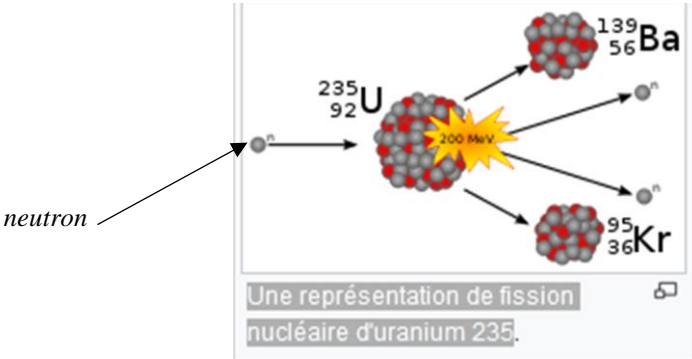


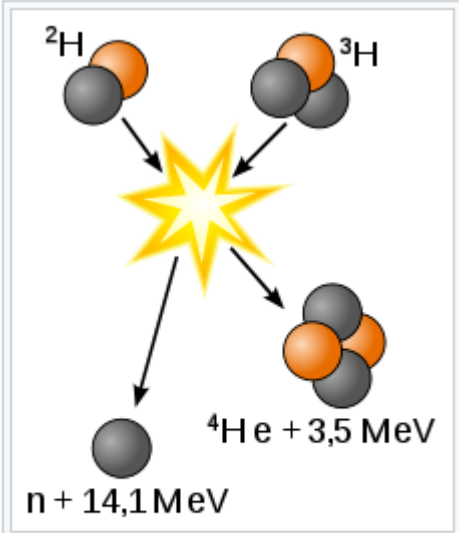
Moments didactiques/ Durée	Stratégies pédagogiques	Activités du Professeur	Activités des élèves	Trace écrite
Présentation	Questions /réponses	Rappels/pré requis	Par leurs réponses, les élèves amènent le professeur à donner le titre de la leçon	RÉACTIONS NUCLÉAIRES PROVOQUÉES
Développement	Questions –réponses	Administration de la situation d'apprentissage Lisez la situation. Quelles actions les élèves veulent mener ?	Les élèves lisent la situation. Ils veulent : - déterminer le défaut de masse - définir l'énergie de liaison par nucléon, la fission nucléaire, la fusion nucléaire - connaître les applications et les dangers de la radioactivité	<p><i>Une réaction nucléaire est une transformation d'un ou plusieurs noyaux atomiques. Elle se distingue d'une réaction chimique, qui ne concerne que les électrons ou les liaisons entre les atomes. La réaction chimique conserve les éléments, alors que la réaction nucléaire transforme un élément en un autre. La réaction nucléaire peut être :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • « spontanée » lorsque les noyaux atomiques en jeu sont ceux de substances radioactives, naturelles ou artificielles ; • « provoquée artificiellement », par bombardement de particules ou de radiations. <p>Une réaction nucléaire provoquée est une réaction nucléaire obtenue en bombardant un noyau par une particule (ou un noyau). Le noyau bombardé est appelé noyau cible La particule (ou l'autre noyau) est appelé particule (ou noyau) projectile/ (le plus souvent, on utilise les particules neutres (neutrons 1_0n). Les autres : protons, deuteron, alpha (noyau d'hélium) étant des particules chargées)</p> <p>Exemple : ♦ ${}^{14}_7N + {}^4_2He \rightarrow {}^{17}_8O + {}^1_1H$ (1^{ère} réaction réalisée par Rutherford en 1909) (avec : ${}^{14}_7N$: le noyau cible ; 4_2He : le noyau projectile)</p>
	Questions-réponses	Le professeur définit une réaction nucléaire provoquée et en donne des exemples		

<p>Développement (suite)</p>	<p>Travail individuel</p>	<p>Activité : Défaut de masse</p> <p>Le professeur définit le défaut de masse et donne son unité (MeV/C²).</p>		<p>♦ ${}_{34}^{82}\text{Se} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_{35}^{82}\text{O} + {}_0^1\text{n}$ (avec : ${}_{34}^{82}\text{Se}$: le noyau cible ; ${}_1^1\text{H}$: la particule projectile)</p> <p>♦ ${}_1^2\text{H} + {}_4^9\text{Be} \rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_0^1\text{n}$ (avec : ${}_4^9\text{Be}$: le noyau cible ; ${}_1^2\text{H}$: la particule projectile)</p> <p>♦ ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1\text{n}$ (provoquée)</p> <p>Ensuite : ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{S} + {}_1^0\text{e}$ (spontanée)</p> <p>Remarque :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Toutes ces réactions sont appelées des transmutations : ce sont des réactions nucléaires au cours desquelles un élément chimique se transforme en un autre par une modification du noyau atomique de l'élément. (elles sont aussi appelées transmutations nucléaires. Elles sont nombreuses et ont permis de créer plus de 1200 nucléides artificiels, tous radioactifs. Ces réactions respectent les lois de conservations) - On distingue deux grands types de réactions nucléaires provoquées : la fission et la fusion <p>1. Défaut de masse</p> <p>On appelle défaut de masse, la différence (ou l'écart) entre la masse d'un noyau et la somme des masses des nucléons qui le constituent.