

L'or, un élément chimique précieux

Enseignement scientifique première

Durée 1h – 10 points – Thème « Une longue histoire de la matière »

L'or, élément de numéro atomique $Z=79$, a de tout temps été un métal fort prisé notamment pour son caractère ductile et inoxydable. C'est une valeur refuge en économie et un métal précieux tant en orfèvrerie qu'en médecine ou dans l'industrie.

Partie 1 : Estimation de quelques masses d'or

Le World Gold Council, union des principales compagnies mondiales de l'industrie aurifère, estime que si tout l'or extrait depuis le début de l'humanité – bijoux, lingots et masque de Toutankhamon inclus – était fondu en un seul bloc, il formerait un cube de 21 mètres de côté. Bien plus petit que l'Arc de triomphe de l'Étoile à Paris !

En 2016, 13% de l'extraction d'or au niveau mondial a été réalisée en Chine, ce qui représente 455 tonnes.

1- Sachant que la masse volumique de l'or est $19,3 \text{ g.cm}^{-3}$, calculer la masse totale de l'or extrait depuis le début de l'humanité. On exprimera le résultat en tonnes.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\frac{m}{V} = \rho$$

$$m = \rho \times V$$

Avec :

$$V = a^3$$

$$m = \rho \times a^3$$

Remarque : ρ est en g.cm^{-3} , on met a en cm^3 .

$$m = 19,3 \times (21.10^2)^3$$

$$m = 1,8.10^{11}g$$

$$m = 1,8.10^8 Kg$$

$$m = 1,8.10^5 tonnes$$

2- Calculer la masse de l'or extrait dans le monde en 2016.

En 2016, 13% de l'extraction d'or au niveau mondial a été réalisée en Chine, ce qui représente 455 tonnes.

13%	455 tonnes
100%	x

$$x = (100 \times 455) / 13$$

$$x = 3500 \text{ tonnes}$$

Partie 2 : Peut-on transformer du plomb en or ?

La transmutation¹ de métaux non précieux en or était, dès le Moyen-Âge, l'objectif principal des alchimistes. Aucun n'a jamais atteint cet objectif.

1 Transmutation : changement d'une substance en une autre.

Le développement de la science moderne a cependant permis de montrer qu'il est effectivement possible de réaliser cette transmutation, mais avec des méthodes bien différentes de ce que les alchimistes avaient pu proposer.

Voici un extrait du tableau établi par Dmitri Mendeleïev (1834 – 1907) donnant la classification périodique des éléments :

78	195,078 Pt Platine	79	196,9665 Au Or	80 200,59 Hg Mercure	81	204,3833 Tl Thallium	82	207,2 Pb Plomb
-----------	------------------------------	-----------	--------------------------	--	-----------	--------------------------------	-----------	-----------------------------

3- Préciser le nombre de protons que l'on doit arracher à un noyau de mercure pour obtenir un noyau d'or. Préciser si ce type de transformation est une transformation chimique, physique ou nucléaire.

Noyau de mercure : 80 protons

Noyau d'or : 79 protons

Le noyau de mercure possède un proton de plus que le noyau d'or.

On doit donc arracher 1 proton à un noyau de mercure pour obtenir un noyau d'or.

Ce type de transformation est une transformation nucléaire.

4- En utilisant le tableau de Mendeleiev, indiquer pourquoi il semble *a priori* plus facile de transformer du mercure en or que du plomb en or.

Noyau de plomb : 82 protons

Noyau d'or : 79 protons

Le noyau de plomb possède 3 protons de plus que le noyau d'or.

On doit donc arracher 3 protons à un noyau de plomb pour obtenir un noyau d'or.

Il semble donc *a priori* plus facile de transformer du mercure en or que du plomb en or.

Document 1 : Peut-on obtenir de l'or à partir d'un autre métal ?

Pour casser un noyau de plomb, on sait aujourd'hui qu'il faut fournir beaucoup d'énergie, de l'ordre de celle mise en jeu dans les réacteurs nucléaires et les accélérateurs de particules.

