

# Effondrement gravitationnel des nuages interstellaires et formation des étoiles

## Questions:

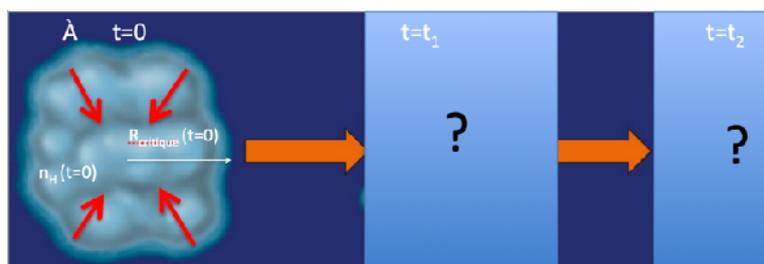
### 1) Dans quelles régions du MIS, l'effondrement gravitationnel va-t-il avoir lieu, et ainsi former de nouvelles étoiles ?

Afin de répondre à cette question, on considérera la condition d'équilibre hydrostatique d'un nuage interstellaire (i.e., forces de gravité = force de pression thermique) et on déterminera  $R_{\text{critique}}$  et  $M_{\text{critique}}$  le rayon et la masse critique du nuage au delà desquels le nuage devient instable gravitationnellement. Pour  $R > R_{\text{critique}}$  et  $M > M_{\text{critique}}$  il y a effondrement gravitationnel, pour  $R < R_{\text{critique}}$  et  $M < M_{\text{critique}}$  il y a équilibre hydrostatatique, pour  $R > R_{\text{critique}}$  et  $M < M_{\text{critique}}$  il y a effondrement gravitationnel.

- 1) Exprimer  $R_{\text{critique}}$  (unité: m) en fonction de T (la température dans le nuage) et  $n_H$  (la densité d'hydrogène dans le nuage, soit le nombre d'atomes d'hydrogène par  $m^3$ )
- 2) Exprimer  $M_{\text{critique}}$  (unité: kg) en fonction de T et  $n_H$
- 3) Calculer  $R_{\text{critique}}$  (unité: pc) et  $M_{\text{critique}}$  (unité:  $M_{\text{solaire}}$ ) pour les 3 phases du MIS
- 4) En déduire quelle est la région du MIS la plus instable gravitationnellement et en conséquence les régions où peuvent se former les étoiles.

### 2) Comment se déroule l'effondrement des nuages ?

Pour répondre à cette question, on considérera la variation de  $R_{\text{critique}}$  en fonction de la densité  $n_H$  du nuage et du temps t.



### 3) Les étoiles se forment-elles seules ou en groupe ?

Pour répondre à cette question, on considérera la réponse à la question 2).

## Données:

- La condition d'équilibre hydrostatique d'un nuage interstellaire est vérifiée quand les forces de gravité dirigées vers le centre du nuage sont compensées par la pression thermique dans le nuage. Cette condition peut s'écrire :

$$3 k T / m_H = 2 G M / R$$

avec T la température dans le nuage, M la masse du nuage et R le rayon du nuage

k la constante de Boltzmann :  $1,38064 \cdot 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$

$m_H$  la masse d'un atome d'hydrogène :  $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

G la constante gravitationnelle :  $6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

- Hypothèse : on supposera que le nuage interstellaire est sphérique, homogène et essentiellement composé d'hydrogène. Dans ce cas :

$$M = V \rho$$

avec V le volume du nuage pour  $R_{\text{critique}}$  et  $\rho$  la masse volumique (en  $\text{kg/m}^3$ ) = .....

Régions du MIS	densité ( $n_H$ ) ( $m^{-3}$ )	température (T) (K)	volume* (%)	masse* (%)
Atomique-chaude-ionisée	$10^2$ - $10^5$	$5000 - 10^6$	0.6	0.1
Atomique-tiède-neutre	$10^7$	100	0.39..	0.4
Moléculaire-froide-neutre	$10^{10}$	10	0.0005	0.5