NOM :	Prénom :

L3 Physique   PARTIEL Astrophysique   Mecredi 29/04/09

Durée 1 heure - calculatrice autorisée - Documents interdits (une feuille de notes A4 autorisée)
Remplir Nom et Prénom - Répondre sur la feuille

π	=	3.1415926					
σ_S	=	$5.67\,10^{-8}$ W.m^{-2}.K^{-4}	Stefan	1 AU	=	$150\,10^6$ km	Unité Astronomique
k	=	$1.38\,10^{-23}$ J.K^{-1}	Boltzman	1 M$_\odot$	=	$2\,10^{30}$ kg	Masse solaire
h	=	$6.626\,10^{-34}$ J.s	Planck	1 L$_\odot$	=	$3.86\,10^{26}$ W	Luminosité Solaire
e	=	$1.6\,10^{-19}$ C	charge de l'électron	1 $R_\odot$	=	$7\,10^8$ m	Rayon Solaire
c	=	$3\,10^8$ m.s^{-1}	vitesse lumière (vide)	1 pc	=	$3.1\,10^{16}$ m	parsec
ϵ_o	=	$8.84\,10^{-12}$ F.m^{-1}	Permittivité du vide	1 an (moyen)	=	$3.16\,10^7$ s	année moyenne
G	=	$6.7\,10^{-11}$ J.m.kg^{-2}	Constante gravitation	1 AL	=	$9.5\,10^{15}$ m	Année Lumière
a	=	$7.56\,10^{-16}$ J.m^{-3}.K^{-4}	2e constante de Stefan	T$_\odot$	=	6000 K	T surface soleil

On rappelle la définition de la *magnitude apparente* m d'une étoile à la longueur d'onde λ si F est le flux reçu (en W.m^{-2}, F_o étant un flux de référence) à cette longueur d'onde :

$$m = -2.5 \log \frac{F}{F_o}$$

On définit également la *magnitude absolue* M de la même étoile comme la magnitude apparente qu'elle aurait si elle était située à une distance de 10 parsec.

EXERCICE 1 : Betelgeuse a une magnitude absolue $M \approx -5$ et une magnitude apparente $m \approx 0$.

• Calculer la distance D de Betelgeuse en parcsec.

m-M = 5 lod D(pc) - 5 : 5log D = 10 : D = 100 pc

• Si Betelgeuse était distante de 1 kpc, quelle serait sa magnitude apparente ? Sa magnitude absolue ?

de 100 pc a 1 kpc, distance x 10 : flux /100 : m=5 ; M (evidemment) inchangee.

EXERCICE 2 :

• Rappeler l'expression de la luminosité L d'une étoile en fonction de son rayon R et de sa température de surface T.

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

On considère une planète en orbite à la distance d du soleil (rayon $R_\odot$, température $T_\odot$), dont la température est définie par l'équilibre entre l'énergie reçue par unité de surface et son rayonnement de corps noir à cette température.

• Montrer que dans ces conditions la température T de la planète peut s'écrire :

$$T = T_\odot \sqrt{\frac{R_\odot}{d}}$$

l'énergie recue par unité de surface est

$$E = \frac{L}{d^2} = \frac{4\pi R_\odot^2 \sigma T_\odot^4}{d^2} = \sigma T^4$$

$$T^4 = T_\odot^4 \frac{R_\odot^2}{d^2}$$

$$T = T_\odot \sqrt{\frac{R_\odot}{d}}$$

• Rappeler la relation qui lie la température T (en K) d'un corps noir et la longueur d'onde $\lambda_{\max}$ de son maximum d'émission (en μm).

$$\lambda_{\max} T \approx 3000\,\mu\text{m.K}$$

• Montrer que cette relation permet d'interpréter le maximum de la courbe d'émission du soleil sur la figure 1

sur la courbe, le max d'emission du soleil se situe proche de 0.5 μm, donc sa temperature de surface est bien proche de 6000 K.