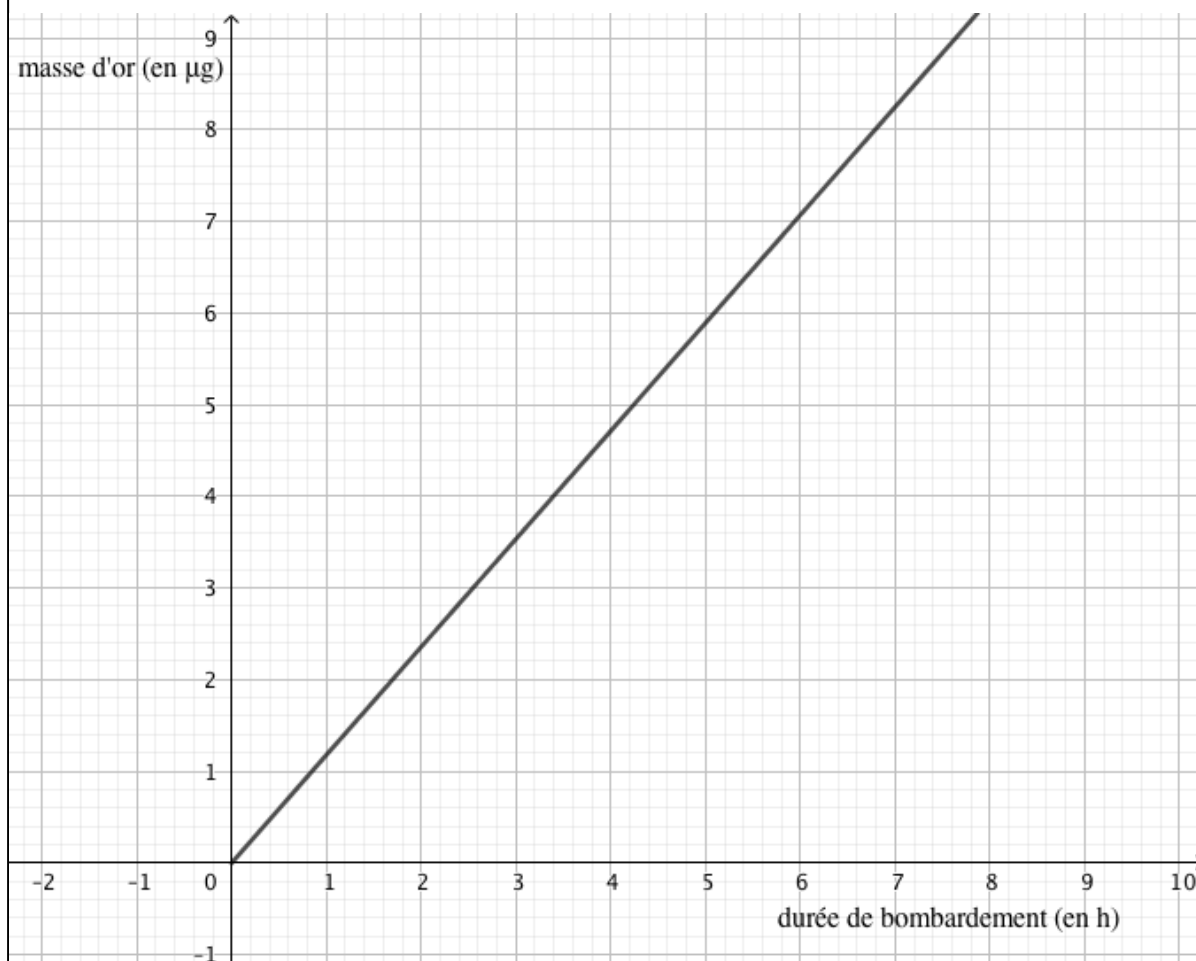
Du coup, réaliser la transformation coûte vraiment très cher et le prix de revient de l'or obtenu est infiniment plus élevé que celui du marché. L'obtention d'un gramme d'or se chiffrerait en effet en centaines de millions d'euros. L'opération perd donc tout son intérêt et personne n'a tenté de la réaliser.

Pourtant il arrive que de l'or soit créé en quantité infime dans les réacteurs nucléaires ou les accélérateurs de particules comme une conséquence collatérale de leur fonctionnement normal. [...]

Il existe, dans le Tennessee aux États Unis, un complexe du département de l'énergie américain, le laboratoire d'Oak Ridge, qui possède l'une des plus puissantes sources de neutrons dans le monde. Le principe de cet instrument est de bombarder une cible de mercure avec des neutrons afin d'extraire des protons de très haute énergie. Au cours des collisions entre les protons et les noyaux de mercure, il se passe beaucoup de choses : certains protons sont capturés par des noyaux, certains noyaux se cassent en émettant des protons et des neutrons, ... au final, un ou deux atomes de mercure sont transformés en atome d'or. Mais la quantité est bien trop infime pour être exploitable.

Inspiré de la vidéo KESAKO <https://www.youtube.com/watch?v=MHipsgUGUP8>

Document 2 : Représentation graphique de la fonction donnant la masse d'or obtenue par bombardement de neutrons d'un échantillon de mercure en fonction de la durée du bombardement



Document 3 : Cours de l'or

Sur les marchés, l'or est coté à la bourse. La cotation se fait en² USD/once (une once correspond à environ 31 g d'or). Au 31 mai 2019, le cours était 1 305,80 USD/once, soit 1 166,05 EUR/once.

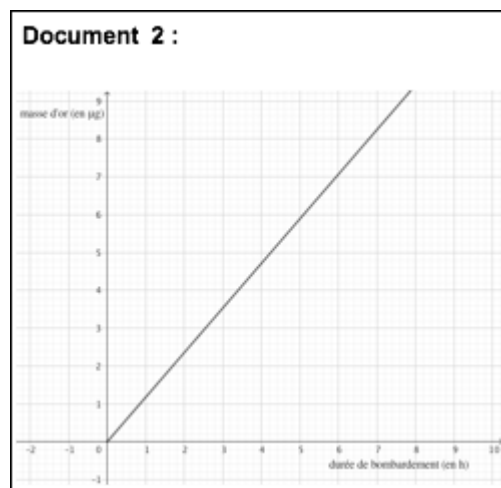
² USD : United States Dollar.

