

Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement

2005-2006

A. Spiga, Interrogation MP*, Lycée Condorcet, année

Gloutonnerie (tiré de *Bernard, L'esprit physique en 50 problèmes*)

Un être vivant de température T vit dans une atmosphère de température $T_0 < T$. On suppose que $T - T_0$ est très petit devant T . Son alimentation journalière est modélisée par une puissance P_a . On appelle G la "gloutonnerie" de l'animal : $G = P_a/m$ où m est la masse de l'animal. Le choix de la forme de l'animal ainsi que de sa masse volumique est laissé à l'initiative du candidat.

- 1 Trouver une expression de la G en fonction de T_0 et des paramètres caractérisant l'animal.
- 2 Tester la plausibilité du modèle :
 - a) En considérant un chat, une souris, un serpent
 - b) En comparant la taille du crâne d'un ours d'Espagne (32 cm) et de Sibérie (56 cm) supposés de gloutonnerie égale
- 3 Un homme de 80 kg passe par jour 1h30 à s'alimenter pour une valeur de $P_a=150$ W. Un lilliputien de hauteur $h = 2$ mm et de section $0,5 \text{ mm} * 1 \text{ mm}$ est de température identique à l'homme (de plus on suppose $T - T_0 = 20$ K). Pourquoi sa vie risquerait d'être problématique ?
- 4 Remarques. Critiques du modèle.

Cuisson d'une dinde (inspiré d'un oral de Polytechnique)

Pourquoi une dinde de 3 kilos met 40 minutes à cuire alors qu'au même thermostat une dinde de 6 kilos met à peine plus d'une heure ?

Isolation thermique par double vitrage (d'après TD MP*)

On donne pour le verre $\lambda = 1 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ et pour l'air $\lambda' = 0.01 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Pour l'interface au verre, le coefficient de transfert est $h = 10 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$. Vous êtes dans une pièce à 20 degrés Celsius et à l'extérieur l'atmosphère est à 0 degrés Celsius.

- 1 Justifier les unités employées et rappeler dans quelles lois physiques interviennent les paramètres ci-dessus.
- 2 Avec un vitrage simple de 5 mm, trouver les températures des deux faces et le flux thermique surfacique.
- 3 Mêmes questions avec un double vitrage séparé par de l'air (5 / 5 / 5 mm). On suppose qu'il n'y a pas de convection entre les deux vitres.
- 4 Conclure sur l'intérêt d'un double vitrage.

Température d'équilibre d'une planète (inspiré d'un cours ENPC sur le changement climatique)

Le flux surfacique solaire est de $S_0 = 1367 \text{ W m}^{-2}$ à la distance de 1 unité astronomique. On veut calculer la température d'équilibre de la Terre avec différentes méthodes.

- 1 On suppose que la Terre est un corps noir et ne possède pas d'atmosphère. On considère seulement qu'une partie du rayonnement reçu est réfléchi vers l'espace ; ceci représente 30% du rayonnement solaire incident, on dit que l'albédo α de la Terre est de 0.3. Calculer la température d'équilibre radiatif (appelé température d'émission de la planète).
- 2 On suppose que l'on rajoute à la planète précédente une atmosphère qui soit transparente au rayonnement solaire, et qui se comporte comme un corps noir dans les ondes longues. Faire un bilan énergétique au sommet de l'atmosphère, dans l'atmosphère et à la surface. En déduire la température de surface. Quel nom porte le phénomène responsable entre la température de surface calculée ici et la température d'émission ?
- 3 La valeur de la température de surface trouvée à la question précédente vous paraît-elle réaliste ? Proposez des améliorations.
- 4 Mars est plus loin du soleil (1.52 UA) donc la constante solaire S_0 est plus petite : 598 W m^{-2} . L'albédo moyen de la planète est 0.2. Calculer la température d'émission de Mars. Même question pour Vénus, plus proche (0.82 UA) du soleil, donc telle que $S_0 = 2658 \text{ W m}^{-2}$, et plus réfléchissante, donc telle que $\alpha > 0.6$. Les valeurs numériques vous paraissent-elles refléter la réalité ? Connaissez vous un ordre de grandeur des températures de surface de ces planètes ?
- 5 Que savez-vous de la question du changement climatique ? Quel est le rapport avec l'exercice ?