

**Examen, 8 juin 2005, durée: 2 heures**  
Calculatrices et documents de cours autorisés

---

**Quelques quantités utiles:**

(d'autres quantités sont également disponibles dans le cours)

Vitesse de la lumière:  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Unité astronomique:  $1 \text{ UA} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$

Masse du Soleil:  $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$

Masse des protons  $\approx$  masse des neutrons:  $m_p \approx m_n = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

---

**Physique stellaire**

1- (a) Rappeler la définition du parsec (pc)

(b) Calculer sa valeur en mètres.

(c) Exprimer également la valeur du parsec en années-lumière (AL).

2- Le 23 février 1987 un supernova (SN1987A) est apparue dans le Grand Nuage de Magellan, une galaxie satellite de la nôtre, située à 51 kiloparsecs (kpc) de nous. Combien de temps y-a-t-il que SN1987A a en fait explosé?

3- L'étoile précurseur qui a donné naissance à la supernova avait, *avant l'explosion*, une magnitude absolue de -7.

(a) Quelle était sa magnitude apparente pour un observateur terrestre?

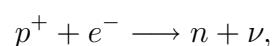
(b) Cette étoile était-elle visible à l'œil nu? Avec un télescope puissant?

4- Peu de temps *après* son explosion, à son maximum de luminosité, la supernova a atteint la magnitude apparente de 2.9.

(a) Quelle était alors sa magnitude absolue?

(b) Par quel facteur la luminosité de l'étoile précurseur a-t-elle été multipliée lors de l'explosion?

5- Lors de la phase d'implosion de la supernova, le cœur de l'étoile précurseur a subi une neutronisation, phase au cours de laquelle les protons et les électrons ont fusionné pour former des neutrons, selon la réaction:



où  $\nu$  représente ici le neutrino électronique.

Il subsiste alors une étoile à neutrons dont on estime la masse à  $1.4M_{\odot}$  (masse de Chandrasekhar).

(a) Estimer le nombre  $N_{\nu}$  de neutrinos émis par la supernova.

(b) Estimer la densité surfacique de neutrinos,  $\Phi_{\nu}$ , reçus au niveau de la Terre en provenance de la supernova ( $\Phi_{\nu}$  = nombre de neutrinos qui ont traversé perpendiculairement une surface de  $1 \text{ m}^2$ ).

(c) Les détecteurs de neutrinos situés en Italie, Japon et Etats-Unis n'ont en fait pu détecter qu'une vingtaine de neutrinos en tout et pour tout, malgré des surfaces réceptrices de plusieurs  $\text{m}^2$ . Qu'est-ce qui explique selon vous, et qualitativement, la disparité entre ce chiffre et l'estimation de la question (b)?

**6-** Le Grand Nuage de Magellan orbite à environ 51 kpc de notre Galaxie, sur une trajectoire à peu près circulaire autour de notre Galaxie, et avec un période d'environ 1.2 milliards d'années.

Estimer la masse de notre Galaxie en masses solaires.

### Cosmologie

**7-** Le rayon maximal de la partie de l'Univers accessible à nos observations aujourd'hui est d'environ  $R_{\text{obs}} = 15$  milliards d'AL. D'où vient ce chiffre?

Nous appellerons par la suite cette partie de l'Univers "l'Univers observable" et  $R_{\text{obs}}$  sa "taille".

**8-** On suppose que l'expansion de l'Univers est régie par le modèle de Einstein-de Sitter, dans lequel le facteur d'expansion  $R$  varie comme:

$$R(t) \propto t^{2/3},$$

où  $t$ , que nous appellerons "époque", est le temps écoulé depuis le Big Bang.

(a) Rappeler quel est, actuellement, le rayon approximatif de notre Galaxie, soit  $R_G$ .

(b) Estimer alors l'époque où l'Univers observable aujourd'hui (cf. question précédente) avait une taille de l'ordre de notre Galaxie, c'est-à-dire de  $R_G$ . On exprimera cette époque en années.

**9-** La température  $T$  de rayonnement du corps noir cosmologique varie selon la loi:

$$T \propto \frac{1}{R}$$

On mesure aujourd'hui une température du corps noir cosmologique de  $T = 2.7 \text{ K}$ . Quelle était cette température lors de la naissance du système solaire, il y a environ 5 milliards d'années?

**9-** La variation de la température du corps noir cosmologique au cours des âges de la Terre a-t-elle pu avoir une influence sur le climat de notre planète?