Celsius ?
2. Classer par ordre de degré d'agitation moléculaire décroissante, les systèmes dont les valeurs de la température sont mesurées ci-contre.
3. Quelle est la signification microscopique du zéro sur l'échelle de la température thermodynamique ?

Exercice 114 :



1. Deux récipients de même volume séparés par une paroi isolante et amovible contiennent le même gaz. L'un d'eux est plus chaud que l'autre.
   a. Identifier, en justifiant la réponse, le récipient dans lequel la valeur de la température mesurée est la plus grande. En déduire le corps chaud et corps froid.
   b. La valeur de la masse volumique mesurée est-elle la même pour chaque gaz ? Justifier la réponse.
   c. La valeur de la pression mesurée est-elle la même pour chaque gaz ? Justifier la réponse.

2. On retire la plaque amovible séparant les deux récipients. Un transfert de l'énergie thermique s'effectue jusqu'à l'équilibre thermique du corps chaud vers le corps froid.
   a. Proposer qualitativement une représentation du gaz à l'équilibre à l'échelle microscopique.
   b. Quelle propriété des constituants microscopiques du gaz provoque cet échange d'énergie ?
   c. Comparer les valeurs des températures T_1, T_2, et T du gaz à l'équilibre thermique.

Exercice 115 : Répondre par Vrai ou Faux pour chaque proposition ci-dessous. Un gaz est parfait :

1. Si la distance qui sépare deux molécules du gaz est en moyenne très petite.
2. S'il est fortement comprimé.
3. Si le volume qu'il occupe est très grand par rapport au nombre de particules présentes.
4. Si le nombre de chocs entre particules du gaz est élevé.

Exercice 116 : La masse volumique de l'air assimilé à un gaz parfait dans les conditions normales de température et de pression ($T_1 = 273$ K et $P_1 = 1{,}013 \times 10^5$ Pa) est 1,293 $g.L^{-1}$.
Données : Constant des gaz parfaits : $R = 8{,}314\ Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$.
Équation d'état du gaz parfait : $P \times V = n \times R \times T$

- Calculer la masse volumique de l'air dans les conditions standard de température et de pression ($T_2 = 298$ K et $P_2 = 1{,}000 \times 10^5$ Pa).

Exercice 117 :

Données : Constant des gaz parfaits : $R = 8{,}314\ Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$; $M_{air} = 28{,}9\ g.mol^{-1}$

1. Un ballon de volley-ball de 4,8 L contient 7,5 g d'air à la température de 17 °C. L'air est assimilé à un gaz.
   a. Calculer la quantité de matière de gaz dans le ballon.
   b. Convertir la température en K et le volume en m^3.
   c. Écrire l'équation d'état du gaz parfait et en déduire la valeur de la pression de l'air dans le ballon.

2. La température est doublée et sa valeur atteint 34 °C. La variation de volume du ballon est négligeable.
   a. Pourquoi la valeur de la pression mesurée n'est-elle pas également doublée ?
   b. Donner la nouvelle valeur de la pression de l'air dans le ballon.
   c. Pour quelle température en °C la valeur de la pression serait-elle doublée ?

Exercice 118 :
Données : Constant des gaz parfaits : $R = 8{,}314\ Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$.
Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02 \times 10^{-23}\ mol^{-1}$.

1. Calculer la quantité de matière de diazote contenue dans un récipient d'un litre à la pression de 1,1 bar et à la température de 25 °C.
2. En déduire le nombre de molécules puis le volume propre des molécules (le volume d'une molécule de diazote est estimé à $7{,}0 \times 10^{-28}$ L).
3. Comparer le volume occupé par les molécules à celui occupé par le gaz. Dans ces conditions, le diazote peut-il être assimilé à un gaz parfait ?

A faire après l'AD 18.2 : Température et énergie interne

Lire la correction ***de l'AD 18.2***
Lire et étudier ***le « II » du cours – L'énergie interne d'un système »***

Exercices d'application :

Livret exos révisions physique : 119 à 121 p 71 à 73

Exercice 119 :

- L'affirmation suivante est-elle correcte ?

« Lorsqu'un solide cristallin au repos macroscopique s'échauffe, son énergie cinétique microscopique augmente, son énergie potentielle microscopique augmente, donc son énergie interne augmente. »

Exercice 120 :

1. Qu'appelle-t-on l'énergie interne d'un système ?
2. Citer les différentes contributions microscopiques de l'énergie interne d'un système.
3. Comment expliquer l'existence d'énergies cinétiques microscopiques ?
4. À quelle grandeur macroscopique associe-t-on ces énergies cinétiques microscopiques ?
5. Comment expliquer l'existence d'énergies potentielles d'interaction microscopiques ?
6. Comment expliquer la faible contribution de ces énergies dans le cas d'un gaz comme l'air ?

