	<b>THERMODYNAMIQUE 2</b>	
	PREPA2	Date : <b>avril 2020</b>
Durée: <b>1h</b>	<b>Contrôle Continu</b>	Nombre de pages : 2

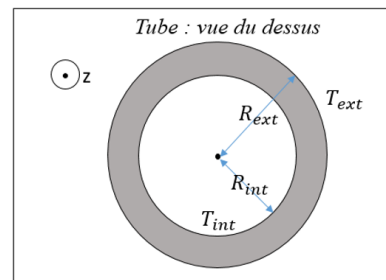
*Documents autorisés. Le barème est donné à titre indicatif.*

**Questions/ Applications de cours (3 pts, 10 min):**

- 1) Citer les trois différents modes de transfert thermique.
- 2) Définir, avec vos propres mots, la diffusion thermique. Citer un exemple d'observation du phénomène.
- 3) a) Enoncer la loi de Fourier sous forme vectorielle.  
b) Commenter cette loi.

**Exercice 1 (8 pts, 20 min):**


Soit un tube cylindrique de longueur  $L$  et de rayon intérieur  $R_{int}$  et de rayon extérieur  $R_{ext}$ . On suppose que le transfert de chaleur est purement radial et que le régime est permanent. On note  $k$ , la conductivité thermique du tube. Les températures  $T_{int}$  et  $T_{ext}$  des parois intérieure et extérieure sont imposées.



- 1) Donner l'expression de l'équation de la diffusion thermique dans le tube cylindrique.
- 2) Déterminer le profil de la température  $T(r)$  à l'intérieur du tube.
- 3) a) Déterminer l'expression du flux de chaleur. Dédire l'expression de la résistance thermique.
- 4) En utilisant la notion de résistance thermique et le résultat précédent, déterminer le flux de chaleur traversant une structure cylindrique formée de 3 couches A, B, C (de conductivités  $k_a$ ,  $k_b$  et  $k_c$ ) de rayons  $R_1, R_2, R_3, R_4$  ( $R_1 < R_2 < R_3 < R_4$ ), ceci en fonction de l'écart total de température  $T_1 - T_4$ . *Conseil : faire un schéma.*
- 5) En tenant compte, en plus de la conduction, des échanges par convection au niveau de la surface extérieure (coefficient  $h_{int}$ ) et de la surface extérieure (coefficient  $h_{ext}$ ), calculer la résistance thermique équivalente. Le fluide est maintenu aux températures  $T_{\infty int}$  et  $T_{\infty ext}$  au loin de ces deux surfaces.

*Rappel :*

*Soit  $f$  une fonction qui dépend de  $r$ . En coordonnées cylindriques, on a :  $\Delta f = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial f}{\partial r} \right)$*

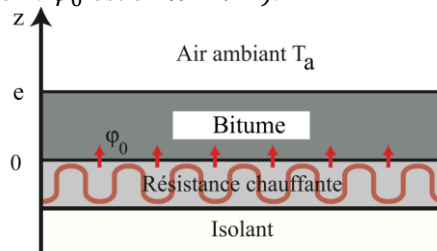
	<b>THERMODYNAMIQUE 2</b>	
	PREPA2	Date : <b>avril 2020</b>
Durée: <b>1h</b>	<b>Contrôle Continu</b>	Nombre de pages : 2

*Documents autorisés. Le barème est donné à titre indicatif.*

**Exercice 2 (9 pts, 30 min):**

On maintient la température de la surface supérieure d'un pont à une valeur  $T_s = 2^\circ\text{C}$  à l'aide d'une dalle chauffante. Le pont, de longueur  $L$  et de largeur  $l$ , est composé d'une dalle chauffante en béton surmontée d'une couche de bitume d'épaisseur  $e$ , de conductivité thermique  $k$ , de masse volumique  $\rho$  et de capacité thermique massique  $c$ .

Le chauffage fournit à la surface inférieure de la couche de bitume à l'altitude  $z = 0$  la puissance thermique surfacique  $\varphi_0$  (attention :  $\varphi_0$  est en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ).



On modélisera les transferts conducto-convectifs entre le bitume et l'air ambiant à la température  $T_a$  par la loi de Newton :  $\varphi_{CC} = h(T_s - T_a)$ , où  $h$  est le coefficient de transfert conducto-convectif. Attention :  $\varphi_{CC}$  est en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Dans ce problème, la température dans la couche de bitume est une fonction de  $z$  et de  $t$  seulement.

- 1) Ecrire la loi de Fourier dans la couche de bitume et préciser la signification des différents termes et leurs unités S.I. respectives. Quel est le sens physique du signe - ?
- 2) Ecrire l'équation de diffusion thermique vérifiée par  $T(z,t)$  dans la couche de bitume.  
**On se placera en régime permanent dans toute la suite de l'exercice.**
- 3) Donner les expressions de la résistance thermique de la couche de bitume  $R_{th}$  et de celle associée aux échanges conducto-convectifs entre la couche de bitume et l'air  $R_{CC}$ .
- 4) Exprimer la puissance thermique surfacique  $\varphi_0$  nécessaire pour imposer la température  $T_s$  à la surface supérieure du pont.  $\varphi_0$  doit s'exprimer en fonction de  $\varphi_{CC}$ .
- 5) Exprimer  $\vec{j}_{th}$  et  $\phi$  dans la couche de bitume. Indiquer le sens du flux. Justifier.
- 6) En déduire la température  $T(0)$ . Et la loi d'évolution de la température  $T(z)$  dans la couche de bitume à partir de la Loi de Fourier.