

Exercice - P0044

Une étoile se forme par effondrement gravitationnel d'un nuage d'hydrogène sur lui-même. Autrement dit, une masse M d'hydrogène diffuse se regroupe et adopte une configuration sphérique de rayon R du fait de l'interaction gravitationnelle. Sous l'effet de la gravitation, le gaz est comprimé et s'échauffe. Si la masse est suffisante, la température atteinte permet le déclenchement de réaction nucléaire de fusion. Le but de l'exercice est de calculer la température dans différentes hypothèses. Compte tenu de la symétrie sphérique du problème, les différents paramètres du fluide, température, pression, masse volumique, sont uniquement fonction de r la distance au centre de l'étoile.

Remarque : J'ai fait cet exercice en prépa en contrôle sur le chapitre thermodynamique. J'essaie de retrouver les étapes...

1. Equilibre de l'étoile

- a) Exprimer le champ gravitationnel créé par une distribution sphérique
- b) Exprimer l'équilibre hydrostatique du fluide. En déduire une relation entre la pression, la masse volumique du fluide.
- c) Dans le cas d'un fluide incompressible, calculer la pression au centre de l'étoile
- d) En assimilant l'hydrogène à un gaz parfait calculer la température au centre de l'étoile.
- e) Application numérique : calculer la température au centre du soleil $M = 2 \times 10^{30}$ kg et un rayon R de 695 700 km.

2. Formation de l'étoile. Energie gravitationnelle.

- a) On suppose que l'étoile se forme progressivement, couche par couche, en amenant la masse d'hydrogène constituant une couche sphérique de rayon r et d'épaisseur dr de l'infini, de manière quasi statique et isotrope. Calculer le travail élémentaire, pour former la couche de rayon r et d'épaisseur dr .
- b) En déduire l'expression de l'énergie gravitationnelle, c'est-à-dire le travail à fournir pour former l'étoile de façon quasi statique.
- c) Dans l'hypothèse où l'hydrogène est assimilé à un fluide incompressible, calculer l'énergie gravitationnelle. En déduire l'énergie rayonnée, par l'étoile pendant sa formation.
- d) Calculer l'énergie gravitationnelle dans le cas où l'hydrogène est assimilé à un gaz parfait en supposant la température constante et uniforme.