</p> <p>Le défaut de masse est notée : Δm</p> <p>Pour un noyau ${}_Z^AX$; $\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n] - m_X$ (avec : m_p : masse d'un proton ; m_n : masse d'un neutron et m_X : masse du noyau)</p> <p>Le défaut de masse est exprimé en kg ou en u ou en MeV. C² avec $1 u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 931,5 \text{MeV} \cdot C^2$ (N.B. : $\Delta m > 0$ càd la masse d'un noyau (mesuré expérimentalement) est inférieure à la somme des masses des constituants de ce noyau (masse du noyau obtenue par le calcul)</p> <p>2. Energie de liaison d'un noyau</p> <p>L'énergie de liaison (El) d'un noyau est l'énergie qu'il faut fournir au noyau, (initialement) au repos, pour séparer les nucléons qui le constituent (ceux-ci s'attirant du fait de l'interaction) (càd pour dissocier le noyau en ses nucléons)</p> <p>$El = \Delta m \cdot C^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_X] \cdot C^2$</p> <p>Où C est la vitesse de la lumière dans le vide : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ Elle s'exprime en J (si Δm est en kg et C en m/s) ou en MeV</p>
	<p>Questions-réponses</p>	<p>Activité : Énergie de liaison</p> <p>Le professeur définit l'énergie de liaison et donne la relation : $El = \Delta m \cdot c^2$</p>		

<p>Développement (suite)</p>	<p>Travail individuel</p>	<p>Activité : Énergie de liaison par nucléon</p> <p>Le professeur définit l'énergie de liaison par nucléon et donne la relation : $E_a = \frac{\Delta mc^2}{A}$</p>		<p>avec $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \times 10^6 = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$</p> <p>(remarque :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cette énergie est positive ($E_l > 0$) : le système (noyau) reçoit de l'énergie. Et lorsque le noyau se forme à partir de ses nucléons, au repos, le milieu extérieur reçoit la même énergie : $E_l = \Delta m C^2$ (valeur absolue car ici la masse du système diminue) - Cette relation ($E_l = \Delta m \cdot C^2$) vient de la relation d'Einstein : selon Einstein, une particule au repos possède du fait de sa masse m, une énergie appelée énergie de masse et donnée par : $E = m \cdot C^2$. Donc à toute perte de masse Δm correspond une libération d'énergie ΔE (de même à tout gain de masse Δm correspond un gain d'énergie ΔE) donnée par la relation d'Einstein : $\Delta E = \Delta m \cdot C^2$ qui est l'énergie de liaison du noyau d'où : $E_l = \Delta m \cdot C^2$) <p>3. Énergie de liaison par nucléon</p> <p>L'énergie de liaison par nucléon (Ea) d'un noyau est le quotient de son énergie de liaison par son nombre de masse. (par le nombre de ses nucléons)</p> $E_a = \frac{E_l}{A} = \frac{\Delta mc^2}{A} \quad (\text{avec } A \text{ le nombre de masse du noyau})$ <p>Elle s'exprime en MeV/nucléon (ou en J/nucléon)</p> <p>Cette énergie traduit la stabilité ou la cohésion ou la solidité du noyau. Plus elle est grande, plus le noyau est stable (ou solide)</p> <p>Aussi, les noyaux dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ $A \leq 30$, sont des noyaux légers (et instables) ♦ $50 < A < 75$, sont des noyaux stables (exemple : Cu et Fe) ♦ $A > 100$, sont des noyaux lourds et instables <p>Remarque :</p> <p>Pour une réaction nucléaire, l'énergie libérée ou absorbée est donnée par : $E = \Delta m C^2$.