

**LP210 : partie cosmologie.****Documents autorisés. Calculatrice type collège autorisée.****Rappel:** 1 pc = 3.08 10<sup>16</sup> m

La raie d'émission Lyman-alpha ( $\lambda_{\alpha}^{\text{lab}}$  121.6 nm en laboratoire) est la plus importante en astrophysique pour la détection des sources les plus lointaines. Dans le spectre de la source la plus lointaine actuellement connue, la longueur d'onde observée de la raie Lyman-alpha est  $\lambda_{\alpha}^{\text{obs}} = 960,6$  nm. On considère que, à l'instant présent  $t_0$ , le facteur expansion de l'univers vaut  $R(t_0) = 1$ . On rappelle la définition du redshift:

$$z = \frac{\lambda^{\text{obs}} - \lambda^{\text{lab}}}{\lambda^{\text{lab}}}$$

1) Calculer le redshift de cette source, ainsi que le facteur d'expansion  $R(t_e)$  de l'univers à l'instant où la lumière a été émise par la source.

On se place dans le modèle d'univers d'Einstein – de Sitter, pour lequel  $R(t) = A t^{2/3}$ , où  $A$  est une constante à déterminer.

2) Rappeler la définition de la constante de Hubble  $H(t_0)$ .

3) Exprimer, en la justifiant, la relation entre  $H(t)$  et  $R(t)$ .

4) En déduire la relation entre  $A$  et  $H(t_0)$ .

On prendra la valeur actuellement admise  $H(t_0) = 73 \text{ km.s}^{-1}.\text{Mpc}^{-1}$ .

5) Exprimer  $t_0$  en fonction de  $H(t_0)$  puis le calculer en années. Que représente cette grandeur ?

6) Exprimer puis calculer en années  $t_e$ , l'époque à laquelle la source lointaine a émis la lumière qui nous parvient maintenant.

On souhaite maintenant calculer la distance parcourue par ces photons, entre  $t_e$  et  $t_0$ .

7) Rappeler la relation entre la distance physique  $\delta l$  et la distance de coordonnée  $\delta x$ .

8) Exprimer la distance de coordonnée  $\delta x$  parcourue par un photon en  $\delta t$ . En déduire l'expression littérale de la distance de coordonnée  $\Delta x$  parcourue par les photons entre  $t_e$  et  $t_0$ .

9) Calculer en Mpc la distance physique entre la source lointaine et nous, d'une part à l'instant présent  $t_0$ , et d'autre part à l'instant  $t_e$ .

10) Exprimer puis calculer en  $\text{km.s}^{-1}$  la vitesse à laquelle la source lointaine s'éloignait (par expansion de l'univers) de nous à l'instant où les photons ont été émis. A quelle vitesse s'éloigne-t-elle de nous actuellement ?