

I- TRAVAIL

- 1°) Laquelle des unités suivantes est différente des autres : N.m/s , $\text{kg.m}^2/\text{s}$, J/s , W , aucune ?
- 2°) On fait glisser lentement un objet sur une table à une vitesse constante sur une distance de 1,5 m, en exerçant une force horizontale de 15 N. Quels travaux ont été effectués sur le système livre ?
- 3°) a- Une masse de 1,0 kg est soulevée de 10m par une force de 10 N appliquée verticalement. Quel est le travail de cette force ? Contre quoi ce travail est-il effectué ?
b- Mêmes questions en supposant cette fois que la force de 10 N s'exerce horizontalement pour tirer la masse de 1,0 kg sur un plancher sans frottements.
- 4°) Un piano de 2224 N est placé sur des roulettes. Un déménageur de 90 kg voudrait le déplacer d'une distance de 3,1 m sur le plancher. Pour cela, il exerce une force de composante verticale ascendante 111 N et de composante horizontale 445 N.
Quel travail a-t-il été effectué ?

II- PUISSANCE

Aux chutes Victoria en Afrique, le Zambèze coule avec un débit de $\mu = 9,5 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Les chutes ont une hauteur de 108 m. Quelle est la puissance développée par ces chutes ?

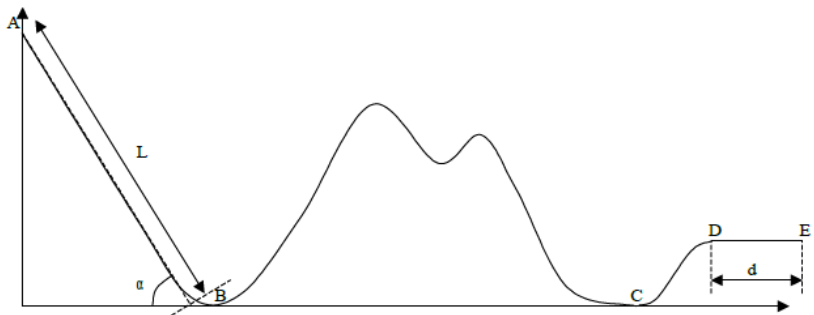
III- ENERGIE CINETIQUE

- 1°) La vitesse de décollage d'un avion de ligne Boing 747, pesant $2,2 \cdot 10^6 \text{ N}$, est de 268 m.s^{-1} . Calculer alors son énergie cinétique. Sachant qu'un kg de TNT produit une énergie de $4,6 \cdot 10^6 \text{ J}$, quelle est la masse de TNT équivalente à cette énergie cinétique ?
- 2°) Interpréter le mouvement d'un patineur, lorsque, bras écartés, en mouvement de rotation autour d'un axe vertical, il replie sur lui-même ses bras.

IV- BILAN D'ENERGIE

- 1°) Un sauteur portant sa perche (tube épais de masse environ 2 kg en graphite et fibre de verre) se prépare à franchir la barre. A quelle vitesse minimale doit-il courir pour atteindre 6,10 m de hauteur ? On supposera que son centre de gravité se situe à 1,00 m du sol et que ce point passe juste au-dessus de la barre.

- 2°) a) Un wagon de montagne russe est hissé à une altitude h puis lâché sans vitesse initiale en A sur une portion de piste descendante de longueur L et inclinée d'un angle α où il roule sans frottement.
Calculer la vitesse v_0 qu'il atteint lorsqu'il est redescendu à l'altitude $z = 0$ au point B. On donne $\alpha = 35^\circ$, $L = 40 \text{ m}$, $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.



- b) En fin de parcours, le wagon doit être freiné jusqu'à son arrêt complet au point E. Pour cela, le wagon finit sa course en suivant la rampe (CD), subissant une dénivellée Δh , puis une portion horizontale (DE) de longueur d où il subit une force de frottement constant de module F . Evaluer l'accélération subie par les passagers sur la dernière section. On donne $\Delta h = 3 \text{ m}$, $d = 5 \text{ m}$. On estime que durant les évolutions intermédiaires du véhicule, soit entre B et C, qui se trouvent à la même altitude, il a perdu 30 % de son énergie mécanique du fait des frottements.

