

1S Thème : COMPRENDRE	<b><u>RDP : Le carbone de Troie</u></b>
-----------------------------	---

### DESCRIPTIF DE SUJET DESTINE AU PROFESSEUR

<b>Objectif</b>	Initier les élèves de première S à la démarche de résolution de problème telle qu'elle peut être proposée en terminale S.
<b>Compétences exigibles du B.O.</b>	Connaître la définition de l'activité exprimée en becquerel. Utiliser les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire.
<b>Déroulement</b>	Cette activité peut être proposée comme exercice de devoir surveillé ou de devoir maison, ou bien en séance d'AP pour préparer les élèves à ce type d'exercice.  Durée : 45 minutes maxi selon la durée de l'évaluation.  Cet exercice est prévu pour être évalué sur 5 pts, 10 pts ou autre (la feuille de calcul permettant de choisir le nombre de points retenu), selon le format du devoir proposé.
<b>Compétences évaluées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'approprier (APP) : coefficient 2</li> <li>• Analyser (ANA) : coefficient 3</li> <li>• Réaliser (REA) : coefficient 2</li> <li>• Valider (VAL) : coefficient 1</li> <li>• Communiquer (COM) : coefficient 1</li> </ul>
<b>Remarques</b>	Les connaissances nouvelles qui ne sont pas au programme sont apportées par le biais des documents.  Source: <a href="http://carbon14.univ-lyon1.fr/notice.rtf">carbon14.univ-lyon1.fr/notice.rtf</a>
<b>Auteur</b>	Eric FAYON – Lycée Dessaignes – Blois (41)

## CONTEXTE

Le site archéologique de Troie figure parmi les sites archéologiques les plus connus du monde. Il se situe sous la colline d'Hisarlik située en Turquie.

Les différentes campagnes de fouilles ont mis au jour les restes superposés de neuf villes. Les couches de ruines des différentes villes sont alors numérotées de Troie I à Troie IX.

Un archéologue, Ernst Pernicka, s'intéresse particulièrement à Troie VII car elle serait la Troie immortalisée par Homère dans *l'Illiade*, ville détruite par un incendie lors de *la guerre de Troie*.



Site archéologique de Troie

Lors de ses fouilles, en 2009, Ernst Pernicka découvre beaucoup de squelettes d'hommes et de chevaux portant les marques d'une mort violente ainsi que de nombreuses armes et de signes de combats comme des flèches plantées dans la muraille et des traces d'incendies. Il décide alors de faire dater au carbone 14 un échantillon de 5,000 g de charbon de bois découvert sur les foyers d'incendie mis à jour par les fouilles. Les mesures révèlent une activité de 0,7778 Bq.

**L'objectif de cette activité est d'évaluer, à l'aide des documents ci-après, si la ville de Troie VII peut correspondre à celle évoquée dans l'Illiade d'Homère.**

## VOTRE PORTE DOCUMENTS

### Doc. 1 : Origine du carbone 14

Le carbone 14 est un isotope radioactif du carbone. Il est fabriqué en permanence dans la haute atmosphère.



Proton pénétrant dans l'atmosphère terrestre

Tout commence par l'arrivée dans notre atmosphère de rayons cosmiques constitués de protons  ${}^1_1p$ . La production de carbone 14 va s'effectuer en deux phases :

- Phase 1 : En pénétrant dans l'atmosphère, les protons  ${}^1_1p$  qui proviennent des rayons cosmiques donnent naissance à des neutrons qui auront une vitesse importante.
- Phase 2 : lorsqu'un neutron  ${}^1_0n$  aura suffisamment ralenti, il va rentrer en collision avec un noyau d'azote de l'air  ${}^{14}_7N$ , et former un noyau de carbone 14  ${}^{14}_6C$  ainsi qu'une autre particule.

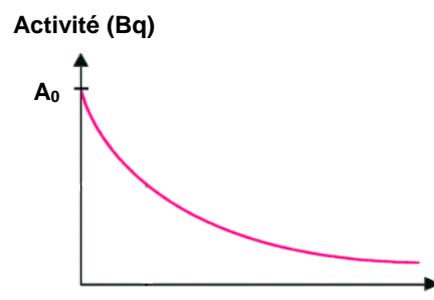
Une fois produit, l'atome de carbone 14 est rapidement oxydé pour donner du dioxyde de carbone  ${}^{14}CO_2$  qui va se répartir dans toute l'atmosphère.

