Solutionnaire du chapitre 15

1. a) La température est

$$\begin{aligned} T &= \frac{2,7255K}{a} \\ &= \frac{2,7255K}{0,5} \\ &= 5,451K \end{aligned}$$

b) La température est

$$\begin{aligned} T &= \frac{2,7255K}{a} \\ &= \frac{2,7255K}{0,01} \\ &= 272,55K \end{aligned}$$

c) La température est

$$\begin{aligned} T &= \frac{2,7255K}{a} \\ &= \frac{2,7255K}{0,0002} \\ &= 13\,627,5K \end{aligned}$$

2. Quand l'univers avait un âge de 1 milliard d'années, le facteur d'échelle était de

$$\begin{aligned} a &= \left(0,6781 \cdot \sinh\left(\frac{t}{11,69Ga}\right)\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \left(0,6781 \cdot \sinh\left(\frac{1Ga}{11,69Ga}\right)\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 0,1500 \end{aligned}$$

La température était donc de

$$\begin{aligned} T &= \frac{2{,}7255K}{a} \\ &= \frac{2{,}7255K}{0{,}1500} \\ &= 18{,}17K \end{aligned}$$

3. Trouvons premièrement le nombre de nucléons dans tout l'univers observable. Ce nombre est

$$\begin{aligned} N_{nucleon} &= densité \cdot volume \\ &= 0{,}25 \tfrac{m_p}{m^3} \cdot \tfrac{4}{3}\pi R^3 \\ &= 0{,}25 \tfrac{m_p}{m^3} \cdot \tfrac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(47\times 10^9 al \cdot 9{,}46074\times 10^{15} \tfrac{m}{al}\right)^3 \\ &= 9{,}207\times 10^{79} \end{aligned}$$

C'est le nombre de nucléons. Ce serait le nombre d'atomes s'il n'y avait que de l'hydrogène.

Mais avec 71 % d'hydrogène (1 nucléon) et 29 % d'hélium (4 nucléons), le nombre moyen de nucléons par atome est

$$0{,}71 \cdot 1 + 0{,}29 \cdot 4 = 1{,}87$$

Le nombre d'atomes dans l'univers observable est donc

$$\begin{aligned} N_{atomes} &= \frac{9{,}207\times 10^{79}}{1{,}87} \\ &= 4{,}923\times 10^{79} \end{aligned}$$