5-a- À partir du document 2, identifier l'affirmation exacte parmi les 4 affirmations suivantes. Recopier l'affirmation exacte sur la copie et justifier la réponse.

- (a) La masse d'or obtenue à partir du mercure par bombardement de neutrons est une fonction décroissante de la durée du bombardement.
- (b) La masse d'or obtenue à partir du mercure par bombardement de neutrons est proportionnelle à la durée du bombardement.
- (c) La masse d'or obtenue à partir du mercure par bombardement de neutrons est proportionnelle au carré de la durée du bombardement.
- (d) La masse d'or obtenue à partir du mercure par bombardement de neutrons ne dépend pas de la durée du bombardement.

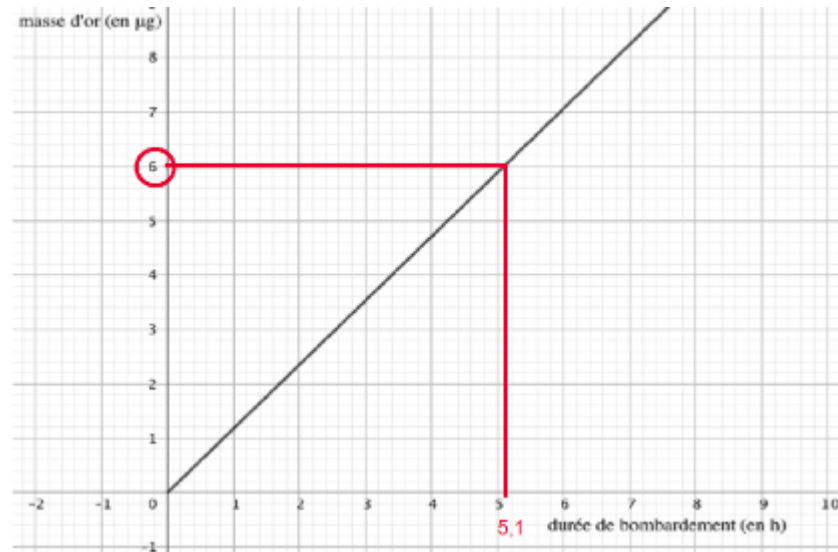
Le document 2 montre que la fonction représentant La masse d'or obtenue à partir du mercure par bombardement de neutrons en fonction de la durée du bombardement est une droite passant par l'origine :

- (b) La masse d'or obtenue à partir du mercure par bombardement de neutrons est proportionnelle à la durée du bombardement.



5-b- Avec la précision permise par le graphique, déterminer la durée du bombardement permettant d'obtenir 6 µg d'or, puis la masse d'or obtenu à l'issue de 3 heures de bombardement.

Graphiquement, pour d'obtenir 6 µg d'or il faut une durée du bombardement de 5,1 heures.



Déterminons la masse d'or obtenu à l'issue de 3 heures de bombardement :

5,1 heures	6 µg
3 heures	x

$$x = (3 \times 6) / 5,1$$

$$x = 3,5 \text{ µg}$$

à l'issue de 3 heures de bombardement la masse d'or obtenu est de 3,5 µg.

5-c- Montrer qu'en une année, on peut ainsi produire environ 10 mg d'or.

$$1 \text{ année} = 365,25 \times 24 = 8766 \text{ heures}$$

3 heures	3,5 µg
8766 heures	y

$$y = (8766 \times 3,5) / 3$$

$$y = 1,0 \cdot 10^4 \text{ µg}$$

$$y = 10 \text{ mg}$$

En une année, on peut ainsi produire environ 10 mg d'or.

6- Estimer le prix (en euro) d'un gramme d'or acheté sur le marché.

Estimons le prix (en euro) d'un gramme d'or acheté sur le marché.

Au 31 mai 2019, le cours était 1 305,80 USD/once, soit 1 166,05 EUR/once. Une once correspond à environ 31 g d'or.

31 g	1 166,05 EUR
1 g	z

$$z = (1 \times 1166,05) / 31$$

$$z = 37,6 \text{ euros}$$

Le prix d'un gramme d'or acheté sur le marché est de 37,6 euros.

7- Justifier l'affirmation du document 1 « *L'opération perd donc tout son intérêt* ».

En un an de fonctionnement du laboratoire d'Oak Ridge, on peut ainsi produire environ 10 mg d'or.

Or le prix d'un gramme d'or acheté sur le marché est de 37,6 euros.

Les 10 mg d'or ont une valeur de $10 \cdot 10^{-3} \times 37,6 = 0,367$ euros.

Un an de fonctionnement d'un laboratoire qui possède l'une des plus puissantes sources de neutrons dans le monde coûte évidemment plus que 0,367 euros.

D'où l'affirmation du document 1 « *L'opération perd donc tout son intérêt* ».