Exercice 121 : On considère deux systèmes constitués respectivement de 100 g de vapeur d'eau et de 100 g d'eau liquide, tous les deux à 100 °C.

1. Quelle contribution énergétique à l'énergie interne prédomine pour chaque système ?
2. Quel système à l'énergie interne la plus grande ?

A faire après l'AE 18.3 : Étude énergétique d'un chauffe-eau et d'un matériau

Lire ***la correction de l'AE 18.3***
Étudier ***le « III » du cours – premier principe de la thermodynamique et bilan d'énergie***
Visionner ***la vidéo « étude d'un système thermodynamique »***

Exercices d'application :

Livret exos révisions physique : 122 à 127 p 73 à 74

Exercice 123 : L'eau de la théière ci-contre est chauffée jusqu'à la température de 80 °C. On néglige tout échange par le bec verseur.

1. Identifier les transferts d'énergie entre le système {eau + théière} et le milieu extérieur.
2. Énoncer puis écrire le premier principe pour ce système.

Exercice 124 : Dans un récipient, 500 g de chocolat chaud encore liquide refroidissent et sont brassés à l'aide d'un fouet électrique.

1. Effectuer l'étude énergétique du système {chocolat} en s'appuyant sur un diagramme énergétique.
2. Écrire le premier principe de la thermodynamique en justifiant que le système est au repos.
3. Distinguer le terme correspondant à la variation de l'énergie du système des termes correspondant à des transferts d'énergie entre le système et l'extérieur.
4. Sachant que l'énergie perdue par le chocolat en se refroidissant est de 50 kJ et que l'énergie reçue par le fouet est de 10 kJ, déterminer la variation d'énergie interne du système.

Exercice 125 : Pour évaluer les pertes thermiques d'une habitation, on procède à l'expérience suivante : la masse m d'air à l'intérieur de la maison étant initialement à la température T_1 = 19,0 °C, on coupe le système de chauffage pendant une durée Δt = 1,00 h. On mesure une température finale T_2 = 15,6 °C.

Données : Capacité thermique massique de l'air : $C_a = 1\,000\ J.K^{-1}.kg^{-1}$;
Volume intérieur de la maison : $V = 400\ m^3$; masse volumique de l'air : $\rho = 1{,}3\ kg.m^{-3}$.

1. Exprimer, puis calculer, l variation de l'énergie interne ΔU de l'air contenu dans la maison.
2. Interpréter le signe du résultat obtenu à la question précédente.

Exercice 126 : Pour préparer une soupe « miso » instantanée, on verse sur le contenu du sachet une masse m d'eau de 150 g initialement à la température θ_i = 20 °C. Le système {eau} est considéré comme incompressible. On néglige l'influence du contenu du sachet.
On chauffe l'eau pour l'amener à la température finale souhaitée θ_f.

Données : Capacité thermique massique de l'eau : $C_{eau} = 4{,}18 \times 10^3\ J.kg^{-1}.°C^{-1}$.

1. Exprimer la variation d'énergie interne $\Delta U_{i \to f}$ de l'eau, en fonction notamment de sa masse et de sa variation de température ente l'état initial et l'état final.
2. La variation d'énergie interne $\Delta U_{i \to f}$ de l'eau à obtenir, pour que la température de l'eau atteigne la valeur finale souhaitée θ_f, est égale à $4{,}2 \times 10^4$ J. Calculer θ_f.

Exercice 127 : L'aluminium est l'élément métallique le plus abondant dans l'écorce terrestre. Pour réaliser des bâtiments, il est utilisé en alliage avec du magnésium. L'alliage est composé de 90 % en masse d'aluminium et 10 % en masse de magnésium.

Pour améliorer sa résistance mécanique, une pièce d'alliage de masse m =10 kg subit une trempe thermique. Pour cela, elle est portée à haute température θ_i = 540 °C, puis refroidie rapidement dans un bain d'eau de masse m_{eau} = 1,00 tonne et de température initiale θ_2 = 19 °C.
Lors de la trempe thermique, il est nécessaire de prévoir, il est nécessaire de prévoir l'élévation maximale de la température du bain. L'eau et l'alliage sont supposés incompréhensibles.

