Estimation de la température de le voûte celéste

La voûte céleste peut être considérée comme un corps noir constitué d'une demi-sphère (indice 1). Afin d'estimer la température de la voûte céleste, T_1, on place une petite surface plane (indice 3) de surface totale (les 2 faces) S_3 au voisinage du sol (indice 2). La surface S_2 est parallèle la surface S_3.

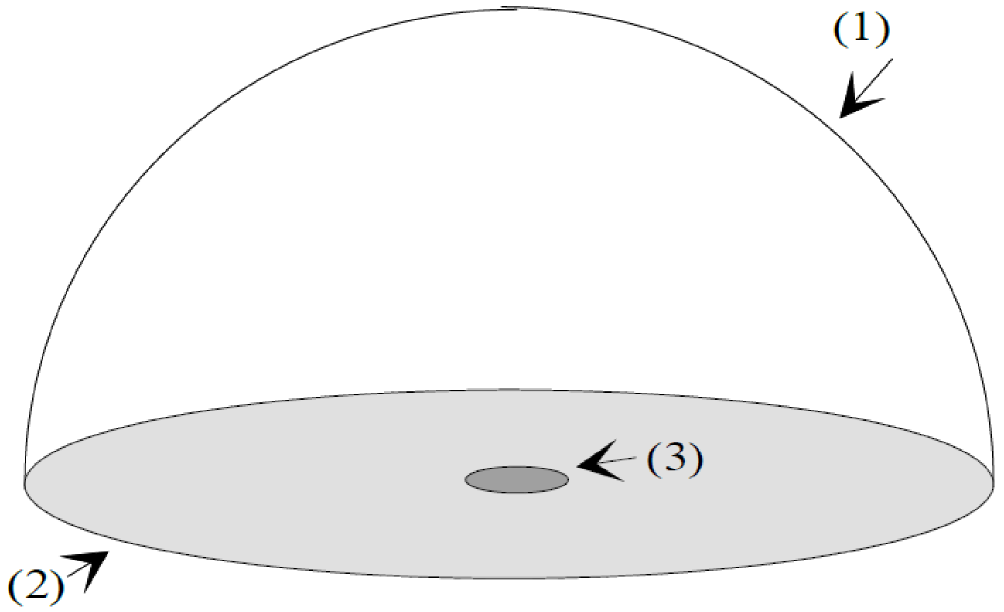
Les trois surfaces S_1, S_2 et S_3 échangent du rayonnement. L'objet de ce problème est d'estimer indirectement la température T_1 en mesurant les deux seules températures accessibles, T_2 et T_3.

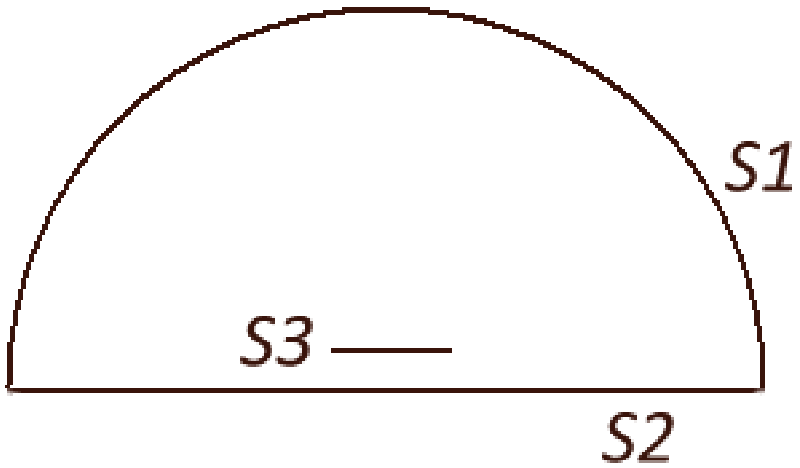
a. Donner les différents facteurs de forme des surfaces.

b. Les surfaces S_2 et S_3 sont noires. Exprimer T_1 en fonction de T_2 et T_3. Application numérique : $T_2 = 20\ °C$, $T_3 = 15\ °C$.

c. Seule la surface S_3 n'est pas noire ($\varepsilon_3 = 0.9$). Exprimer T_1 en fonction de T_2 et T_3.

d. Si la face inférieure de la surface S_3 est supposée parfaitement réfléchissante, donner T_1 en fonction de T_2 et T_3.