3°) La figure suivante montre un pendule formé par un corps dense et de petite taille, de masse m et lié par un fil de masse négligeable en comparaison, et de longueur L . Il est lâché d'un angle θ_i sans vitesse initiale.

a- Retrouver en application de la deuxième loi de Newton, l'équation différentielle relative à l'angle d'inclinaison θ . Nous admettrons pour cela que pour des petits angles ($\theta(\text{rad}) \ll 1$), $\sin(\theta) \approx \theta(\text{rad})$.

Quelle mouvement cette équation caractérise-t-elle ? Quelle durée caractéristique de ce mouvement retrouvons-nous ?

b- Retrouver cette équation en application de la conservation de l'énergie mécanique.

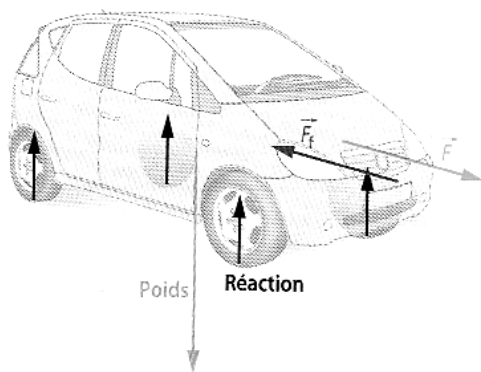
c- Exprimer la vitesse maximale du pendule.

4°) Consommation d'une voiture

Document 1 Le système étudié.

On s'intéresse à une voiture assimilée à un point matériel de masse $m = 1,0$ tonne. Ce système roule sur un sol plan horizontal en ligne droite, en l'absence de vent. Dans un modèle simple, les seules forces extérieures qui s'appliquent sur la voiture sont :

- le poids ;
- la réaction verticale du sol ;
- la force motrice \vec{F} , de même direction et de même sens que son déplacement ;
- les forces de frottement \vec{F}_f , de même direction, mais de sens opposé à son déplacement.



onnées · Intensité du champ de pesanteur : $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$.

Document 2 Modélisation des frottements.

La norme de la force de frottement peut être modélisée par :

$$\|\vec{F}_f\| = C + Bv^2 \text{ où } v \text{ est la norme de la vitesse.}$$

La constante C est due aux frottements solides. Cette constante augmente avec l'adhérence et la taille des pneus. Elle diminue s'ils sont bien gonflés.

La constante B est associée à la résistance de l'air, exerçant une force de frottement fluide. Afin de maintenir sa vitesse, il faut vaincre les frottements aérodynamiques, ou force de traînée, qui ralentissent le véhicule. Or, cette force est proportionnelle au carré de la vitesse. Il est coûteux en énergie de rouler rapidement, ce qui explique la motorisation des F1 : huit fois plus puissantes que les voitures de tourisme, elles ne vont pourtant que deux fois plus vite.

D'après R. Lehoucq, « Promenade en voiture »,
Pour la Science n° 273, juillet 2000.

La valeur absolue du travail des forces de frottement pour un déplacement durant $\Delta t = 1 \text{ s}$ est donnée pour différentes vitesses dans le tableau suivant :

Vitesse	Travail de la résistance de l'air	Travail des frottements solides
$100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	7 000 J	3 000 J
$80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	3 600 J	2 400 J
$50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	880 J	1 500 J
$30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	190 J	900 J

Document 3 Rendement.

Le travail de la force motrice \vec{F} qui s'applique sur la voiture est égal au produit du rendement par l'énergie libérée par le carburant.

Moteur	Carburant	Rendement	Énergie libérée par un litre de carburant
Diesel	Gazole	28 %	10 kWh
Essence	Essence	23 %	8,9 kWh

1°) Quel est le travail du poids lors d'un déplacement ? Et de la réaction verticale du sol ?