Données : Capacité thermiques massiques :
- De l'aluminium : $C_{Al(s)} = 897\ J.kg^{-1}.°C^{-1}$.
- Du magnésium : $C_{Mg(s)} = 1{,}02 \times 10^3\ J.kg^{-1}.°C^{-1}$.
- De l'eau : $C_{eau(s)} = 4{,}18 \times 10^3\ J.kg^{-1}.°C^{-1}$.

1. La capacité thermique massique d'un alliage est égale à la somme des capacités thermiques massiques de ses constituants coefficientées par leur pourcentage massique.
   Montrer que la capacité thermique massique de l'alliage d'aluminium est $C = 909\ J.kg^{-1}.°C^{-1}$.
2. Quelle est la forme d'énergie du système 1 {pièce d'alliage} qui est modifiée lorsqu'il vient au contact de l'eau ?
3. Exprimer la variation d'énergie interne ΔU_1 du système 1, puis ΔU_2 du système 2 {eau du bain} au cours de la trempe.
4. On néglige tout échange avec l'air ou la cuve contenant l'eau.
   a. Écrire le premier principe pour le système 1, puis pour le système 2.
   b. En déduire que $\Delta U_1 = -\Delta U_2$.
5. À l'aide des réponses précédentes, calculer la température finale du bain θ_f.

A faire après l'AD 18.4 : Les modes de transferts thermiques et l'AD 18.5 : Résistance thermique d'une double fenêtre.

<u>Lire</u> les corrections de l'AD 18.4 et de l'AD 18.5
<u>Étudier</u> le « IV » du cours – « Modes de transferts thermiques »
<u>Visionner</u> la vidéo « **Transferts thermiques » (Seulement 1-2-3 de la vidéo)**

<u>Exercices d'application :</u>
Livret exos révisions physique : 128 à 132 p 74 à 75

<u>Exercice 128 :</u>

1. Donner les modes de transfert thermique qui permettent à la surface de la Terre de réchauffer son atmosphère.
2. Préciser le mode de transfert thermique qui est limité lorsque l'on met gants de cuisine pour sortir les plats d'un four.
3. Préciser le mode de transfert thermique qui est limité lorsque l'on met des gants de cuisine pour sortir les plats d'un four.

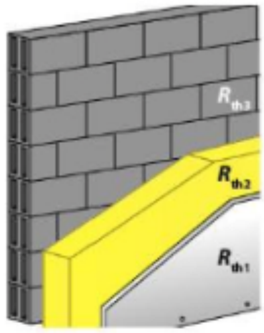
Exercice 129 : Les habitations sont principalement dotées de deux types de radiateurs : les radiateurs rayonnants et convecteurs.

1. Préciser lequel des deux a une géométrie qui favorise le plus les échanges avec l'air.
2. Faire un schéma représentant les deux modes de transfert thermique d'un radiateur.

Exercice 130 : Une baie vitrée à simple vitrage a une résistance thermique de $R_{simple} = 0{,}040\ K.W^{-1}$.
La propriétaire de la maison hésite à passer au double vitrage, ce qui lui permettrait de passer à une résistance $R_{double} = 0{,}25\ K.W^{-1}$.

- Calculer la puissance de chauffage économisée grâce au double vitrage par rapport au simple vitrage en hiver lorsque la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur atteint 20 °C.

Exercice 131 : Un mur est constitué d'une cloison de plâtre de résistance thermique R_{th1} collée à une couche de laine de verre de résistance thermique R_{th2}.
L'ensemble est fixé à une paroi de béton de résistance thermique R_{th3}.
La surface S du mur est 20 m². La température à l'intérieur de la pièce est 20 °C ; celle du milieu extérieur est 5 °C.



Donnée : Résistances thermiques en $°C.W^{-1}$ pour S = 20 m² :

Plâtre	Laine de verre	Béton
0,039	0,125	0,013

1. Schématiser la situation en indiquant par une flèche le sens des transferts thermiques à travers le mur.
2. Indiquer le mode de transfert thermique mis en jeu.
3. Calculer la résistance thermique totale du mur R_{th}.
4. Calculer le flux thermique Φ traversant le mur.
5. Comparer Φ avec le flux thermique traversant une simple paroi de béton pour une même différence de température.

Exercice 132 : Afin de réduire les dépenses de chauffage et d'avoir un comportement écoresponsable, on cherche à améliorer l'isolation thermique d'une habitation. En effet celle-ci ne possède un grenier non chauffé, on décide donc d'en isoler le sol.
Il existe de nombreux matériaux isolants caractérisés par leur conductivité thermique notée λ. Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus il conduit facilement la chaleur.

