

Québec Science au Secondaire

SITUATION D'APPRENTISSAGE ET D'ÉVALUATION



Comment se débarrasser des déchets nucléaires

GUIDE DE L'ENSEIGNANT

Durée

75 min

Clientèle visée

Les élèves de deuxième année du deuxième cycle, Science et technologie (ST) et science et technologie de l'environnement (STE)

Article lié

«Comment se débarrasser des déchets nucléaires» (Magazine Québec Science, volume 55, numéro 4, décembre 2016, page 49), rédigé par le chroniqueur Jean-François Cliche.

CONCEPTS ABORDÉS

Univers matériel

B. Transformation

4. Transformations nucléaires

a. Stabilité nucléaire

- i. Expliquer la stabilité nucléaire comme étant la cohésion du noyau atomique assurée par un nombre optimal de neutrons

b. Radioactivité

- i. Définir la radioactivité comme étant l'émission de particules ou d'énergie par des noyaux d'atomes à la suite de transformations nucléaires
- ii. Associer l'utilisation de la radioactivité à des applications technologiques (ex. : radiothérapie, datation)

c. Fission et fusion

- i. Distinguer la fission nucléaire de la fusion nucléaire

C. Organisation

4. Organisation périodique

b. Isotopes

- i. Définir les isotopes comme étant des atomes d'un élément dont les noyaux possèdent des nombres de neutrons différents, donc des masses atomiques différentes
- ii. Définir un isotope radioactif comme étant un isotope dont le noyau atomique est instable

c. Masse atomique relative

- i. Expliquer qualitativement le concept de masse atomique relative

Univers Terre et espace

B. Phénomènes géologiques et géophysiques

i. Ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables

- ii. Décrire des moyens technologiques utilisés par les humains pour produire de l'électricité à partir des ressources énergétiques de la lithosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère
- iii. Décrire les principaux impacts de l'exploitation des ressources énergétiques de la lithosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère

RÉSUMÉ DE L'ARTICLE

M. Claude Agouri, de Montréal, demande : « Pourquoi n'est-il pas possible de recycler ou de neutraliser les déchets que produisent les centrales nucléaires. »

Pour répondre à cette question, M. Cliche explique brièvement les principes de la réaction nucléaire et les déchets qu'il y sont associés. On découvre aussi que ces déchets peuvent être confinés sécuritairement et même valorisés dans certains cas.

SUGGESTION D'AMORCE

Pour ou contre le nucléaire...un débat que vous avez peut-être déjà réalisé!

Un des principaux arguments contre le nucléaire sont ces fameux déchets radioactifs... et si on vous disait que ces déchets pourraient être décontaminés, êtes vous toujours aussi opposés ?

Lecture active - 20 minutes

Commencez par une lecture individuelle du texte.

Distribuez à chaque élève une copie du Cahier de l'élève.

Récupérez les cahiers et évaluez les élèves en fonction du barème proposé ou corrigez en classe et invitez les élèves à s'autoévaluer.

À la suite de cette SAÉ ou à un autre moment de l'année, réalisez les activités complémentaires suggérées.

CORRIGÉ DU CAHIER DE L'ÉLÈVE

« En principe, il est possible de les transformer [les déchets] afin d'en réduire considérablement la radioactivité. Mais le jeu en vaut-il la chandelle ? »

1 Les déchets de la fission nucléaire sont l'un des inconvénients majeurs pour l'utilisation de cette source d'énergie, qui comporte toutefois plusieurs avantages.

a. Nomme 2 avantages de l'énergie nucléaire pour la production d'électricité.

- La production est indépendante des facteurs météorologiques externes.
- La production peut être ajustée selon la demande.
- Possibilité de placer les centrales relativement près des villes, ce qui diminue les pertes en transport.

1 point par facteur, 2 points totaux

b. Outre les déchets radioactifs, nomme deux (2) désavantages de l'utilisation de la fission nucléaire pour la production d'électricité?

- Danger d'explosion accidentelle
- Cible pour des attentats terroristes
- Énergie non renouvelable, bien que relativement abondante

1 point inconvénient, 2 points au total

2. Les centrales nucléaires utilisent la radioactivité de l'uranium-238 pour produire de la chaleur, qui sera transformée en électricité

a. Qu'est-ce que la radioactivité?

