

II - Production de  $^{44}\text{Ti}$  dans les supernovae

a)  $F_{68+78} = (1.7 \pm 0.4) \times 10^{-5} \text{ ph/s/cm}^2$  en 2010.  
 $\dot{N}_{68+78} = F_{68+78} \times 4\pi d^2 = \dot{N}_{68} + \dot{N}_{78}$  avec  $\dot{N}_i$  le taux d'émission de photons gamma d'énergie  $i$  keV.

Les photons à 78 keV viennent des transitions entre le niveau en énergie à 146 keV et celui à 68 keV ( $146 - 68 = 78$  keV). Donc d'après la figure, on a les relations suivantes :

$\dot{N}_{68} = (0.98 + 0.02) \times \dot{N}_{dec}$  et  $\dot{N}_{78} = 0.98 \times \dot{N}_{dec}$  avec  $\dot{N}_{dec}$  le taux de décroissance du  $^{44}\text{Ti}$  en 2010.

$\Rightarrow \dot{N}_{68+78} = 1.98 \dot{N}_{dec}$  et  $\dot{N}_{dec} \approx \frac{F_{68+78} \times 4\pi d^2}{1.98}$

Application numérique :  $\dot{N}_{dec} \approx (2.43 \pm 0.57) \times 10^{42} \text{ s}^{-1}$  en 2010

b) Le  $^{44}\text{Ti}$  est produit lors de l'explosion. Il est éjecté en 1987. Cet isotope radioactif suit la loi suivante :  $N_{44}(t) = N_{44}(t_0) e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau_{Ti}}}$  avec  $\tau_{Ti} = 85$  ans et  $t - t_0 = 2010 - 1987$  pour avoir  $N_{44}(t)$  en 2010. En 2010, le nombre de noyaux radioactifs de  $^{44}\text{Ti}$  est :

$N_{44Ti}(t) = \tau_{Ti} \dot{N}_{dec}$  (car le taux de décroissance est  $\dot{N}_{dec} = \frac{N_{44Ti}}{\tau_{Ti}}$ )

Donc le nombre de  $^{44}\text{Ti}$  à la date de l'explosion est :  $N_{44}(t_0) = N_{44}(t) e^{\frac{(t-t_0)}{\tau_{Ti}}}$

La masse de  $^{44}\text{Ti}$  initiale est :  $M_{44Ti} = N_{44Ti}(t_0) \times \frac{A_{44Ti}}{N_A}$

$\Rightarrow M_{44Ti} = \tau_{Ti} \dot{N}_{dec} \frac{A_{44Ti}}{N_A} e^{\frac{t-t_0}{\tau_{Ti}}}$

Application numérique :  $M_{44Ti} = (6.27 \pm 1.47) \times 10^{29} \text{ g} = (3.1 \pm 0.7) \times 10^{-4} M_{\odot}$

c)  $\tau_{Ti} \gg \tau_{Sc}$  donc dès qu'un noyau de  $^{44}\text{Ti}$  effectue sa décroissance, le noyau  $^{44}\text{Sc}$  décroît aussitôt en  $^{44}\text{Ca}$  (notez les échelles de temps :  $t - t_0 = 23$  ans,  $\tau_{Ti} = 85$  ans,  $\tau_{Sc} = 5.64$ ) 100% de décroissance du  $^{44}\text{Sc}$  (95%  $\beta^+$  + 5% EC) mènent au premier niveau à 1157 keV du  $^{44}\text{Ca}$  qui se désexcite en émettant un  $\gamma$  à 1157 keV.

Donc  $F_{1157} = \frac{\dot{N}_{dec}}{4\pi d^2} = \frac{F_{68+78}}{1.98}$

Application numérique :  $F_{1157} = (0.86 \pm 0.20) \times 10^{-5} \text{ ph/s/cm}^2$

$F_{1157} < 3 \times 10^{-5} \text{ ph/s/cm}^2$  donc la raie n'est pas détectable.

[Voir la publication Grebenew et al. (2012) - <http://arxiv.org/abs/1211.2656v1>]