Données : température du grenier : $\theta_1 = 5{,}0$ °C ; température de la maison : $\theta_2 = 20$ °C ;
Surface du sol du grenier : S = 80 m² ;
Résistance thermique du sol du grenier non isolé : $R = 7{,}5 \times 10^{-3}\ K.W^{-1}$;
Expression de la résistance thermique : $R = \frac{e}{\lambda.S}$ avec e l'épaisseur (en m) et S la surface (en m²) de la paroi.

Nom du matériau	Laine de roche	Polystyrène extrudé	Liège naturel expansé	Cellulose
Conductivité thermique λ ($W.m^{-1}.K^{-1}$)	0,035	0,033	0,042	0,039

1. Dans quel sens s'effectue le transfert thermique dans l'habitation ?
2. Donner l'expression puis calculer le flux thermique Φ à travers le sol du grenier non isolé.
3. Quel serait un bon choix de matériau pour un isolant thermique ?
4. On veut diviser le flux thermique par 10. Sachant que lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques de chaque paroi, calculer la résistance thermique de l'isolant.
5. Tous les matériaux proposés s'achètent sous forme de panneaux rigides dans le commerce Quelle épaisseur minimale doit posséder le panneau du matériau choisi ?

A faire après l'AD 18.6 : Effectuer un bilan thermique de la Terre et l'AD 18.7 : Suivre et modéliser l'évolution de la température d'un système incompressible

***Lire** les corrections de l'AD 18.6 et l'AE 18.7*
***Étudier** le « V » et « VI » du cours* – **« Température terrestre moyenne » et « loi de Newton »**

Exercices d'application :
Livret exos révisions physique : 133 à 135 p 76

Exercice 133 : le flux thermique transféré entre un système en convection et un thermostat, milieu extérieur à température constante, est modélisé par la loi de Newton : $\Phi = h \times S \times (T_e - T)$

- Indiquer ce que représentent les grandeurs S, T_e et T dans cette loi et préciser les unités de h et Φ.

Exercice 134 : À la sortie du four, un gâteau dans son moule est à la température θ_i = 180 °C. Le système {gâteau et moule} est laissé à la température ambiante constante de θ_e = 20 °C.
L'équation différentielle vérifiée par la température du système est : $\frac{d\theta}{dt} = a.(\theta - \theta_e)$.
Dans cette relation, a est une constante négative qui dépend du système et du fluide étudiés.
Donnée : On considère que le système {gâteau + moule} est un système incompressible.
On néglige les échanges de matière entre le système et le milieu extérieur ; le seul transfert thermique est convectif.
Dans la situation étudiée, $a = -3{,}8 \times 10^{-4}\ s^{-1}$.

1. Montrer, en résolvant l'équation différentielle, que $\theta = \theta_e + (\theta_i - \theta_e) \times e^{a.t}$.
2. Quelle sera la température du gâteau une heure après sa sortie du four ?

Exercice 135 : On considère une tasse de café initialement à la température de 75 °C dans une pièce à 25 °C. Après 5 minutes le café est à 50 °C.
On suppose que la vitesse de refroidissement du café est proportionnelle à la différence des températures (autrement dit que la température du café suit la loi de Newton) : cela signifie qu'il existe une constante y < 0 telle que la température vérifie l'équation différentielle de premier ordre : $\frac{dT(t)}{dt} = y(T(t) - T_{amb})$

1. Effectuer un bilan énergétique pour le système {café}.
2. Donner la valeur de T_{amb}.
3. Résoudre l'équation différentielle en donnant l'expression de T(t) en fonction de y.
4. Déterminer la valeur numérique de la constante de refroidissement y.
5. En déduire l'expression générale de T(t).

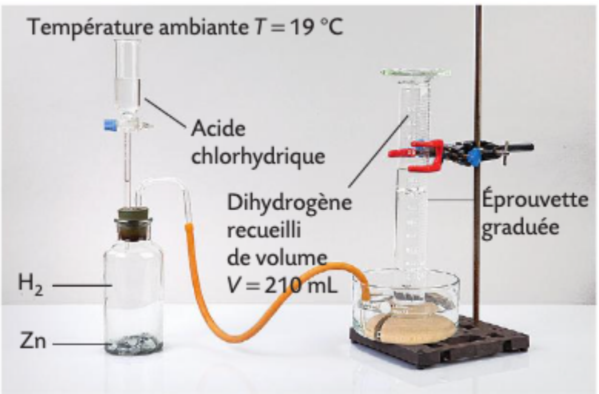
Exercices résolus bilan de fin de chapitre

1 Exercice résolu

Production de dihydrogène

| Exploiter des informations ; effectuer des calculs.