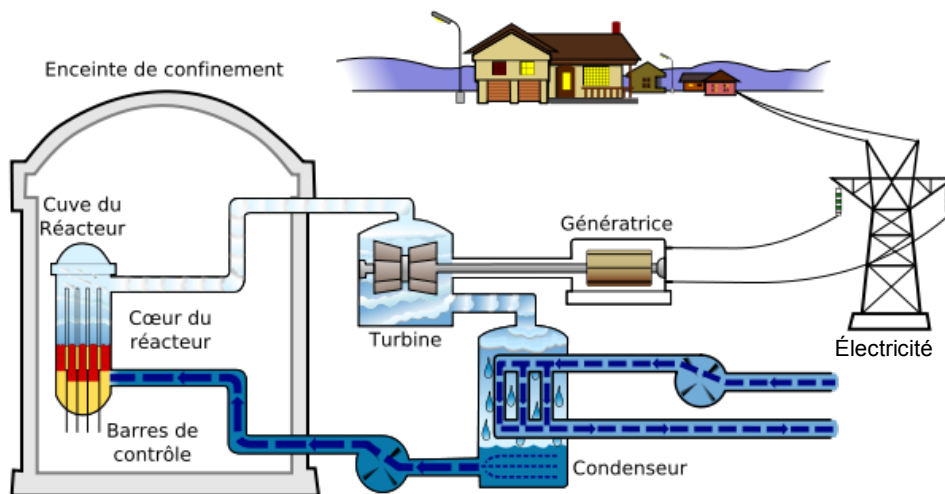
- La radioactivité est l'émission de particules ou d'énergie par des noyaux d'atomes à la suite de transformations nucléaires

1 point

b. Explique ce qui cause la radioactivité de certains éléments comme l'uranium-238

C'est le manque de stabilité nucléaire (1), dû à un nombre de neutrons non-optimal dans le noyau de l'atome. (1)

c. Encercele, sur le dessin, l'endroit où se produisent les réactions nucléaires.



Par BoilingWaterReactor.JPG: Wikipediaderivative work: Cj73 (talk) — BoilingWaterReactor.JPG, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14608779>

Réponse : Cœur du réacteur (1)

d. En quelques lignes et à l'aide de l'image ci-haut, explique le fonctionnement d'une centrale nucléaire. Intègre dans ton explication les mots-clés suivants : Cuve de réactions, cœur du réacteur, turbine, génératrice, chaleur, enceinte de confinement, condensateur, électricité.

Réponses variables.

Les réactions nucléaires ont lieu dans le cœur du réacteur (0,5), situé dans la cuve du réacteur (0,5). La cuve du réacteur est protégée par une enceinte de confinement (0,5) pour limiter les risques. Ces réactions produisent de la chaleur, ce qui permet de produire de la vapeur (0,5). Cette vapeur fait tourner une turbine (0,5). Celle-ci est couplée à une génératrice (0,5) qui transforme le mouvement de la turbine en électricité (0,5). La vapeur est ensuite condensée par le condensateur (0,5) et retourne sous forme liquide dans la cuve du réacteur.

(0,5) par utilisation adéquate du mot-clé, 4 points

«C'est habituellement l'uranium (92 protons) qui sert de combustible dans l'industrie nucléaire. Grosso modo, l'idée consiste à bombarder le combustible de neutrons qui, en percutant les noyaux, les brisent en noyaux plus petits. En plus de dégager de la chaleur, ce petit manège produit de nouveaux neutrons, qui vont entretenir la réaction nucléaire.»

3 L'uranium-238 est l'isotope utilisé pour produire l'électricité par fission nucléaire.

a. Quelle est la masse atomique relative de l'uranium-238?

238,03 u (1)

b. Quel est le nombre de masse de l'uranium-238?

238 masses atomiques (1)

c. Quelle est la principale différence entre le nombre de masse et la masse atomique relative des éléments?