</p> <p>avec $\Delta m = \sum m$ (nucléides formés) – $\sum m$ (nucléides détruits)</p> <p>ACTIVITE D'APPLICATION N°1 (S. voir cours physique)</p> <p>Le bismuth ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ est radioactif α.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ecris l'équation de désintégration. Le noyau fils obtenu est le Tl. 2. Calcule, en Mev, l'énergie de liaison du noyau ${}^{212}_{83}\text{Bi}$. 3. Déduis l'énergie de liaison par nucléon du bismuth. 4. Détermine l'énergie libérée lors de la désintégration du bismuth. <p>On donne $m_{\text{Bi}}=211,94571\text{u}$; $m_n = 1,008665\text{u}$; $m_p =1,00728\text{u}$; $m_\alpha = 4,0015 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 931,5\text{MeV}/c^2$; $m_{\text{Tl}} = 207,98201 \text{ u}$</p>
<p>Evaluation (15 min)</p>	<p>Questions-réponses</p>	<p>Activité d'application</p> <p>Le professeur donne un temps de recherche aux élèves et contrôle leurs productions</p>	<p>Chaque élève cherche les exercices au brouillon.</p>	
	<p>Questions-réponses</p>	<p>Le professeur envoie un élève au tableau pour chaque exercice.</p> <p>Le professeur valide la réponse avant la prise de note par les autres élèves.</p>	<p>Chaque élève prend la solution dans son cahier.</p>	

<p>Développement (suite)</p>	<p>Travail individuel</p>	<p>Activité : Réaction de fission nucléaire</p> <p>Le professeur définit une fission</p>		<p>4. Réaction de fission nucléaire</p> <p>4.1. Définition</p> <p>Une réaction de fission est une réaction nucléaire (<i>provoquée</i>) au cours de laquelle un noyau lourd se scinde en deux noyaux plus légers, sous l'impact d'un neutron.</p> <p>Remarque :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le noyau lourd est appelé noyau fissile (ou nucléide fissile) et le neutron provoquant la fission est appelé neutron thermique - (un nucléide est dit fissile si un neutron thermique peut provoquer sa fission) On utilise généralement quatre (4) nucléides fissiles : $^{235}_{92}\text{U}$; $^{233}_{92}\text{U}$; $^{239}_{94}\text{Pu}$ et $^{241}_{94}\text{Pu}$. L'uranium 235 est le seul nucléide fissile naturel (<i>les autres étant artificiels</i>) <p>(schéma illustratif)</p>  <p>Une représentation de fission nucléaire d'uranium 235.</p> <p>4.2. Exemples de fission nucléaire</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{140}_{54}\text{Xe} + 2({}^1_0\text{n}) \quad (+ {}^0_0\gamma)$ (Sr : Strontium ; Xe : Xénon) ◆ $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{96}_{39}\text{Y} + {}^{138}_{53}\text{I} + 3({}^1_0\text{n}) \quad (+ {}^0_0\gamma)$ (Y : Yttrium ; I : Iode) ◆ $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{143}_{56}\text{Ba} + {}^{83}_{36}\text{Kr} + 10({}^1_0\text{n}) \quad (+ {}^0_0\gamma)$ (Kr : Krypton ; Ba : Baryum) ◆ ${}^1_0\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{136}_{54}\text{Xe} + {}^{88}_{38}\text{Sr} + 12({}^1_0\text{n}) \quad (+ {}^0_0\gamma)$ (Sr : Strontium ; Xe : Xénon)