### Doc. 2 : Datation au carbone 14 d'un morceau de bois.

Tout comme le  ${}^{12}CO_2$ , l'absorption du dioxyde de carbone  ${}^{14}CO_2$  va se faire naturellement par les arbres via la photosynthèse. Les atomes de carbone 14 étant radioactif, ils vont se désintégrer en atome d'azote  ${}^{14}_7N$  et ainsi disparaître. Tant que le végétal est en vie, un équilibre va s'instaurer entre la désintégration des noyaux de carbone 14 et leur assimilation naturelle par l'absorption du  ${}^{14}CO_2$ .

Mais lorsqu'un arbre meurt, les échanges gazeux cessent et les atomes de carbone 14 ne sont plus renouvelés. L'activité due aux désintégrations des noyaux de carbone 14 d'un morceau de bois va donc décroître lentement (voir courbe ci-contre).

Ainsi, si on mesure aujourd'hui l'activité  $A_t$  d'un morceau de bois retrouvé sur un site archéologique, on peut en la comparant à l'activité du carbone 14 moderne  $A_0$ , en déduire le temps  $t$  qui s'est écoulé depuis sa mort. C'est ce que l'on appelle l'âge.



L'âge est calculé ici à  $\pm 20$  ans près à partir de la formule suivante :  $t = -8033 \times \ln\left(\frac{A_t}{A_0}\right)$  avec,

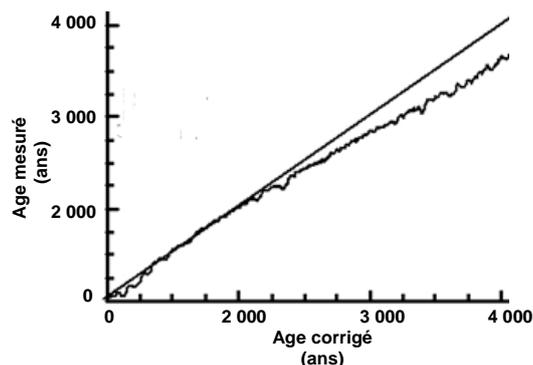
- $A_t$  : activité du carbone 14 de l'échantillon au moment de sa découverte archéologique.
- $A_0$  : activité du carbone 14 moderne ; elle a été déterminée comme étant égale à **13,56 désintégrations par minute et par gramme de carbone.**
- $\ln$  : symbole de la fonction mathématique  $f(x) = \ln x$   
(On trouve cette fonction sur les calculatrices )

### **Doc. 3 : Correction à apporter pour la datation au carbone 14**

Les variations dans le temps de l'activité solaire et du champ magnétique terrestre, qui tous deux influent sur les quantités de  $^{14}\text{C}$  formées initialement, impliquent que les âges mesurés par la datation au carbone 14 ne sont pas des âges absolus.

Pour obtenir des âges absolus, il faut corriger les âges mesurés à partir d'une courbe de calibration (voir courbe ci-contre).

Cette calibration est bien établie pour les dix mille dernières années.



## **RESOLUTION DE PROBLEME**

### **Questions préalables :**

1. Ecrire la réaction de formation du carbone 14 en haute atmosphère sous l'effet des rayons cosmiques correspondant à la phase 2.
2. Ecrire la réaction de désintégration du carbone 14. Donner le nom de la particule émise et caractéristique de ce type de désintégration.
3. Le bois étant un mélange de macromolécules organiques (comme la cellulose, la lignine et les hémicelluloses) obtenues grâce à la photosynthèse, justifier la possibilité de dater au carbone 14 un morceau de charbon de bois provenant d'un incendie, en vous appuyant sur les informations données.

### **Problème :**

La guerre de Troie racontée dans l'Illiade d'Homère se serait déroulée entre 1344 et 1150 avant J-C selon les historiens. Le site de Troie VII découvert par les archéologues peut-il correspondre à la Troie « homérique » ?