La surface S_3 est très proche du sol, mais légèrement décollée

S_3 représente la surface totale du petit disque (face haute +face basse)

1) $\boxed{\text{Facteurs de forme}}$ 3 surfaces

$\Rightarrow$ 3! facteurs de forme

F_{12} F_{21} F_{13} F_{31} F_{23} F_{32}

Note:

$S_3 \ll S_2$ $\qquad S_3 \cdot F_{32} = S_2 F_{23} \Longrightarrow F_{23} = \frac{S_3}{S_2} F_{32} \simeq 0$

$S_3 \ll S_1$ $\qquad S_3 \cdot F_{31} = S_1 F_{13} \Longrightarrow F_{13} = \frac{S_3}{S_1} F_{31} \simeq 0$

$F_{31} + F_{32} + \underbrace{\cancel{F_{33}}}_{0} = 1$ (complémentarité)

$F_{31} = F_{32}$

$\Longrightarrow \boxed{F_{31} = F_{32} = \frac{1}{2}}$

disc-voûte disc-sol

$$F_{31} = F_{32}$$

disc - voûte

disc - sol

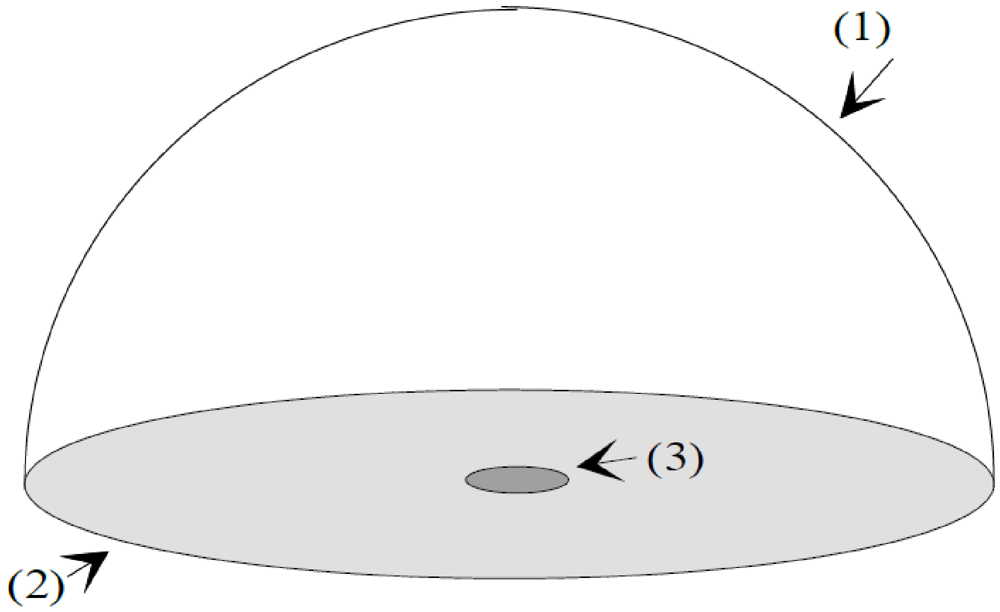
$$\Longrightarrow \boxed{F_{31} = F_{32} = \frac{1}{2}}$$

$$F_{21} + \cancel{F_{22}} + \cancel{F_{23}} = 1 \quad \Longrightarrow \boxed{F_{21} = 1}$$

0 plane 0

$$S_2 F_{21} = S_1 F_{12} \qquad S_2 = \pi R^2 \qquad S_1 = \frac{1}{2} 4\pi R^2$$

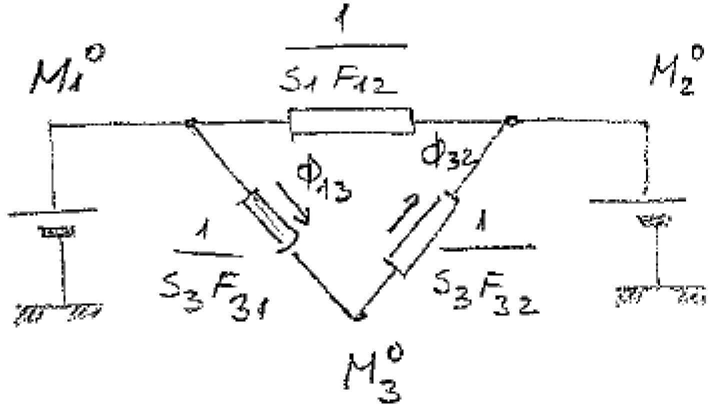
$$\Longrightarrow \cancel{\pi} R^2 \cdot 1 = 2\cancel{\pi} R^2 \cdot F_{12} \quad \Longrightarrow \boxed{F_{12} = \frac{1}{2}}$$



		1	2	3
	1	1/2	1/2	0
F =	2	1	0	0
	3	1/2	1/2	0

Echanges entre 3 surfaces noires.