2°) a- Quel est le travail de \vec{F} lors du passage de 0 à $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, si les forces de frottement sont négligées ?

b- Quelle est alors la consommation d'essence ou de gazole nécessaire à ce démarrage ?

3°) Déterminer les unités des coefficients B et C dans les unités du système international et donner leurs valeurs.

4°) Les forces de frottements ne sont plus négligées.

a- Calculer le travail de \vec{F} lors d'un déplacement de 100 km effectué à une vitesse constante de $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

b- Quelle est alors la consommation d'essence ou de gazole ?

5°) Par combien est multipliée cette consommation si ce même déplacement est effectué à $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

VII- ENERGIE INTERNE

1°) Mesure de la capacité thermique massique c_{Al} du métal aluminium

- Un calorimètre contient $m_e = 400 \text{ g}$ d'eau froide, l'ensemble est en équilibre thermique à la température $\theta_2 = 20,1 \text{ }^\circ\text{C}$.
- On y introduit rapidement un cylindre d'aluminium de masse $m_{Al} = 100 \text{ g}$ pris dans une étuve à la température $\theta_1 = 98,0 \text{ }^\circ\text{C}$.
- On laisse s'établir l'équilibre thermique (en agitant) entre les trois corps et on note la température finale θ_f prise par l'ensemble $S = \{\text{métal Al } S_1, \text{ eau } S_2, \text{ vase calorimétrique } S_3\}$: $\theta_f = 24,1 \text{ }^\circ\text{C}$.
- On donne la capacité thermique massique de l'eau $c_e = 4,18 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ et la capacité thermique du calorimètre utilisé $\mathcal{C} = 80 \text{ J} \times \text{K}^{-1}$.
- Déterminer la capacité thermique de l'aluminium c_{Al} et la comparer à la valeur des tables $900 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

2°) Mesure de la chaleur latente de fusion de la glace L_f

On pèse le vase calorimétrique vide (sans thermomètre) : $m_1 = 90,5 \text{ g}$
Dans le vase calorimétrique, on introduit de l'eau et on pèse le tout : $m_2 = 391 \text{ g}$
On mesure la température initiale θ_1 du système « vase calorimétrique, eau » : $\theta_1 = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$.
On introduit rapidement dans le vase calorimétrique, après les avoir convenablement essuyés avec un papier absorbant, deux morceaux de glace de masse totale m_g en cours de fusion.
On agite légèrement et on repère la température finale $\theta_f = 10,1 \text{ }^\circ\text{C}$
On pèse l'ensemble du vase et de son contenu en fin de manipulation, on trouve une masse $m_3 = 428 \text{ g}$
La capacité thermique du vase calorimétrique utilisé est $\mathcal{C} = 80 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$.
La capacité thermique massique de l'eau liquide est $c_e = 4,18 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

3°)

45 Endothermic dissolution

Three steps are required to dissolve an ionic solid:

- 1st step: ions are separated from the crystalline structure by molecules of water; this process is endothermic.
- 2nd step: molecules of water break hydrogen bonds and move away from each other, therefore making room for ions. This process is also endothermic.
- 3rd step: ions are solvated. In this case, the solvent being water, they are hydrated. Every ion is surrounded by molecules of water, whose orientation depends on the ionic charge. This process is exothermic.

Depending on the relative importance of every step, the global balance can be exothermic, athermic or endothermic. The dissolution of calcium nitrate, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{s})$, in water is accompanied by a cooling. The energy corresponding to this dissociation is $+19,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1. Write the equation for the dissolution reaction of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{s})$ in water.

