

## Semaine 4 : tout le programme

### Problèmes ouverts- Résolution de problèmes

Mercredi 18/06 : Séance Centrale Physique-Chimie II avec python pour les admissibles à Centrale

Mercredi 18/06 8h-10h et 10h-12h : TP de Physique pour les admissibles à Centrale

Vendredi 20/06 : TP de Chimie pour les admissibles à Centrale

Lundi 16/06 et jeudi 19/06 : exercices « ouverts » énoncés ci-dessous.

#### S4ex1 – Mines-Télécom 2024 – Eléonore Grandjean – Tache d'huile

Une goutte d'huile déposée sur une flaque d'eau s'étale en surface et forme une mince couche d'épaisseur  $e$  supposée uniforme. Un observateur regarde un reflet du soleil en incidence normale sur la flaque, et en se plaçant à la quasi-verticale de la flaque, il observe une teinte magenta. On rappelle que le magenta est la couleur complémentaire du vert.

Estimer l'épaisseur minimale de la tache d'huile donnant cette teinte.

Données :

Indices optiques :  $n_{\text{eau}} = 1,33$  et  $n_{\text{huile}} = 1,48$  ;

La réflexion d'une onde sur un milieu plus réfringent (indice plus élevé que le milieu dans lequel l'onde se propage) induit un déphasage de  $\pi$ .

#### S4ex2 - Mines-Télécom : Composition de l'atmosphère

Une molécule peut s'échapper de l'atmosphère si sa vitesse quadratique moyenne est égale au dixième de sa vitesse de libération (deuxième vitesse cosmique).

En déduire une évaluation de la composition de l'atmosphère.

Données :  $R_T = 6400$  km,  $R = 8,31$  J.K<sup>-1</sup>.mol<sup>-1</sup>,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>.kg<sup>-2</sup>,  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24}$  kg.  
 $M(\text{H}) = 1$  g.mol<sup>-1</sup>,  $M(\text{O}) = 16$  g.mol<sup>-1</sup>,  $M(\text{N}) = 14$  g.mol<sup>-1</sup>,  $M(\text{He}) = 4$  g.mol<sup>-1</sup>

#### S4ex3 - CCINP 2022 – Charlotte Ayadi – Rayon de courbure d'une autoroute

Trouver le rayon de courbure minimal d'une autoroute.

Données :

Sur autoroute la vitesse maximale autorisée est de  $V_{\text{max}} = 130$  km.h<sup>-1</sup>.

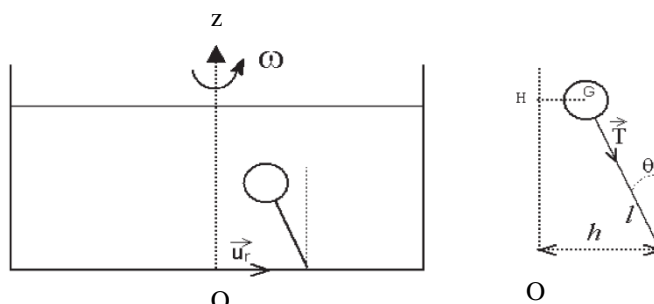
Le coefficient de frottement pneu/route est de 0,5 sur route mouillée et 0,7 sur route sèche.

#### S4ex4 - Mines-Télécom : « Archimède m'a trompé ! »

Une cuve cylindrique contenant de l'eau est mise en rotation avec une vitesse angulaire de rotation constante autour de son axe de symétrie (Oz).

Un fil inextensible de longueur  $l$ , de masse négligeable est accroché au fond de la cuve à une distance  $h$  du centre. Au bout de ce fil est attachée une balle de ping-pong.

Trouver une relation entre l'angle de déviation  $\theta$  du fil,  $\omega$ ,  $g$ ,  $h$  et  $l$ .



## S4ex5 - Centrale Physique-Chimie 1 : Etude d'une chaufferette

On étudie une chaufferette (ou bouillotte magique).

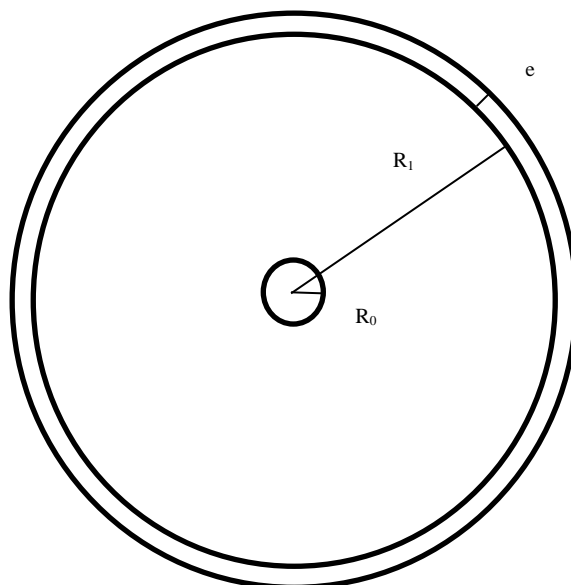
(<http://www.voyagesaucoeurdelascience.fr/bouillottes-magiques/>)

C'est une petite poche en PVC qui renferme un liquide (mélange d'eau et d'acétate de sodium). De plus une petite pastille métallique est immergée dans le liquide.

Lorsqu'on tord la pièce métallique par une petite pression sur la chaufferette, l'acétate de sodium se solidifie (à partir de la pièce) et la température de la bouillotte atteint environ 58°C. Une fois la pochette refroidie, il suffit de la plonger dans de l'eau bouillante pendant quelques minutes afin que le solide redevienne liquide.