La production de dihydrogène au laboratoire de chimie se fait par l'action de l'acide chlorhydrique sur le métal zinc, comme indiqué sur la photographie ci-contre. Le dihydrogène produit est recueilli dans une éprouvette graduée retournée sur une cuve à eau.



1. Rappeler les conditions nécessaires pour qu'un gaz soit modélisable par un gaz parfait.

2. Dans les conditions de l'expérience, le dihydrogène est modélisé par un gaz parfait à la pression de $9{,}90 \times 10^4$ Pa.
Calculer la masse volumique du dihydrogène.

Données
- Constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314\ Pa \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$.
- $M(H_2) = 2{,}016\ g \cdot mol^{-1}$.
- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1{,}000 \times 10^3\ kg \cdot m^{-3}$.
- Conversion des températures : $T(K) = \theta\ (°C) + 273$.

Solution rédigée

- On utilise le Réflexe 1.

Vérification de la validité du modèle du gaz parfait

Écriture de l'équation d'état des gaz parfaits

Isolement de la grandeur recherchée et calcul en faisant attention aux unités

1. Les conditions nécessaires pour qu'un gaz soit modélisable par un gaz parfait sont une masse volumique et une pression faibles.

2. La masse volumique ρ du dihydrogène, modélisable par un gaz parfait d'après l'énoncé, est donnée par la relation $\rho = \frac{m}{V}$.

L'équation d'état des gaz parfaits permet de déterminer le nombre de moles de dihydrogène produit :

$$P \times V = n \times R \times T$$

soit :

$$n = \frac{P \times V}{R \times T}$$

Or $m = n \times M$. On obtient $m = \frac{P \times V}{R \times T} \times M$, soit $\rho = \frac{P \times V}{R \times T \times V} \times M = \frac{P}{R \times T} \times M$.

La température doit être exprimée en kelvin : $T = 19\ °C + 273 = 292\ K$.

La masse molaire du dihydrogène H_2 doit être exprimée en $kg \cdot mol^{-1}$, donc $M(H_2) = 2{,}016 \times 10^{-3}\ kg \cdot mol^{-1}$.

$\rho = \frac{9{,}90 \times 10^4\ Pa \times 2{,}016 \times 10^{-3}\ kg \cdot mol^{-1}}{8{,}314\ Pa \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \times 292\ K}$, soit $\rho = 8{,}22 \times 10^{-2}\ kg \cdot m^{-3}$.

La masse volumique du dihydrogène est $8{,}22 \times 10^{-2}\ kg \cdot m^{-3}$.

2 Exercice résolu

Cuiseur solaire

| Exploiter des informations ; effectuer des calculs.

Pour réaliser un œuf poché avec un cuiseur solaire, on chauffe, de 20 à 95 °C, 250 g d'eau dans un récipient pesant 500 g. On considère le système {eau et son récipient}.

1. a. Quels sont les signes des transferts d'énergie entre le système et l'enveloppe métallique du cuiseur solaire, le système et le Soleil qui l'éclaire, le système et l'air environnant ?

b. Seul le transfert thermique entre le cuiseur solaire et le système est pris en compte, les autres transferts étant négligés, car très faibles d'un point de vue énergétique. Exprimer la variation d'énergie interne du système.

2. Calculer la variation d'énergie interne du système.

Données

- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c = 4{,}18\ \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot °\text{C}^{-1}$
- Capacité thermique massique du récipient : $c_r = 445\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot °\text{C}^{-1}$

Solution rédigée

- **On utilise le Réflexe 2.**

Définition du système au repos macroscopique, qui n'échange pas de matière avec l'extérieur

1. a. Le système au repos macroscopique étudié est l'eau et son récipient. Grâce au couvercle, il n'y a pas d'échange de matière avec le reste de l'Univers, qui est le milieu extérieur.

Repérage des états initial et final

Le système est dans l'état initial à 20 °C, dans l'état final à 95 °C.

Identification de tous les transferts d'énergie entre le système et l'extérieur et repérage de leur signe et sens

Les transferts d'énergie entre le système et le milieu extérieur sont des transferts thermiques.

