Renforcement physique
Dilatation thermique

- Le niveau de difficulté en calcul est représenté par l'échelle
- Le niveau d'astuce à mettre en œuvre est représenté par l'échelle
- Le nombre de connaissances transversales en physique à mettre en œuvre est représenté par l'échelle

Exercice 1 : Varaition de longueur d'un avion

1. La différence de température considérée est de 85 K. La variation de longueur de l'avion vaut donc $\Delta L = \alpha L \Delta T = -24 \times 10^{-6} \times 73 \times 85 = -0{,}15\,\mathrm{m}$.

Exercice 2 : Expansion thermique de solides

1. Le sceptre visible s'étend approximativement de 400 nm à 700 nm. La stabilité en température requise est donnée par $\Delta T = \frac{1}{\alpha}\frac{\Delta d}{d}$ avec $\Delta d = \frac{\lambda}{10}$ soit $\Delta T = \frac{1}{0{,}5.10^{-6}}\frac{40.10^{-9}}{0{,}1} = 0{,}8\,\mathrm{K}$.
2. On veut que la différence entre les deux sections soit nulle. Il faut donc que $(r_i - \Delta r)^2 - r_f^2 = 0$ où r_i est le rayon initial et r_f le rayon à atteindre soit $\frac{\Delta r}{r_{rivet}\alpha}$. Notons que le fait que ce soit une surface qui se dilate n'apparait pas dans le résultat ici car les dimensions du matériau sont les même dans les directions. Le coefficient de dilatation thermique de l'acier vaut $\alpha = 12 \times 10^{-6}\,\mathrm{K}^{-1}$, il faut donc refroidir le rivet de $\Delta T = \frac{\Delta r}{r_{rivet}\alpha} = 89\,\mathrm{K}$. Il faut donc refroidir le rivet à la température de $-69\,°\mathrm{C}$ soit $\simeq 200\,\mathrm{K}$.

Exercice 3 : Coefficient de dilatation volumique d'un parallépipède rectangle

1. On montre dans le cours que $\beta = 3\alpha$.

Exercice 4 : Coefficient de dilatation volumique d'une sphère et d'un cône

1. $dV = \frac{4}{3}\pi(R+dR)^3 - \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi R^3\left(1+\frac{dR}{R}\right)^3 - \frac{4}{3}\pi R^3 = 4\pi R^3\frac{dR}{R}$. Or $\alpha = \frac{1}{R}\frac{dR}{dT}$ d'où $dV = 4\pi R^3\alpha dT = \frac{4}{3}\pi R^3 3\alpha dT$ d'où $\beta = 3\alpha$.
2. Nous avons $dV = \frac{1}{3}\pi(R+dR)^2(H+dH) - \frac{1}{3}\pi R^2 H = \frac{1}{3}\pi R^2 H\left(1+\frac{dR}{R}\right)^2\left(1+\frac{dH}{H}\right) - \frac{1}{3}\pi R^2 H$. Nous obtenons à l'ordre 1, $dV = \frac{1}{3}\pi R^2 H 2\frac{dR}{R} + \frac{1}{3}\pi R^2 H\frac{dH}{H} = \frac{1}{3}\pi R^2 H 3\alpha dT$ d'où $\beta = 3\alpha$.

Exercice 5 : Dilatation thermique d'un pendule

1. La période du pendule en bronze de longueur L_0 a pour expression $t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L_0}{g}}$. En passant de 17 °$C$ à 25 °C, la longueur du pendule augmente et devient $L_0+\Delta L$. La période du pendule augmente également et devient t. L'horloge se met donc à retarder puisque c'est le battement du pendule qui sert à incrémenter le déplacement des aiguilles. Le coefficient de dilatation thermique α est défini par $\alpha = \frac{1}{L_0}\frac{\Delta L}{\Delta T}$ où T est la température ici. Nous pouvons donc exprimer la différence de période en fonction du coefficient de dilatation thermique. Nous avons ainsi $\Delta t = t - t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L_0(1+\alpha\Delta T)}{g}} - 2\pi\sqrt{\frac{L_0}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{L_0}{g}}\left(\sqrt{1+\alpha\Delta T)} - 1\right)$. Le coefficient de dilatation thermique du bronze vaut $19.10^{-6}\ K^{-1}$. Nous pouvons donc faire un développement de Taylor au premier ordre de la racine pour obtenir $\frac{\Delta t}{t_0} = \frac{\alpha\Delta T}{2}$. Au bout d'un an, le décalage Δt vaut donc $\Delta t = 365,25 \times 24 \times 3600\frac{19.10^{-6}\times 8}{2} = 2398\ s$ soit 39 min et 58 s.