2. Indicate and justify whether this dissolution is endothermic or exothermic.

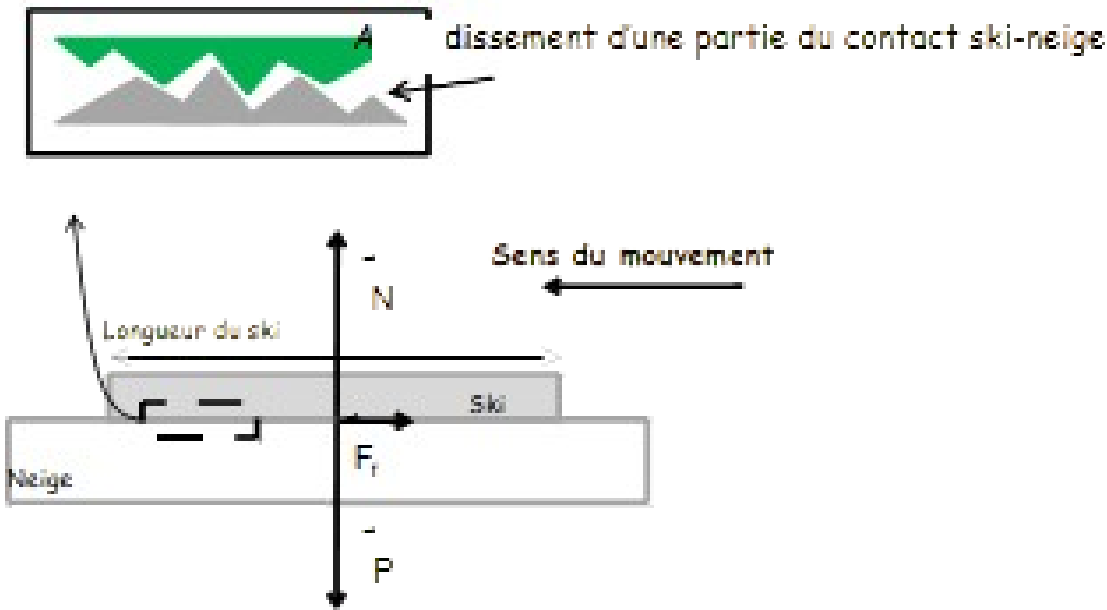
42.7 g of calcium nitrate is dissolved in a calorimeter containing 100 g of water at $\theta_1 = 18.1 \text{ }^\circ\text{C}$.

After stirring and after the complete dissolution of the solid, water temperature stabilizes at $\theta_2 = 7.0 \text{ }^\circ\text{C}$. The calorimeter is perfectly isolated from its surrounding environment. The energy associated with the dissolution of the ionic solid can be calculated from the relation: $E = -C_{\text{water}} \times m_{\text{water}} \times \Delta\theta$ with $C_{\text{water}} = 4.18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, the heat capacity of water.

3. Calculate the energy associated with the dissolution of calcium nitrate. Discuss its sign.

4. Compare with the theoretical value and propose explanations that may justify the difference.

4°)