	<p>Questions-réponses</p>	<p>Le professeur donne des exemples de fissions nucléaires</p> <p>Equilibrez ces équations-bilans de fissions nucléaires.</p>	<p>Les élèves exécutent</p>	

<p>Développement (suite)</p>	<p>Travail individuel</p>	<p>Activité : Réaction de fusion nucléaire</p> <p>Le professeur définit une fusion</p>		<p>Remarque :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La fission libère des neutrons et de l'énergie. Ces neutrons (<i>libérés</i>) peuvent eux aussi provoquer de nouvelles fissions : on a alors une réaction nucléaire en chaîne. (<i>origine de ces neutrons : les noyaux légers émis sont trop riches en neutrons (1_0n) et donc dans un état excité. Ils expulsent alors immédiatement un ou plusieurs neutrons</i>) Cette réaction nucléaire en chaîne peut : <ul style="list-style-type: none"> ◆ se produire si vite qu'elle conduit à une explosion (<i>car une énergie énorme est libérée en quelques secondes</i>) : c'est le cas dans la bombe A (<i>bombe atomique ou bombe à fission nucléaire</i>) ◆ être contrôlée de sorte à obtenir une production continue d'énergie : c'est le cas dans un réacteur nucléaire (<i>par exemple sur les porte-avions ; le porte-avion Charles de Gaulle par exemple</i>) - Les réactions de fission nucléaire sont très exo-énergétiques (<i>libèrent beaucoup d'énergie. Exemple : un noyau d'uranium 235 de masse $3,9 \cdot 10^{-22} g$ libère une énergie de 220 MeV.</i>) Exemple : 1 g d'uranium (235) libère autant d'énergie que 2 t (2tonnes) de pétrole. - <i>La tep (tonne d'équivalent pétrole) est une unité d'énergie utilisée dans l'industrie et en économie. Elle sert à comparer les énergies obtenues à partir de sources différentes. $1 tep = 4,2 \cdot 10^{10} J$, c'est-à-dire l'énergie libérée en moyenne par la combustion d'une tonne de pétrole.</i> <p>5. Réaction de fusion nucléaire</p> <p>5.1. Définition</p> <p>Une réaction de fusion est une réaction nucléaire (<i>provoquée</i>) au cours de laquelle deux (<i>ou plusieurs</i>) noyaux légers (<i>de faible nombre de masse A</i>) s'unissent (<i>fusionnent</i>) pour former un noyau lourd (<i>de nombre de masse A élevé</i>).</p> <p>N.B. : les principales réactions de fusion se font avec l'hydrogène (1_1H) et ses isotopes (<i>deutérium ou deutéron ou deuteron (2_1H) et tritium ou triton (3_1H)</i>)</p>
	<p>Questions-réponses</p>			

<p>Développement (suite)</p>	<p>Travail individuel</p>	<p>Le professeur donne des exemples de fusions nucléaires</p> <p>Equilibrez ces équation-bilans de fusions nucléaires.</p>	<p>Les élèves exécutent</p>	<p><i>(schéma illustratif)</i></p>  <p>Une représentation de fusion nucléaire entre le deutérium et le tritium.</p> <p>5.2. Exemples de fusion nucléaire</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} \quad (+ {}^0_0\gamma \text{ (17 MeV)})$ (deuton ; triton) ◆ ${}^2_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} \quad (+ {}^0_0\gamma)$ ◆ ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \quad (+ {}^0_0\gamma)$ <p>Remarque :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les réactions de fusion sont très exo-énergétiques (<i>très exothermiques, très énergétiques, dégage beaucoup d'énergie, de chaleur</i>). Elles sont plus énergétiques que les réactions de fission <p>Exemple : 1g du mélange (${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H}$) libère autant d'énergie que 8 t de pétrole (<i>soit 4 fois plus qu'un gramme d'uranium</i>)</p>
