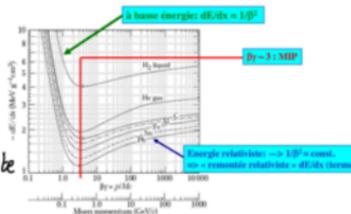
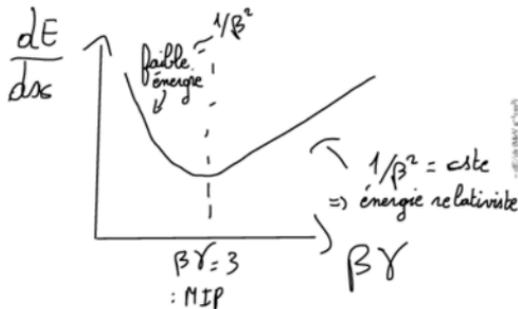
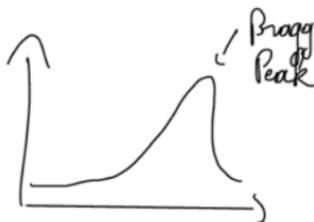


$$\left\langle -\frac{dE}{dx} \right\rangle = K z^2 \frac{Z}{A} \frac{1}{\beta^2} \left[\frac{1}{2} \ln \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2 W_{\max}}{I^2} - \beta^2 - \frac{\delta(\beta\gamma)}{2} \right]$$

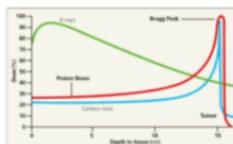
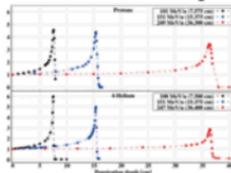
d) Donnez l'allure de dE/dx en fonction de $\beta\gamma$ et commentez les 3 régions principales.



e) Montrez schématiquement la courbe de Bragg et expliquez pourquoi la thérapie par protons est plus adaptée au traitement de cancer en profondeur que l'irradiation avec des rayons X.



Applications : Protonthérapie – Hadronthérapie



Les protons se focalisent sur la cellule cancéreuse

Dans les travaux pratiques, nous avons vu le principe de la tomographie à émission des positrons.

a) Expliquez le principe du scanner TEP.

Principe: injection substance radioactive (traceur) qui va émettre des positrons qui vont émettre des photons détectables par un scanner en reconstituant des e^- .

C'est imagerie médicale par reconstituer l'activité d'organes à l'échelle moléculaire.

b) Quelle est l'origine des photons, leur énergie et direction, pourquoi?

Les photons sont émis quand les e^+ sont créés.

leur énergie est de 511 keV à l'émission.

leur direction est opposée à celle de l' e^+ créé par conservation d'une quantité de mouvement nulle.

c) Quelles sont les avantages de la mesure en coïncidence, et quelles sont les coïncidences utilisées dans le TEP?

- Meilleure résolution

- Sensibilité améliorée

d) Expliquez la chaîne de détection des photons de la source au signal électronique.

1. Interact² photon - détecteur : Absorpt^e photon
Photons entrent ds le détecteur de la caméra TEP
2. Conversion en lumière
3. Conversion^{en} signal élec
4. Traitement signal

Application 1 : Scanner TEP

Les principes de la tomographie à émission de positrons (TEP)
Source: M.L. Gallo-Marié, ISN, INCP

Etape 1 : Production du traceur

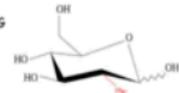
- Isotopes standards émetteurs β^+ : ^{18}F , ^{15}O , ^{11}C , ^{13}N
- T: 114 min 2 min 20 min 10 min

Etape 2 : Synthèse du radio traceur

Marquage d'un composé biologique

EX: Fluoro-désoxyglucose marqué ^{18}F \Rightarrow FDG
 90 % des radio pharmaceutiques utilisés en TEP

Radio Synthèse: Introduction du ^{18}F sur une liaison carbone

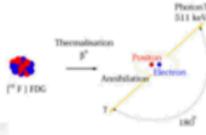


12

Application 1 : Scanner TEP

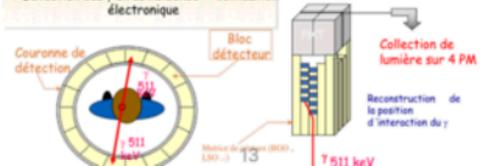
Etape 3 : Processus physiques

- Désintégration β^+ du traceur
- Thermalisation du β^+ dans les tissus
- Annihilation: $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$



Etape 4 : Détection et acquisition du signal

- Détection des γ en coincidence
- Collimation électronique



Collection de lumière sur 4 PM

Reconstruction de la position d'interaction du γ

511 keV

511 keV

13

e) Expliquez le principe de fonctionnement d'un photomultiplicateur.

1. Quelle sont les durées : du cycle solaire dans son ensemble, de la période active, de la période calme ? ✓

7 actif } 11 total
4 en calme }

2. Donner la composition moyenne des rayons cosmiques ? Comment varie leur flux en fonction du cycle solaire ? ✓

Les « rayons » cosmiques sont composés principalement de **protons (85%)** et de **noyaux d'Hélium (12%)** et aussi de **noyaux plus lourds (1%)**

3. Où trouve-t-on le plus de neutrons dans l'atmosphère terrestre (selon la latitude et l'altitude) ? Comment varie leur flux en fonction du cycle solaire ? ✓

Au niveau de la mer
Anti-corrélé au cycle solaire

4. Classer par ordre d'abondance croissante les particules solaires, les particules piégées, les rayons cosmiques.
Classer par ordre d'énergie croissante les particules solaires, les particules piégées, les rayons cosmiques.

cosmique > solaire > piégé

cosmique > piégé > solaire

1. Parmi les électrons, les protons et les neutrons, citer les deux qui sont les plus efficaces pour générer des déplacements atomiques en justifiant votre réponse.
2. Donner la définition du LET (aussi appelé pouvoir d'arrêt). Expliquer la différence avec le NIEL. Quelles sont les unités usuelles ?
3. Expliquer la différence entre les effets cumulés et les effets singuliers.
4. Donner la définition de la dose. Quelle est l'unité légale ? Quelles sont les particules les plus à même de faire des effets de dose ?

1. Les protons et les e^- car chargés
2. LET: C'est la quantité d'énergie transférée par une particule ionisante le long de sa trajectoire par unité de distance

$NIEL \neq LET$ car $LET \in \text{ionisante}$ et $NIEL \in E_{tot}$

3. Effets cumulés: après plsr exposit^e à un facteur
Effets singuliers: après une seule exposition

Dose = quantité d'énergie déposée par unité de masse

4.
 - Unité légale : **1 Gy (Gray) = 1 J/kg**
 - Unités usuelles : **1 Gy = 100 rad = 6.25 10⁹ MeV/g**