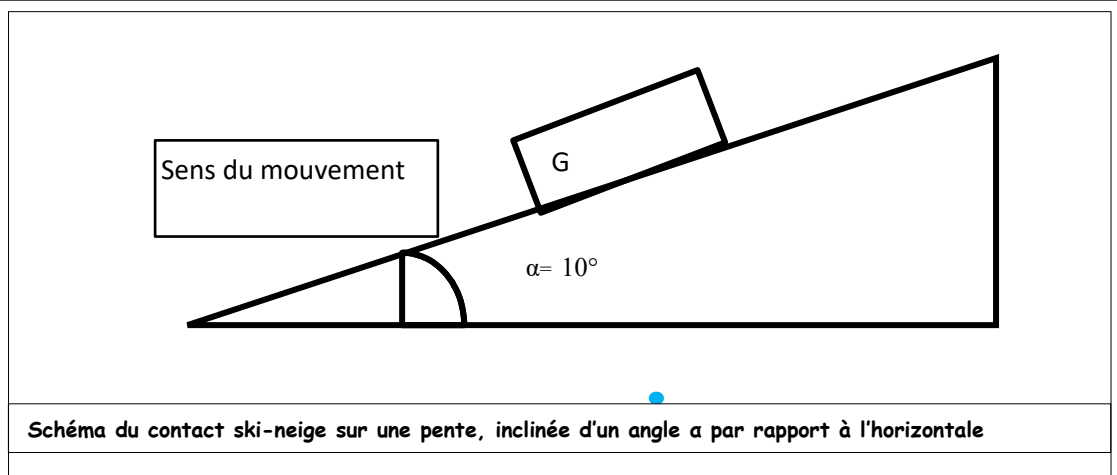
5°) Le fart est un

revêtement spécifique appliqué sous les skis ou les planches à neige avant usage. Il permet d'améliorer soit le glissement, soit l'adhérence sur la neige et de protéger la semelle (partie en contact avec la neige). [...] La branche de la physico-chimie, nommée tribologie, a contribué à introduire l'art du fartage dans le domaine de la haute technologie.

Les documents suivants apportent quelques informations relatives à la technique du fartage.

Document 1

Contact ski-neige :



Pour comprendre la fonction du fart, il faut commencer par étudier les phénomènes qui entrent en jeu quand le ski est en contact avec la neige. Lorsqu'un corps glisse sur un plan, il se crée un frottement de glissement. Cette force dépend des aspérités des deux surfaces en contact (figure ci-dessus), mais aussi du type de lien chimique existant entre les atomes des deux surfaces. La force de frottement s'exerce dans le sens opposé à la vitesse du corps. **Son intensité dépend du poids du corps, de l'inclinaison du plan et de la nature des corps en contact.** Cet effet est traduit par un paramètre μ , appelé coefficient de frottement. Il varie en fonction des matériaux (voir tableau) et de la rugosité de la superficie. Le coefficient μ représente la proportionnalité entre l'action normale de la piste sur le ski et les frottements : $\mu \cdot F_N = F_f$.

Pendant la durée du glissement, la force de frottement dissipe de l'énergie cinétique en la transformant en chaleur, comme nous le constatons lorsque nous frottons les mains pour se réchauffer. Dans le cas du ski, cet effet a une conséquence très importante : la chaleur fait fondre la neige et une pellicule d'eau s'interpose entre le ski et la neige.

D'après Sportifs high tech Nunzio Lanotte - Sophie Lem Collection Belin : Pour la science

Document 2

Le fart s'interpose entre le ski et la neige et a pour fonction d'optimiser les conditions de l'interface. Pour atteindre cet objectif, on utilise principalement des substances qui appartiennent à deux familles de composés : les hydrocarbures et les fluorocarbures.

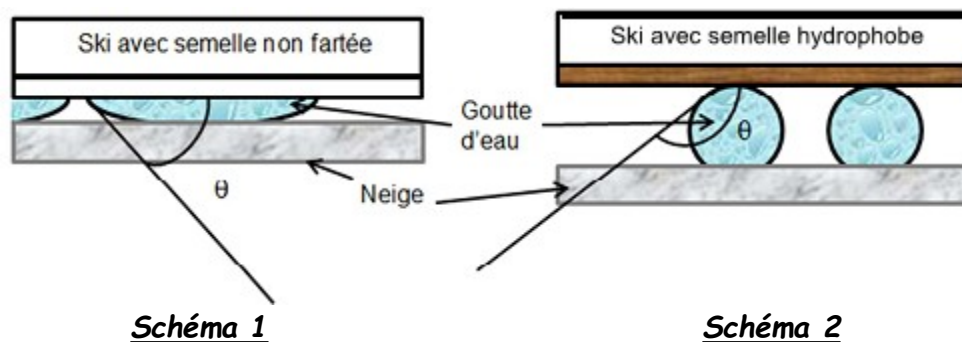
[...] Les fluorocarbures sont des substances fortement hydrophobes, ce qui les rend particulièrement intéressantes pour le fartage. [...]

