

Corrigé de l'examen Astrophysique nucléaire et Astroparticules du 07 janvier 2016**I - Astrophysique nucléaire****1 – Questions de cours → Voir cours****2 – Emission des neutrinos solaires**

a – On pose $R_{\text{dec}} = 1.63 \times 10^{34} \text{ s}^{-1}$, le taux de décroissance ${}^8\text{B} \rightarrow {}^8\text{Be} + e^+ + \nu_e$. La durée de vie du ${}^8\text{B}$ est très courte ($\tau = 0.26 \text{ fs}$) donc dès qu'un ${}^8\text{B}$ est produit il se casse en 2 noyaux d'hélium. Le nombre de noyaux d'hélium produit par seconde est donc 2 fois R_{dec} . La masse d'hélium produit par seconde est : $2 \times R_{\text{dec}} \times m_{4\text{H}} = 2 \times 1.63 \times 10^{34} \times 6.68 \times 10^{-24} = 2.18 \times 10^{11} \text{ g/s}$. La durée pour produire $0.1 M_{\odot}$ d' ${}^4\text{He}$ est $\sim 0.1 \times 2 \times 10^{33} / 2.18 \times 10^{11} \sim 9 \times 10^{33} \text{ s} \sim 3 \times 10^4$ milliards d'années.

Cette durée est beaucoup plus longue que la durée de vie du Soleil (qui est de l'ordre de ~ 10 milliards d'années). Ce n'est donc pas la chaîne ppIII qui va contribuer significativement à la synthèse de l'He par combustion de l'H dans le Soleil ; c'est la chaîne ppI (voir cours).

b – Le flux F_{ν} de ν_e qui arrive sur Terre est : $F_{\nu} = R_{\text{dec}} / (4 \pi d^2)$, avec d la distance Soleil-Terre. Application numérique : $F_{\nu} = 5.8 \times 10^6 \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$.

c – Détection des ν_e par l'expérience SNO (Solar Neutrino Observatory, Canada),

(i) – Le rayonnement Cérenkov est produit par une particule chargée qui se déplace dans un milieu (i.e. pas dans le vide) avec une vitesse plus grande que la vitesse de la lumière dans ce milieu (i.e. $v > c/n$ avec n l'indice du milieu). Voir correction de la question 4 du TD2.

(ii) – Le nombre de détections par seconde est : $R_{\text{det}} = F_{\nu} \times N_c \times \sigma$, avec N_c le nombre de particules cibles (ici d , le deuton – i.e. le noyau du deutérium). Sachant qu'il y a deux deutons par molécule d'eau lourde et qu'il y a $M_{\text{D2O}} = 1000$ tonnes d'eau lourde (i.e. $1000 \times 1000 \times 1000 \text{ g}$), le nombre de cibles est : $N_c = M_{\text{D2O}} \times N_A \times 2 / A_{\text{D2O}}$, soit $N_c = 6 \times 10^{31}$. Par conséquent, $R_{\text{det}} = 8.35 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$.

(iii) – En 951 jours le nombre de détection devrait être ~ 6860

(iv) – SNO détecte moins de ν_e que théoriquement car une fraction des neutrinos ont changé de famille ($\nu_e \rightarrow \nu_{\mu}$ et $\nu_e \rightarrow \nu_{\tau}$) au cours de leur trajet jusqu'à la Terre (oscillation des neutrinos – voir cours Astroparticules). Les ν_{μ} et ν_{τ} n'interagissent pas avec le deuton de la même façon.

II - Physique des particules

1 – Questions de cours

a – Voir cours

b – Voir cours

c – Voir correction du TD 1

i) $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e$ → non permis, non conservation du nombre leptonique
L = -1 avant et L = 0 après.

ii) $p + e^- \rightarrow n + \nu_e$ → permis, interaction faible (capture électronique)

iii) $\Delta^+ \rightarrow p + \pi^0$ → permis, interaction forte (voir cours)

2 – Interaction photon-photon → Voir correction de la 2nd question du TD3