Analogie électrique



corps noir $\Rightarrow J_i = M_i^0$

$$\Phi_{13} = \Phi_{32}$$

$$(M_1^0 - M_3^0)\cancel{S_3} F_{31} = (M_3^0 - M_2^0)\cancel{S_3} F_{32}$$

$$M_3^0 \underbrace{(F_{31} + F_{32})}_{1} = M_1^0 \underset{\downarrow 1/2}{F_{13}} + M_2^0 \underset{\downarrow 1/2}{F_{32}}$$

$$M_3^0 \underbrace{(F_{31} + F_{32})}_{1} = M_1^0 \underset{\downarrow 1/2}{F_{13}} + M_2^0 \underset{\downarrow 1/2}{F_{32}}$$

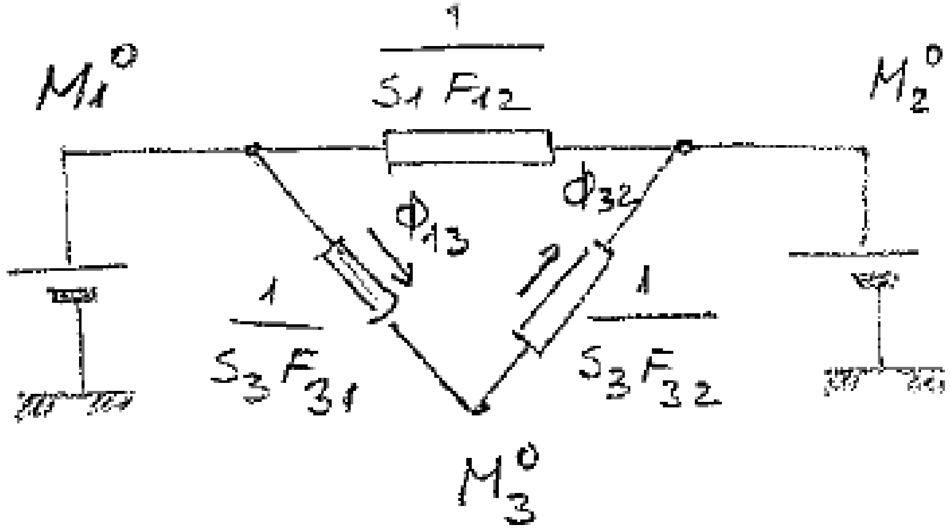
$$M_3^0 = \frac{1}{2} M_1^0 + \frac{1}{2} M_2^0$$

$$\sigma T_3^4 = \frac{1}{2} \sigma T_1^4 + \frac{1}{2} \sigma T_2^4$$

$$T_3 = \left(\frac{1}{2} T_1^4 + \frac{1}{2} T_2^4 \right)^{1/4} = \left(\frac{1}{2} \cdot 293^4 + \frac{1}{2}\, 288^4 \right)^{1/4}$$

$$= 290{,}5\,K$$

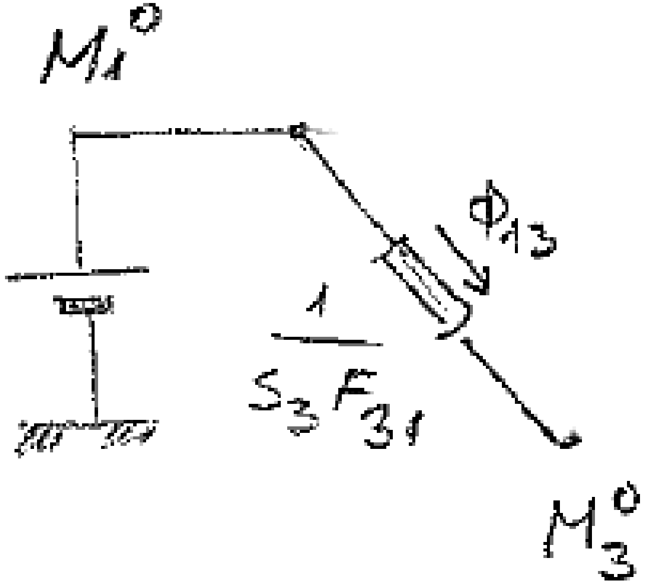
S_3 n’est pas noire, mais n’échange radiativement (les autres échanges sont négligés) qu’avec la voûte céleste et le sol >>> $\dot{M}_3 = J_3$



Le résultat est donc le même qu’à la question précédente :

T_3= 290,5 K = 17,5 °C

La face inférieure de S_3 est parfaitement réfléchissante >> S_3 n'échange qu'avec la voûte céleste >> Φ_{13} = 0 >> $\dot{M}_3 = \dot{M}_1$ >> T_3=T_1



Ou, pour un cas simple comme celui-ci, on peut directement écrire $\Phi_{émis}$ = $\Phi_{absorbé}$ $\gg$ $\sigma_0 T_3^4 = \sigma_0 T_1^4$ >> T_3=T_1