Toutefois les fluorocarbures présentent des inconvénients. Ils peuvent être nocifs pour la santé et pour l'environnement et coûtent très cher. C'est la raison pour laquelle on les associe généralement à de la paraffine ainsi qu'à d'autres hydrocarbures solides à longue chaîne carbonée.

Document 3

Les schémas ci-dessous montrent une représentation modélisant un contact ski-neige.

Lors de la glisse, des gouttes d'eau se forment à l'interface ski-neige. Lorsqu'une goutte s'établit au contact d'un solide, elle adopte une configuration particulière qui traduit les interactions entre le solide et le liquide. L'angle θ , représenté sur les schémas ci-dessous, caractérise ces interactions.



1. La figure du **document 1** est schématisée partiellement ci-contre, mais cette fois le contact ski-neige se fait sur une pente, inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale.

1.1. Représenter sur l'**annexe**, à rendre avec la copie, les forces extérieures appliquées au centre d'inertie G du système considéré, en supposant le mouvement rectiligne uniformément accéléré. On apportera un soin particulier à la longueur relative des vecteurs, sans toutefois choisir d'échelle particulière. L'action due à l'air ne sera pas prise en compte.

1.2. Evaluer la vitesse acquise au bout d'une distance $L = 100$ m parcourue par un skieur initialement immobile, de masse $m = 75$ kg. Données : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$; $\alpha = 10^\circ$. On admet que la force de frottement prend la valeur $F_f = \mu.m.g.\cos(\alpha)$ et est donc constante sur toute la trajectoire.

2. Décrire en quelques lignes et/ou avec un schéma, les transferts d'énergie mis en jeu dans la situation évoquée.

3. A partir d'une synthèse structurée des documents, expliquer pourquoi les fluorocarbures sont particulièrement intéressants pour le fartage.

5°) On donne :

- Energie d'agitation thermique : $U = m.c.T$ avec $\left\{ \begin{array}{l} m : \text{masse} \\ c : \text{capacité thermique massique} ; \\ T : \text{température} \end{array} \right.$

- flux thermique : $\Phi_{th} = \frac{Q}{t}$;

- résistance thermique d'une paroi où la température de part et d'autre vaut T_1 et T_2 : $R_{th} = \frac{|T_1 - T_2|}{\Phi_{th}}$;

- masse volumique de l'eau : $\mu = (1,000 \pm 0,005) \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$;

- capacité thermique de l'eau : $c_e = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

- température de l'air extérieur $T_{\text{ext}} = (20 \pm 1) ^\circ\text{C}$;

- calcul d'incertitude :
$$\begin{cases} \text{addition ou soustraction : } U(m) = \sqrt{U(m1)^2 + U(m2)^2 + \dots} \\ \text{multiplication ou quotient : } \frac{U(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{U(m1)}{m1}\right)^2 + \left(\frac{U(m2)}{m2}\right)^2 + \dots} \end{cases}$$

On considère une bouilloire électrique contenant $V_{\text{eau}} = (800 \pm 1) \text{ mL}$ d'eau. La température initiale T_i est de 20°C . On met la bouilloire en fonctionnement jusqu'à atteindre une température finale $T_f = (70 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

La puissance développée par la bouilloire est $P = (1,35 \pm 0,02) \text{ kW}$.

1. a- Exprimer puis calculer la variation d'énergie d'agitation thermique de ce volume d'eau. Evaluer l'incertitude sur cette valeur.

b- En déduire la valeur Δt nécessaire en admettant que toute la puissance développée par la bouilloire est utilisée pour élever la température de l'eau.

Donner un encadrement pour Δt .

La bouilloire remplie d'eau chaude à la température T_f est placée dans une pièce où la température est notée T_{ext} .

$R_{\text{th}}(\text{bouilloire}) = 0,17 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$.