La masse atomique relative prend en considération l'abondance naturelle des isotopes. (1)

d. L'uranium possède 26 isotopes connus, mais les plus abondants sur Terre sont l'uranium-238, l'uranium-235 et l'uranium-234.

| Isotopes | Abondance naturelle |
|-------------|---------------------|
| Uranium-238 | 99,2739% |
| Uranium-235 | 0,7198% |
| Uranium-234 | 0,0050% |

Calcule la masse atomique relative de l'uranium en utilisant les données ci-haut et explique la différence avec la masse atomique relative donnée en a.

$$\text{Masse atomique} = 238 \times 0,992739 + 235 \times 0,007198 + 234 \times 0,000050 = 237,974874(1)$$

La différence est expliquée par le fait que tous les isotopes ne sont pas calculés. L'abondance relative ne fait pas 100%. (1)

« Dans la plupart des cas, dit M. Lacroix, trois ans après avoir mis 1 000 kg de combustible neuf dans le réacteur, il reste à peu près 950 kg d'uranium-238 [92 protons + 146 neutrons = 238 particules], 8,8 kg de plutonium et une quarantaine de kilogrammes de ce qu'on appelle les produits de fission, soit les noyaux d'uranium

qui ont été cassés, et les actinides [famille chimique de très gros atomes, tous radioactifs]. »

5 La théorie de Lavoisier sur la conservation de la masse affirme que «rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme.»

a. D'après le texte de M. Cliche, est-ce que la théorie de Lavoisier sur la conservation de la masse semble s'appliquer?

Non, $950 + 8,8 + 40 = 998,8$ (1)

L'auteur affirme qu'une quarantaine de produits de fission, ce chiffre pourrait être une approximation.

b. Est-ce que la loi de la conservation de la matière s'applique sur les transformations nucléaires?

Non, seulement sur les réactions chimiques et physiques. Il y a en effet perte de matière sous forme d'énergie dans les réactions nucléaires. (1)

c. Quelle est la célèbre formule, énoncée par Einstein, qui fait le lien entre la matière et la production d'énergie?

$E=mc^2$ (1)

6 Les produits de la fission nucléaire sont nombreux, notamment le plutonium et le neptunium. Ces éléments font partie de la série chimique des actinides, une série chimique de très gros éléments, tous radioactifs.

a. Le neptunium et le plutonium sont-ils des éléments plus gros ou plus petits que l'uranium ?

Ils sont plus gros, leurs atomes possèdent respectivement 1 et 2 protons de plus que l'uranium. (1)

b. Qu'est-ce que la fission nucléaire? Comment l'utilise-t-on?

La fission nucléaire est un phénomène qui implique la séparation d'un gros atome en 2 plus petits. (1) Ce processus dégage de l'énergie et nous l'utilisons pour produire de l'électricité, des armes et de l'équipement médical. (1)

c. Comment expliques-tu qu'il y ait des atomes plus gros que l'uranium alors que ces atomes subissent une fission nucléaire?

Les actinides sont produits lorsque la réaction nucléaire n'est pas complétée. L'uranium absorbe des neutrons, et se transforme en neptunium puis en plutonium par rayonnement. (1)

d. Dans le texte, M. Cliche mentionne que certains produits de fission peuvent être valorisés. Donne deux exemples d'utilisation des produits de fission de l'uranium.

- Équipement pour l'imagerie médicale (1)
- Combustible nucléaire (1)

2 points

7 a. Pourquoi, selon toi et selon le texte, les déchets radioactifs ne sont-ils pas traités pour être neutralisés ? Donne deux raisons.

Plusieurs réponses possibles. Notamment :

- Le cout (1)
- Le risque relié à la production d'armes nucléaires. (1)

2 points

b. Selon toi, crois-tu que ces raisons sont valables? Justifie.

Plusieurs réponses possibles.

2 points

Total sur 30

Pour aller plus loin

Et si l'avenir énergétique de la planète passait par le nucléaire, pas la fission, mais la fusion! La fusion nucléaire est le type de réaction qui permet au soleil de rayonner. Imaginez si nous étions capables de générer ce genre d'énergie sur terre, sans les déchets radioactifs et en utilisant l'élément le plus abondant dans l'Univers : l'hydrogène.

Plusieurs centres de recherches sont en mesure de réaliser la fusion de 2 atomes d'hydrogène. Alors, pourquoi ce type d'énergie n'est-il pas encore commercialisé?

Effectue une enquête pour trouver 3 facteurs qui limitent la production d'électricité par fusion nucléaire sur la Terre. Ton enquête peut comporter des vidéos, des entrevues ou des textes de sources fiables. Ensuite, imagine une solution hypothétique pour chacun des facteurs limitants. Reproduis ce tableau pour t'aider dans ton enquête.

| Facteurs limitants | Sources | Solutions |
|--------------------|---------|-----------|
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |

SAÉ conçue et réalisée grâce au soutien financier du Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation du Québec.

Recherche, rédaction, conception: Zapiens Communication Scientifique.

Graphisme et mise en page: Bishop Games