Le transfert thermique Q_1, entre le cuiseur solaire et le système, et le transfert thermique Q_2, entre le Soleil et le système, permettent au système d'augmenter son énergie interne : ils sont comptés positivement.

Le transfert thermique Q_3, entre l'air environnant et le système, diminue l'énergie interne du système : il est compté négativement.

Écriture du premier principe de la thermodynamique

b. Par définition, $\Delta U_{i \to f} = W + Q$, donc $\Delta U_{i \to f} = Q_1$ car $W = 0$ J.

Interprétation du signe de la somme

Q_1 est positif, donc l'énergie interne du système augmente.

- **On utilise le Réflexe 3.**

Écriture de la variation de l'énergie interne en fonction de la variation de température

2. La variation ΔU d'énergie interne est donnée par la relation :

$$\Delta U_{i \to f} = (m_{eau} \times c + m_r \times c_r) \times (\theta_f - \theta_i)$$

Recherche des données dans le texte

Les données nécessaires aux calculs sont :
$m_r = 500$ g ; $c_r = 445\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot °\text{C}^{-1}$; $m_{eau} = 0{,}250$ kg ; $c = 4{,}18\ \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot °\text{C}^{-1}$; $\theta_i = 20$ °C et $\theta_f = 95$ °C.

Exploitation de la relation précédente pour déterminer la grandeur recherchée

$$\Delta U = (0{,}250\ \text{kg} \times 4{,}18 \times 10^3\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot °\text{C}^{-1} + 0{,}500\ \text{kg} \times 445\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot °\text{C}^{-1}) \times (95\ °\text{C} - 20\ °\text{C}).$$

$\Delta U = 9{,}5 \times 10^4$ J.

La variation ΔU d'énergie interne du système {eau et son récipient} est $9{,}5 \times 10^4$ J.

La gourde du randonneur : du passé au présent

| Exploiter des informations ; effectuer des calculs ; discuter un modèle.

Avant l'arrivée des bouteilles isothermes en acier, les gourdes étaient souvent de simples bouteilles en aluminium anodisé. Un randonneur remplit une telle gourde, de masse $m_1 = 172$ g, d'une boisson chaude de masse $m_2 = 750$ g à la température $\theta_i = 50$ °C. La température de l'air extérieur est $\theta_e = 5$ °C, supposée constante : l'air extérieur est un thermostat. On considère le système {boisson et gourde} comme un système incompressible de température uniforme, de surface $S = 4{,}0 \times 10^{-2}$ m^2. Par conduction thermique, la surface externe de la gourde atteint très rapidement la température initiale de la boisson sans prélèvement d'énergie.

1. Identifier le fluide qui échange de l'énergie par convection avec le système, puis effectuer un bilan quantitatif d'énergie pour ce système.

2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la température θ du système.

3. Résoudre cette équation différentielle et montrer que l'évolution de la température au cours du temps est donnée par la relation : $\theta = (\theta_i - \theta_e) \times e^{-\frac{h \times S}{(m_1 + m_2) \times c} \times t} + \theta_e$, avec t en seconde et θ en degré Celsius

4. En ne considérant que le seul transfert thermique par convection, calculer la température de la boisson dans la bouteille au bout de 2 heures, le flux étant supposé constant. Conclure.

5. Les gourdes isothermes actuelles, en acier, peuvent désormais maintenir les boissons chaudes pendant 12 heures dans des conditions hivernales. Ce type de gourde comporte une double enveloppe d'acier comprenant une épaisseur vide d'air. Expliquer pourquoi il est possible de maintenir ainsi la température d'une boisson chaude au cours d'une durée si importante.

Données

- Loi de Newton : $\Phi = h \times S \times (\theta_e - \theta)$ avec Φ le flux convectif entre le milieu extérieur et le système, et h le coefficient d'échange convectif dans l'air ($h = 10$ W · m^{-2} · °C^{-1}).
- Capacité thermique massique du système étudié : $c = 3{,}6 \times 10^3$ J · kg^{-1} · °C^{-1}.
- On néglige tout transfert thermique autre que convectif.

Solution rédigée

1. L'air extérieur est le fluide qui échange avec le système {boisson et gourde} supposé incompressible et au repos macroscopique. Le système est dans l'état initial à 50 °C, dans l'état final à la température θ.
Le seul transfert d'énergie entre le système et l'air extérieur est un transfert thermique Q, car $W = 0$ J.

- On utilise le Réflexe 1.