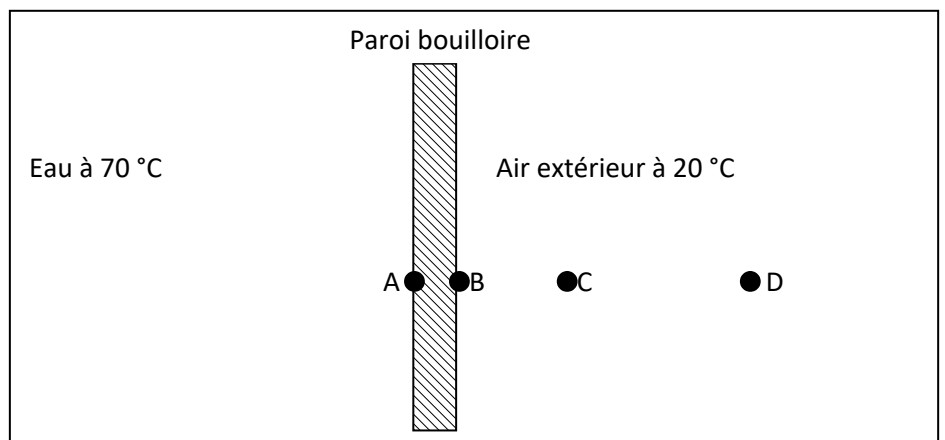
2. a- Calculer le flux thermique qui traverse la paroi de la bouilloire.

b- Compléter le schéma ci-dessous en représentant le sens du transfert thermique correspondant à ce flux.

c- Quel est le mode de transfert thermique majoritaire :

- entre A et B ?

- entre C et D ?



On cherche à diviser le flux thermique par cinq. Pour cela on accole à la paroi de la bouilloire de surface $S = 0,12 \text{ m}^2$, une couche d'isolant mince de conductivité thermique $\lambda = 0,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ de même surface. On considère alors que la bouilloire et l'isolant mince constituent un assemblage de parois planes.

On admet aussi que la résistance thermique R_{th} d'un matériau d'épaisseur e , de conductivité thermique λ et de surface S peut être donnée par la relation suivante : $R_{\text{th}} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$.

On admet également que les résistances thermiques s'additionnent dans le cas de parois accolées.

3. Calculer l'épaisseur d'isolant qui permettra de diviser le flux thermique par cinq.

6°) - Destruction d'un moteur électrique.

Une grue jouet est munie d'un petit moteur électrique alimenté par un ensemble de piles délivrant une tension $U_1 = 6,0 \text{ V}$ et un courant d'intensité I_1 . Si l'objet est trop lourd, le moteur se bloque et est parcouru par un courant $I_2 = 250 \text{ mA}$. La tension à ses bornes est alors $U_2 = 3,0 \text{ V}$. Le constructeur met alors en garde contre un risque de destruction du moteur.

Données :

- capacité thermique massique du cuivre : $c_{\text{Cu}} = 385 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$;
- champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$;
- température de fusion du cuivre : $\theta_f = 1084 \text{ }^\circ\text{C}$;
- masse du bobinage de cuivre du moteur : $m_{\text{Cu}} = 50 \text{ g}$.

1. Une masse $m = 200 \text{ g}$ est accroché au câble de la grue. La grue la soulève d'une hauteur $h = 20 \text{ cm}$, à une vitesse $v = 10 \text{ cm.s}^{-1}$. L'intensité du courant circulant alors dans le moteur est $I_1 = 50 \text{ mA}$.

Quel est le rendement du moteur lors de cette opération ?

2. Un objet trop gros est cette fois-ci accroché : le moteur se bloque. Toute l'énergie électrique reçue est alors dissipée par transfert thermique et on suppose que le bobinage de cuivre reçoit intégralement cette énergie.

- a- A quel dipôle peut-on comparer le moteur dans ce fonctionnement ? Donner la valeur numérique caractérisant ce dipôle.
- b- Au bout de quelle durée, la température du fil de cuivre augmente-t-elle de 20°C ?
- c- Que penser de la mise en garde faite par le constructeur ?