-------------------------------------	---------------------------	--	-----------------------------	---

Développement (suite)	Travail individuel	<p>Activité d'application Le professeur donne un temps de recherche aux élèves et contrôle leurs productions</p>	Chaque élève cherche les exercices au brouillon.	<p>- L'énergie libérée par le soleil (<i>et d'une façon générale les étoiles</i>) provient de réactions de fusion par la synthèse de l'hélium à partir de protons suivant une chaîne de réactions :</p> <p>♦ ${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_1\text{H} + {}^0_1\text{e} + {}^0_0\gamma$ ♦ ${}^2_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_0\gamma$ ♦ ${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2({}^1_1\text{H})$ ($(+ {}^0_0\gamma)$ (<i>et la chaîne recommence d'où la permanence de l'énergie du soleil</i>))</p> <p>Bilan global : $4({}^1_1\text{H}) \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2({}^0_1\text{e}) + 2({}^0_0\gamma)$</p> <p>Ce processus s'appelle le cycle du soleil <i>(En clair la fusion de deux noyaux d'hydrogène (ou protons) produit un noyau de Deutérium qui capture un autre proton et forme un noyau d'Hélium 3... Finalement, deux noyaux d'Hélium 3 fusionnent en un noyau d'Hélium 4...L'ensemble de ces réactions constitue la première des chaînes proton -proton ou chaîne p-p, la plus importante dans le cas du Soleil ...).</i> <i>Càd dans le soleil (et dans les étoiles) la fusion se produit naturellement et il se forme de l'hélium suivi d'une production importante d'énergie (élévation de la température), d'où la grande chaleur dégagée par le soleil.)</i></p> <p>- La très grande énergie (<i>libérée lors de la fusion</i>) :</p> <p>♦ élève la température et provoque une explosion : c'est le principe de la bombe H (<i>bombe à hydrogène ou bombe à fusion nucléaire.</i>) Mais pour porter le mélange à haute température, on utilise la bombe A (<i>à uranium</i>) ♦ offrirait, si le mécanisme était contrôlé, un énorme approvisionnement en énergie pour 10 millions d'année (<i>pour l'heure, on n'arrive pas à en faire une source d'énergie domestique et utilisable</i>)</p>
Evaluation (15 min)	Questions-réponses	Le professeur envoie un élève au tableau pour chaque exercice.	<p>ACTIVITE D'APPLICATION N°2 (<i>S. voir cours physique</i>)</p> <ol style="list-style-type: none"> L'uranium (${}^{235}_{92}\text{U}$) bombardé par un neutron produit du Xénon (${}^{140}_{54}\text{Xe}$), autre noyau inconnu Y et deux neutrons. <ol style="list-style-type: none"> Écris l'équation bilan de la réaction de fission. Détermine le nom du noyau inconnu Y. Montre qu'au cours de cette réaction, de la masse disparaît. Calcule cette différence de masse Δm en u puis en kg. En déduis l'énergie libérée par cette réaction en J puis en MeV. <p>On donne : $1 u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $C = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $m_n = 1,00867 u$; $m({}^{235}_{92}\text{U}) = 234,9935 u$; $m({}^{94}_{38}\text{Sr}) = 93,8945 u$; $m({}^{140}_{54}\text{Xe}) = 139,8920 u$; $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$;</p>	