Rappel du premier principe de la thermodynamique

D'après le premier principe de la thermodynamique, $\Delta U_{i \to f} = W + Q$, donc :
$$\Delta U_{i \to f} = Q$$

Définition du flux thermique pour exprimer le transfert thermique Q

Utilisation de la loi de Newton pour exprimer Φ puis Q pendant Δt

Expression de la variation d'énergie interne $\Delta U_{i \to f}$ d'un système incompressible

Expression de $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ puis identification de $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ à $\frac{d\theta}{dt}$

2. Puisque Φ est constant pour un intervalle de temps Δt court : $Q = \Phi \times \Delta t$.

De plus, d'après la loi de Newton, $\Phi = h \times S \times (\theta_e - \theta)$, d'où :
$$Q = h \times S \times (\theta_e - \theta) \times \Delta t$$

Pour le système incompressible, $\Delta U_{i \to f} = (m_1 + m_2) \times c \times \Delta\theta$ et $\Delta U_{i \to f} = Q$.

Soit $\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{h \times S}{(m_1 + m_2) \times c} \times (\theta_e - \theta)$; lorsque Δt tend vers zéro, la limite de $\left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right)$ est égale à la dérivée de θ par rapport au temps t notée $\frac{d\theta}{dt}$.

- On utilise le Réflexe 2.

Écriture de l'équation différentielle sous la forme $\frac{d\theta}{dt} = a \times \theta + b$

Ceci s'écrit : $\frac{d\theta}{dt} = -\frac{h \times S}{(m_1 + m_2) \times c} \times \theta + \frac{h \times S}{(m_1 + m_2) \times c} \times \theta_e$.

C'est l'équation différentielle vérifiée par la température θ du système.

Rappel de la forme générale des solutions de l'équation différentielle

3. Les solutions générales de l'équation différentielle $y' = ay + b$ ont pour forme : $y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$ avec K un réel et $a \neq 0$.

Ici, les solutions sont donc de la forme $\theta = K \times e^{-\frac{h \times S}{(m_1 + m_2) \times c} \times t} + \theta_e$.

Utilisation des conditions initiales pour déterminer la constante d'intégration

Initialement, $\theta(0) = \theta_i$; d'après la solution, $\theta(0) = K + \theta_e$.

On en déduit : $K = \theta_i - \theta_e = 50 - 5 = 45$ °C.

De plus, $\frac{h \times S}{(m_1 + m_2) \times c} = \frac{10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot °\text{C}^{-1} \times 4{,}0 \times 10^{-2} \text{ m}^2}{0{,}922 \text{ kg} \times 3{,}6 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot °\text{C}^{-1}}$

soit $1{,}2 \times 10^{-4}$ s^{-1}.

L'unique solution de l'équation vérifiant $\theta(0) = \theta_i = 50$ °C est donc :
$\theta = 45 \times e^{-1{,}2 \times 10^{-4}\, t} + 5$ avec θ en degré Celsius et t en seconde.

4. Au bout de 2 heures, $\theta = 45 \text{ °C} \times e^{-1{,}2 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} \times 2 \times 3\,600 \text{ s}} + 5 \text{ °C}$ soit $\theta = 24$ °C ; la température du système a diminué de 26 °C. Cette gourde n'a pas l'efficacité recherchée par le randonneur.

5. Une double enveloppe d'acier comprenant du vide empêche pratiquement les transferts thermiques par conduction ou rayonnement de la gourde. La température de la boisson reste constante pendant une durée importante.

Le QCM de fin de chapitre

1 Le modèle du gaz parfait et quelques limites

Si erreur, revoir § 1 p. 305

1. La masse volumique d'un gaz de masse m et de volume V s'écrit :	$m \times V$	$\frac{m}{V}$	$\frac{V}{m}$
2. Les entités d'un gaz considéré comme parfait :	sont ponctuelles.	sont en interaction.	ne sont pas en interaction.
3. Les entités d'un gaz qui ne peut être considéré comme parfait :	sont ponctuelles.	ont un volume propre.	ne sont pas en interaction.

2 L'énergie interne et les modes de transfert de l'énergie

Si erreur, revoir § 2 p. 305

4. L'énergie interne U d'un système macroscopique est égale à la somme des énergies :	cinétique et potentielle, de toutes les entités microscopiques qui constituent le système.	cinétiques de toutes les entités microscopiques qui constituent le système.	potentielles de toutes les entités microscopiques qui constituent le système.
5. L'énergie totale d'un système est égale à :	son énergie interne.	la somme de ses énergies mécanique et interne.	son énergie mécanique.
6. L'énergie peut être transférée par :	travail.	transfert thermique.	travail et transfert thermique.
7. Pour le système {cornet de glace}, le transfert thermique Q avec l'extérieur : 	est positif.	est négatif.	s'effectue du cornet vers l'extérieur.

