

---

*D'après oral X*

On considère un nuage d'hydrogène ionisé infiniment diffus et de masse  $M$ . On note  $m_p$  la masse d'un proton et  $m_e$  la masse d'un électron.

a. Le nuage se contracte jusqu'à former une boule de rayon  $R$ .

Exprimer l'énergie potentielle de gravitation du nuage contracté (en supposant la répartition de masse uniforme).

En supposant que lorsque le nuage atteint sa forme finale, il est en équilibre thermodynamique à la température  $T$ , exprimer l'énergie cinétique totale des constituants du nuage.

En déduire la température finale du nuage.

A.N. Calculer la température pour un astre de la dimension du Soleil et de même masse.

b. Proposer une ou des explications justifiant que le nuage ne s'effondre pas totalement sur lui-même.

c. Une explication possible est liée à l'énergie de confinement d'un quanton.

Quel est le volume moyen occupé par un électron et un proton ?

Rappeler la relation d'indétermination d'Heisenberg et l'énergie cinétique minimale d'un quanton confiné dans un volume  $a^3$ .

En déduire l'énergie mécanique minimale du système en fonction de  $R, M, \mathcal{G}, \hbar, m_p, m_e$ .

Évaluer le rayon de l'astre correspondant à une énergie minimale pour une masse de l'ordre de celle du Soleil.

Données :  $M_S = 2.10^{30}\text{kg}$  ,  $R_S = 7.10^5 \text{ km}$ ,  $m_e = 9,1.10^{-31}\text{kg}$ ,  $m_p = 1,67.10^{-27}\text{kg}$ ,  $\hbar = 1,0.10^{-34}\text{J.s}^{-1}$ .