



TRAVAUX DIRIGÉS

Rayonnement thermique



Les différents exercices de ce recueil sont agencés selon la progression des différents paragraphes du cours. Le niveau de difficulté approximatif est mentionné pour chacun d'eux à travers un nombre d'étoiles (★), sauf pour les exercices type résolution de problème (♣♥♦). La résolution d'un exercice nécessite un temps de lecture, un temps de recherche et un temps de rédaction. Aucun de ces trois ne doit être négligé. Pour favoriser votre apprentissage, il est vivement recommandé de réaliser les phases de lecture et de recherche en amont de la séance, le minimum exigé étant un schéma de situation et les lois à mettre en œuvre qui devront apparaître en regard des énoncés.

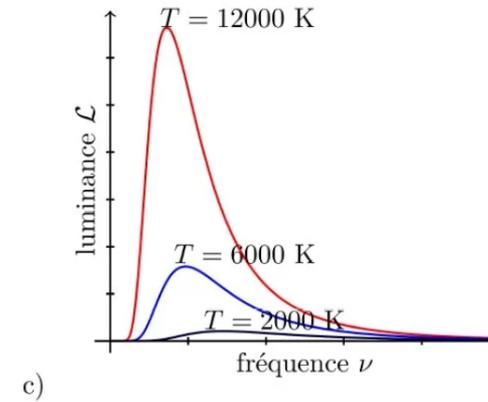
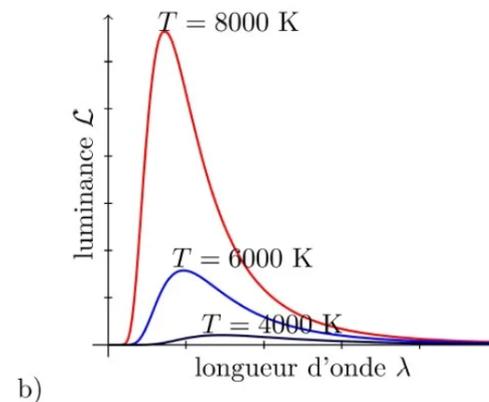
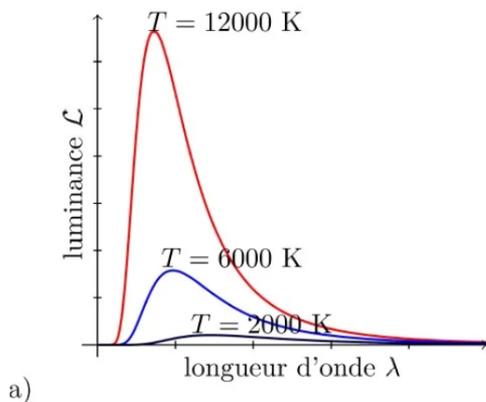
Linéaments

Spectre de corps noir

Exercice n°1 - Chasse au spectre

★ ☆ ☆

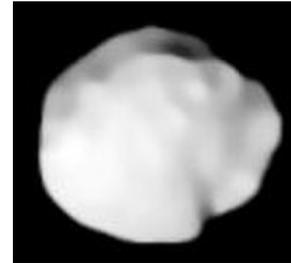
Identifier parmi les graphes suivants le seul correspondant réellement à la loi de Planck (profil de luminance spectrale d'un corps noir à une température T) en justifiant soigneusement la réponse.



Exercice n°2 - Température de surface de (3)Junon



L'astéroïde (3)Junon orbite dans la ceinture principale d'astéroïde à une distance moyenne $a = 2,67$ UA. En première approximation, il s'agit d'une sphère de rayon $R = 100$ km. Son albédo A , fraction d'énergie réfléchie par sa surface, est de l'ordre de 0,24. Le rayonnement émis par le Soleil, de température de surface $T_{\odot} = 6000$ K, est l'unique source d'énergie qui atteint sa surface. On assimile l'astéroïde et le Soleil à un corps noir idéaux.



1. **Exprimer** la puissance totale L_{\odot} rayonnée par le Soleil.
2. **Exprimer** la puissance surfacique φ_{\odot} reçue au niveau de l'orbite de (3)Junon.
3. **Exprimer** la puissance totale \mathcal{P}_{abs} absorbée par (3)Junon.
4. **Exprimer** la température de surface T de (3)Junon.
7. **Justifier** que les astronomes étudient les astéroïdes dans l'infrarouge.

Problème ouvert - La ligne des glaces



"The "snow line" (also called frost line, ice line, snow boundary, etc.) is the distance from a central protostar at which ice grains can form - this occurs at temperatures of about 150-170 K. At the snow line, the density of solid particles in the disk increases rather abruptly. This increase in solid-particle surface density changes the time- and mass-scales of planets that form beyond this distance."

Harvard University graduate course
The Interstellar Medium and Star Formation.

- *Déterminer l'orbite de la ligne des glaces dans le système solaire.*

Exercice n°3 - Bilan thermique d'un astéroïde



On étudie la température au sein d'un astéroïde modélisé par une sphère de rayon R , de conductivité λ , à l'équilibre thermodynamique. De l'énergie est libérée à l'intérieur de l'astéroïde par radioactivité : pendant un temps dt , chaque élément de volume $d\tau$ de l'astéroïde reçoit une énergie $Pd\tau dt$, P étant une constante. On raisonne sur une sphère de rayon $r < R$, indéformable et au repos. L'astéroïde émet à sa surface par rayonnement une puissance surfacique $P_{\text{ray}} = \sigma T_s^4$, avec σ une constante et T_s la température de surface.

1. Donner les trois modes de transferts thermiques et identifier ceux à considérer pour étudier l'astéroïde.
2. Exprimer le transfert thermique par conduction Q_{cond} au niveau de la sphère de rayon r .
3. Exprimer la puissance P générée par radioactivité dans la sphère de rayon r .
4. Déterminer une relation entre Q_{cond} et P .
5. Exprimer la température $T(r)$ en fonction de λ , P , r et T_0 la température au centre de l'astéroïde.
6. Exprimer la température T_0 au centre de l'astéroïde en fonction de R , λ , σ et P .

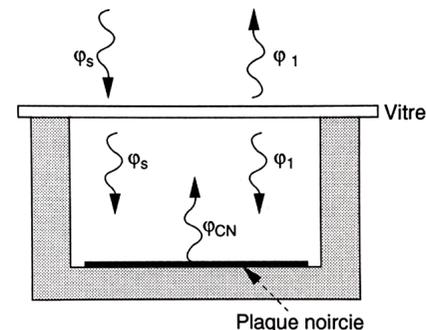
Exercice n°4 - Échauffement d'une vitre



On étudie l'effet de serre produit par l'interposition d'une vitre au-dessus d'une plaque qui reçoit le rayonnement solaire. La plaque est noircie et assimilée à un corps noir. Le verre est supposé totalement transparent au rayonnement solaire. La vitre est en revanche totalement absorbante pour le rayonnement infra-rouge émis par la plaque qui absorbe le rayonnement solaire. On désigne par φ_s le flux solaire surfacique supposé arriver normalement à la vitre et à la plaque. On suppose l'équilibre radiatif de la plaque et de la vitre.

On considère une unique vitre

1. Donner les équations exprimant les différents équilibres radiatifs.
2. Exprimer la température T de la plaque.
3. Calculer la température T de la plaque pour $\varphi_s = 0.6 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$.
4. Calculer la température T_1 de la vitre.



On considère la superposition de deux vitres

5. Calculer la nouvelle température T du sol.

On considère la superposition de n vitres

6. Montrer que $\sigma T^4 = (n + 1)\varphi_S$.