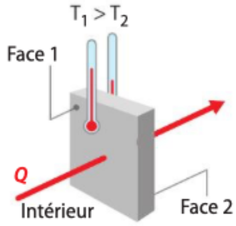
3 Le premier principe de la thermodynamique

Si erreur, revoir § 3 p. 306

8. La variation ΔU d'énergie interne d'un système au repos macroscopique est :	$W + Q$	$W - Q$	$W \times Q$
9. L'ampoule électrique étant le système étudié, on attribue : 	un signe positif à l'énergie qui sort du système.	un signe négatif à l'énergie qui sort du système.	la valeur 0 J à l'énergie qui sort du système.
10. La variation ΔU d'énergie interne d'un système incompressible de masse m, de capacité thermique massique c, qui passe d'une température initiale T_i à une température finale T_f s'écrit :	$\Delta U = m \times c \times (T_f - T_i)$	$\Delta U = m \times c \times (T_i - T_f)$	$\Delta U = m \times c \times (T_f + T_i)$
11. Si la température d'un système incompressible augmente, alors son énergie interne :	augmente.	diminue.	ne varie pas.

1 Le transfert thermique

Si erreur, revoir § 1 p. 326

1. Dans un fluide, le transfert thermique a lieu principalement par :	convection.	conduction.	travail.
2. Les trois modes de transfert thermique entre un système et le milieu extérieur :	peuvent avoir lieu simultanément.	nécessitent tous un milieu matériel.	contribuent à la variation d'énergie interne du système.
3. *Q* étant le transfert thermique échangé par le système {air intérieur}, le flux thermique Φ est : 	négatif.	positif.	nul.
4. Plus la résistance thermique R_{th} du matériau constituant la cloison de la question **3** est grande :	plus la cloison favorise le transfert thermique.	plus le flux thermique traversant la cloison est petit, $(T_2 - T_1)$ étant fixé.	plus le flux thermique traversant la cloison est grand, $(T_2 - T_1)$ étant fixé.

2 La température terrestre moyenne

Si erreur, revoir § 2 p. 327

5. Pour déterminer la température terrestre moyenne, il est nécessaire :	d'utiliser la loi de Stefan-Boltzmann.	d'utiliser le premier principe de la thermodynamique.	de considérer la Terre comme un corps noir.
6. Si l'albédo de la Terre augmente :	la puissance renvoyée par la Terre augmente.	la puissance absorbée par la Terre augmente.	la température terrestre moyenne augmente.
7. Une photographie illustrant l'effet de serre est :			

3 La loi de Newton

Si erreur, revoir § 3 p. 328

8. La loi de Newton s'écrit $\Phi = h \times S \times (\theta_e - \theta)$ avec *h* le coefficient d'échange convectif et *S* la surface d'échange entre le système à la température θ et l'extérieur à la température θ_e. Elle s'applique pour :	la convection entre un système incompressible et le milieu extérieur, l'un des deux étant fluide.	la conduction entre un système incompressible et le milieu extérieur, l'un des deux étant fluide.	tous les transferts thermiques entre un système incompressible et le milieu extérieur, l'un des deux étant fluide.
9. Dans la loi de Newton rappelée question **8**, le flux convectif est :	reçu par le système si $\theta > \theta_e$.	proportionnel à θ.	cédé par le système si $\theta > \theta_e$.
10. L'équation différentielle $\frac{d\theta}{dt} = -\frac{h \times S}{m \times c} \times \theta + \frac{h \times S}{m \times c} \times \theta_e$ a pour solutions :	$\theta = K \times e^{-\frac{h \times S}{m \times c} \times t} - \theta_e$	$\theta = K \times e^{-\frac{h \times S}{m \times c} \times t} + \theta_e$	$\theta = K \times e^{-\frac{h \times S}{m \times c} \times t}$

Sujets type bac sur le chapitre

Livret exercices de révisions chimie bac

Type bac 23 : ISOLATION THERMIQUE (p77)
Type bac 24 : CAVE À VIN (p 79)

Après mes révisions, je me sens dans l'état d'esprit suivant pour aborder le devoir surveillé :