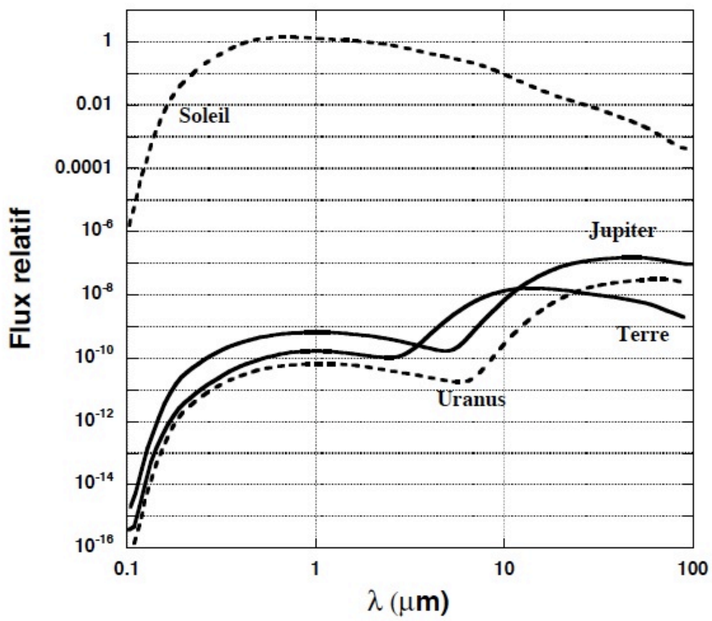

Figure 1: Emission du soleil et des planètes en fonction de λ exprimée en μm.

La figure représente également le spectre de quelques planètes dont la terre. Ce spectre est constitué de deux maxima, l'un à plus courte longueur d'onde étant la reproduction atténuée du maximum solaire (de manière identique pour toutes les planètes) et l'autre à plus grande longueur d'onde étant du à leur émission thermique propre,

• A quoi est du le maximum identique pour toutes les planètes dans leur courbe d'émission ?

Les planetes ont une emission thermique propre (variable selon la temperature de la planete) mais elle reflechissent toutes la lumiere solaire, ce qui explique le pic a courte λ.

• Si on considère la terre et les autres planètes comme des corps noirs (avec une seule température !), montrer que la relation $T, \lambda_{\max}$ appliquée à la terre est cohérente avec une température proche de 300 K.

Le max d'emission de la terre est proche de 10 μm donc T proche de 300 K.

• A partir de la figure1, pensez-vous que la température moyenne du corps noir "terre" est plutôt plus faible ou plus élevée que 300 K ?

Le max d'emission est plutot situe a $\lambda > 10\,\mu$m, donc $T < 300\,$K.

• Donnez une estimation de la température de corps noir de Jupiter et d'Uranus. Justifiez l'ordre de grandeur des valeurs trouvées.

Jupiter et saturne ont des max d'emission autour de 30 et 50 μm, donc des temperatures de l'ordre de 100 et 60 K. C'est coherent puisque, plus eloignees du soleil, elles en recoivent moins de lumiere et sont donc plus froides que la terre.

EXERCICE 3 :

• Montrer que si les étoiles ont toutes la même masse volumique moyenne ρ_o (par exemple 1000 kg.m^{-3}), on a :

$$\frac{M}{M_\odot} = (\frac{R}{R_\odot})^3$$

$M \propto R^3$

• La valeur exacte de ρ_o est-elle importante ?

non, c'est un coefficient suppose constant.

On suppose de plus que la luminosité varie comme le cube de la masse : $\frac{L}{L_\odot} = (\frac{M}{M_\odot})^3$

• Montrer qu'on a alors :

$$\frac{T}{T_\odot} = (\frac{R}{R_\odot})^{7/4}$$

$$L \propto R^2T^4; L \propto M^3; M \propto R^3 : R^2T^4 \propto M^3 \propto R^9 : T^4 \propto R^7 : T \propto R^{7/4}$$