<p>Développement (suite)</p>		<p>Situation d'évaluation Le professeur donne un temps de recherche aux élèves et contrôle leurs productions</p>	<p>Chaque élève cherche les exercices au brouillon.</p>	<p>SITUATION D'ÉVALUATION (<i>S. voir cours physique</i>) Un réacteur de centrale nucléaire fonctionne à l'uranium enrichi : 3% d'uranium 235 fissile et 97% d'uranium 238 non fissile.</p> <p>1. Par capture d'un neutron lent, le noyau $^{235}_{92}\text{U}$ subit la fission suivante :</p> $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{139}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_x\text{Sr} + z{}_0^1\text{n}.$ <p>1.1. Calcule x et z pour équilibrer cette équation de réaction nucléaire. 1.2. Calcule l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235. Exprime cette énergie en joules (J) et en mégaelectronvolts (MeV). 1.3. Quelle serait l'énergie, exprimée en joules, fournie par la fission d'une mole de noyaux d'uranium 235 ?</p> <p>2. L'uranium 238 non fissile de ce réacteur se transforme par capture d'un neutron lent en un noyau radioactif.</p> <p>2.1. Ecris l'équation de cette réaction nucléaire. Quel est le nouveau noyau formé ? 2.2. Ce noyau radioactif subit deux désintégrations β^- pour arriver à un noyau fissile. Ecris les équations représentant ces deux désintégrations successives et identifie les noyaux formés. Quel est le noyau fissile produit ? Données : $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $N = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$; $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$.</p>																						
<p>Evaluation (30 min)</p>	<p>Questions-réponses</p>	<p>Le professeur envoie un élève au tableau pour chaque exercice.</p> <p>Le professeur valide la réponse avant la prise de note par les autres élèves.</p>	<p>Chaque élève prend la solution dans son cahier.</p>	<table border="1" data-bbox="1223 842 2107 999"> <tr> <td>Noyau ou particule</td> <td>$^{139}_{54}\text{Xe}$</td> <td>$^{94}_x\text{Sr}$</td> <td>$^{235}_{92}\text{U}$</td> <td>$^{238}_{92}\text{U}$</td> <td>$^{239}_{92}\text{U}$</td> <td>$^{A1}_{93}\text{Np}$</td> </tr> <tr> <td>Masse (u)</td> <td>138,8882</td> <td>93,8946</td> <td>235,0134</td> <td>238,0003</td> <td>239,0038</td> <td>239,0019</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="1223 1015 1854 1137"> <tr> <td>Noyau ou particule</td> <td>$^{A2}_{94}\text{Pu}$</td> <td>${}^1_0\text{n}$</td> <td>${}^0_{-1}\text{e}$</td> </tr> <tr> <td>Masse (u)</td> <td>239,0006</td> <td>1,0087</td> <td>$5,4858 \times 10^{-4}$</td> </tr> </table>	Noyau ou particule	$^{139}_{54}\text{Xe}$	$^{94}_x\text{Sr}$	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{238}_{92}\text{U}$	$^{239}_{92}\text{U}$	$^{A1}_{93}\text{Np}$	Masse (u)	138,8882	93,8946	235,0134	238,0003	239,0038	239,0019	Noyau ou particule	$^{A2}_{94}\text{Pu}$	${}^1_0\text{n}$	${}^0_{-1}\text{e}$	Masse (u)	239,0006	1,0087	$5,4858 \times 10^{-4}$
Noyau ou particule	$^{139}_{54}\text{Xe}$	$^{94}_x\text{Sr}$	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{238}_{92}\text{U}$	$^{239}_{92}\text{U}$	$^{A1}_{93}\text{Np}$																				
Masse (u)	138,8882	93,8946	235,0134	238,0003	239,0038	239,0019																				
Noyau ou particule	$^{A2}_{94}\text{Pu}$	${}^1_0\text{n}$	${}^0_{-1}\text{e}$																							
Masse (u)	239,0006	1,0087	$5,4858 \times 10^{-4}$																							