Le constructeur d'une chaufferette indique qu'elle peut maintenir une température de chauffage pendant une durée d'environ 1h.

On modélise la pastille métallique par une sphère de rayon  $R_0$ , la partie liquide par une sphère de rayon  $R_1$ , et une couche de PVC d'épaisseur  $e$  :



Données :

$$e = 1.0 \text{ mm}$$

$$R_0 = 2 \text{ mm}$$

$$R_1 = 2 \text{ cm}$$

$$T_{\text{ext}} = 37^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{fus}}(\text{acétate}) = 58^\circ\text{C}$$

$$\Delta_{\text{fus}}H^\circ(\text{acétate}) = 243 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$C_p(\text{acétate liquide}) = 3,1 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

$$C_p(\text{acétate solide}) = 3,3 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}; \quad C_p(\text{PVC}) = 1,0 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

$$\text{Conductivités thermiques : } \lambda(\text{PVC}) = 0,2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1},$$

$$\lambda(\text{solution acétate liquide}) = 0,6 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}, \quad \lambda(\text{acétate solide}) = 2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1} \text{ (j'ai pris celles de l'eau).}$$

$$\text{Masse volumique du mélange : } \rho(\text{acétate liquide}) = 1,4 \text{ g.cm}^{-3}, \quad \rho(\text{acétate solide}) = 1,2 \text{ g.cm}^{-3} \text{ (inventée)}$$

- 1) Rappeler la loi de Fourier. Déterminer la résistance thermique entre deux sphères de rayons  $R_1$  et  $R_2$  en régime permanent.
- 2) En déduire que celle de la couche de PVC est négligeable.
- 3) Expliquer le principe de fonctionnement de la chaufferette.
- 4) Déterminer, avec quelques approximations, la durée du chauffage. Comparer avec les données du constructeur.

## S4ex6 : Mines-Ponts Ex 2 : Lunette astronomique

Imaginez être un chercheur myope qui utilise une lunette astronomique. Comment devez-vous régler la lunette pour voir net ?

## S4ex7 : Mines-Télécom 2024 – Eléonore Grandjean – Chariot et looping

On lâche un chariot de parc d'attraction sans vitesse initiale sur une rampe de hauteur  $h$  qui se termine par un looping circulaire de rayon  $R$ .

Quelle est la valeur minimale de  $h$  pour que le chariot finisse le looping ?

## S4ex8 - CCINP : Crash-test

Une voiture réalise un crash-test à  $64 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , la ceinture est censée encaisser toute la force. Cette dernière peut être supérieure à 40 fois le poids de l'automobiliste.



Dans le cas du crash-test ci-dessus, quelle est la force exercée par la ceinture sur le passager ?

Réponses :

S4ex1 - Mines-Télécom 2024 : Tache d'huile.

Il faut écrire la condition d'interférences destructives entre le rayon réfléchi sur l'huile et le rayon réfléchi entre l'huile et l'eau.

L'épaisseur minimale de l'huile est  $e_{\min} = \frac{\lambda_{\text{vert}}}{2n_{\text{huile}}} = 1,9 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  avec  $\lambda_{\text{vert}} = 550 \text{ nm}$

S4ex2 - Mines-Télécom : Composition de l'atmosphère

Par comparaison des vitesses quadratiques moyennes et des vitesses de libération, l'atmosphère contient  $N_{2(g)}$ ,  $O_{2(g)}$ , mais pas  $H_{2(g)}$  ni  $He_{(g)}$ .

S4ex3 - CCINP 2022 : Rayon de courbure minimal d'une autoroute

Il faut que le rayon de courbure  $R$  de l'autoroute vérifie :  $R > \frac{v_{\max}^2}{f_{\min}g} = 266 \text{ m}$  avec  $f_{\min}$  le coefficient de frottement pneu/route mouillée.

S4ex4 - Mines-Télécom : « Archimède m'a trompé ! »

Il faut écrire la condition d'équilibre de la balle dans le référentiel tournant et en déduire la tension du fil. La difficulté est d'exprimer correctement la poussée d'Archimède dans ce référentiel tournant. On en déduit :  $\tan(\theta) = \frac{\omega^2(h-L\sin(\theta))}{g}$

S4ex5 - Centrale Physique-Chimie I : Etude d'une chaufferette

$$2) R_{\text{acétate}} = \frac{1}{4\pi\lambda_{\text{acétate}}} \left( \frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1} \right) = 60 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}; R_{\text{PVC}} = \frac{1}{4\pi\lambda_{\text{PVC}}} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_1+e} \right) = 0,95 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$$

$$4) \Delta t = \frac{\rho_{\text{liq}}\Delta_{\text{fus}}H^{\text{P}}}{\lambda_{\text{liq}}(T_{\text{fus}}-T_{\text{ext}})} \left[ \frac{R_1^2}{6} - \frac{R_0^2}{2} + \frac{R_0^3}{3R_1} \right] \approx 0,5 \text{ h}$$

S4ex6 - Mines-Ponts : Lunette astronomique

Pour un œil normal, la lunette doit être réglée en système afocal. Ce n'est pas le cas pour un œil myope.

Pour un œil myope il faut modifier le réglage de l'oculaire, expliquer comment (dans quel sens).

S4ex7 - Mines-Télécom 2024 : Chariot et looping

Il faut écrire la condition de non-décollement dans le looping :  $h > 5R/2$

S4ex8 - CCINP : Crash-test

Si on suppose l'accélération de la voiture constante pendant le choc et une déformation de la voiture de 50 cm,  $F \approx 19 \text{ kN}$