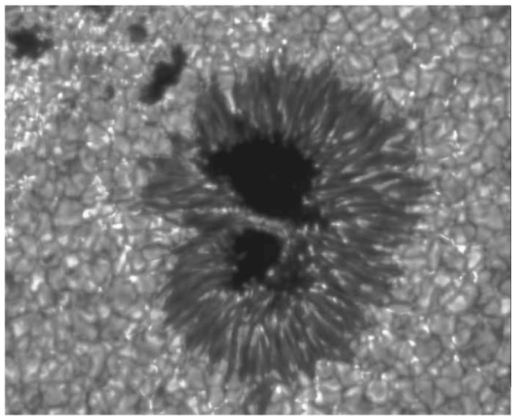
FLU-FORCE-Exercice 1

La luminosité du Soleil n'est pas uniforme. On observe des taches sombres à sa surface (photo ci-dessous) qui sont liées à son activité magnétique.



Données :
- le Soleil est décrit comme un plasma (gaz ionisé) localement neutre en équilibre hydrostatique
- température du Soleil en surface à l'extérieur d'une tache $T_{ext} = 6000$ K
- pression du Soleil en surface à l'extérieur d'une tache $P_{ext} = 1{,}3$ bar
- pression au centre de la tache $P_{int} = 0{,}3$ bar
- champ magnétique en surface à l'extérieur d'une tache $B_{ext} \approx 0$
- perméabilité du vide : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ H.m^{-1}

a-Montrer que la force volumique de Lorentz s'écrit : $\vec{f}_{vol} = \frac{1}{\mu_0}\overrightarrow{rot}\vec{B} \wedge \vec{B}$

b-On donne : $\overrightarrow{rot}\vec{B} \wedge \vec{B} = -\overrightarrow{grad}\frac{B^2}{2}$. Montrer que : $\mu gz + P + \frac{B^2}{2\mu_0} = \text{constante}$

En supposant la tache proche de la surface su Soleil, calculer le champ magnétique au centre de la tache.

c-On suppose que le Soleil vérifie la loi de Laplace avec un paramètre $\gamma = 5/3$.
Déterminer la température au centre de la tache.

d-Le flux surfacique de photons émis vérifie la loi de Stefan $\varphi = \sigma T^4$. Calculer le rapport du flux d'une tache solaire sur celui d'une zone normale et commenter.

FLU-FORCE-Exercice 1

---

a-Force de Lorentz sur une particule chargée du type i : $\vec{f}_i = q_i(\vec{E} + \vec{v}_i \wedge \vec{B})$

On suppose qu'il y a n_i particules chargées du type i par unité de volume.

Force de Lorentz volumique : $\vec{f}_{vol} = \sum_i n_i q_i (\vec{E} + \vec{v}_i \wedge \vec{B}) = \sum_i n_i q_i \vec{E} + \sum_i n_i q_i \vec{v}_i \wedge \vec{B} = \rho\vec{E} + \vec{j} \wedge \vec{B}$

Le plasma est localement neutre donc : $\rho = 0$

Equation de Maxwell-Ampère en régime stationnaire : $\vec{j} = \frac{1}{\mu_0} \overrightarrow{rot}\vec{B}$

Donc : $\boxed{\vec{f}_{vol} = \frac{1}{\mu_0} \overrightarrow{rot}\vec{B} \wedge \vec{B}}$

b-Equation de la statique des fluides : $\vec{0} = \mu\vec{g} - \overrightarrow{grad}P + \frac{1}{\mu_0} \overrightarrow{rot}\vec{B} \wedge \vec{B}$

$$\vec{0} = -\overrightarrow{grad}(\mu g z) - \overrightarrow{grad}P - \frac{1}{\mu_0} \overrightarrow{grad} \frac{B^2}{2}$$

$$\vec{0} = \overrightarrow{grad}\left[\mu g z + P + \frac{B^2}{2\mu_0}\right]$$

Donc : $\boxed{\mu g z + P + \frac{B^2}{2\mu_0} = cons\,tan\,te}$

On applique cette relation entre le centre de la tache et l'extérieur de la tache en surface :

$\mu g z + P_{int} + \frac{B_{int}^2}{2\mu_0} = \mu g z + P_{ext} + \frac{B_{ext}^2}{2\mu_0}$ d'où : $B_{int} = \sqrt{B_{ext}^2 + 2\mu_0 (P_{ext} - P_{int})}$ A.N : $\underline{B_{int} = 0{,}5\ T}$

c-Loi de Laplace : $P_{int}^{1-\gamma} T_{int}^{\gamma} = P_{ext}^{1-\gamma} T_{ext}^{\gamma}$ D'où : $\boxed{T_{int} = T_{ext}\left(\frac{P_{ext}}{P_{int}}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}}$ A.N : $\underline{T_{int} = 3340\ K}$

d- $\frac{\varphi_{tache}}{\varphi_{normal}} = \left(\frac{T_{int}}{T_{ext}}\right)^4$ A.N : $\frac{\varphi_{tache}}{\varphi_{normal}} = \underline{9{,}6.10^{-2}}$ La tache est <u>sombre</u>.