### **Remarque :**

*L'analyse des données, la démarche suivie et l'analyse critique du résultat sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.*

## Correction possible :

### Questions préalables :

1. A partir du document 1 :  ${}_0^1n + {}_7^{14}N \rightarrow {}_6^{14}C + {}_1^1p$  ou  ${}_0^1n + {}_7^{14}N \rightarrow {}_6^{14}C + {}_1^1H$
2. A partir du document 2 :  ${}_{-1}^0e \rightarrow {}_6^{14}C \rightarrow {}_7^{14}N + {}_{-1}^0e$  ; la particule émise est donc un électron  ${}_{-1}^0e$ .
3. Les macromolécules organiques du bois contiennent, par définition, des atomes de carbone. Parmi ces atomes de carbone, certains sont atomes de carbone 14 provenant de l'assimilation du  ${}^{14}CO_2$  par la photosynthèse. Le charbon de bois est un résidu composé d'atomes de carbone, il contient donc des atomes de carbone 14.

### Problème :

$$A_t = 0,7778 \text{ Bq} \text{ et } A_0 = \frac{13,60}{60} \times 5,000 = 1,130 \text{ Bq}$$

$$t = -8033 \times \ln\left(\frac{A_t}{A_0}\right) = -8033 \times \ln\left(\frac{0,7778}{1,130}\right) \approx 3\,000 \text{ ans}$$

(Information pour les professeurs : compte tenu de l'incertitude sur le calcul de l'âge, on utilise le signe  $\approx$ . Cette remarque n'est pas exigible.)

Après correction par la courbe de calibrage :  $t \approx 3\,250$  ans.

Pour répondre à la problématique, il faut vérifier que ce résultat coïncide avec les dates évoquées par les historiens. On trouve une date se situant aux alentours de 1 241 ans Av-JC .

D'après la datation au carbone 14, le site de Troie VII peut donc correspondre à la Troie « homérique ».

### Barème :

Compétences évaluées	Critère de réussite correspondant au niveau A	A	B	C	D
<b>S'approprier</b> <i>Extraire des informations.</i> <i>Mobiliser ses connaissances.</i> <i>Identifier des grandeurs physiques pertinentes.</i>	Identifier les informations nécessaires à l'élaboration des équations de réactions nucléaires (formation et désintégration du carbone 14).				
	Donner le nom de la particule émise lors de la désintégration du ${}^{14}C$ .				
	Identifier les grandeurs physiques pertinentes (l'activité du carbone 14 moderne, activité du carbone 14 de l'échantillon au moment de sa découverte, masse de carbone, âges estimés par les historiens).				
	Justifier la possibilité de dater le bois au carbone 14.				
<b>Analyser</b> <i>Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.</i> <i>Construire les étapes d'une résolution de problème.</i>	Déterminer l'activité $A_0$ de l'échantillon en Bq (ou bien convertir l'activité $A(t)$ en nombre de désintégrations par minute).				
	Tenir compte des 5 grammes de charbon de bois dans le calcul du rapport $A_t/A_0$ .				
	Extraire et exploiter la formule permettant le calcul de l'âge de l'échantillon.				
	Corriger l'âge trouvé à l'aide du document 3.				
<b>Réaliser</b> <i>Effectuer une procédure courante, des calculs littéraux ou numériques.</i> <i>Mener la démarche afin de répondre au problème posé.</i>	Etablir les équations de formation et de désintégration du carbone 14.				
	Mener des calculs techniquement justes indépendamment d'erreurs résultant d'une mauvaise analyse.				
	Effectuer une lecture précise sur la représentation du document 3 indépendamment d'une erreur sur la détermination l'âge.				
	Maîtriser correctement les unités.				
<b>Valider</b> <i>Discuter de la pertinence du résultat trouvé.</i>	S'assurer que l'on a répondu à la question posée en comparant l'âge obtenu et les données des historiens.				
<b>Communiquer</b> <i>Rédiger une réponse.</i>	Décrire clairement la démarche suivie et montrer ainsi de manière structurée les étapes de la résolution.				

**Niveau A** : les indicateurs choisis apparaissent dans leur (quasi)totalité

**Niveau B** : les indicateurs choisis apparaissent partiellement

**Niveau C** : les indicateurs choisis apparaissent de manière insuffisante

**Niveau D** : les indicateurs choisis ne sont pas présents

**Obtention « automatisée » de la note :**

On utilisera la feuille de notation au format tableur qui permettra d'obtenir une note (soit arrondie à l'entier le plus proche soit au demi-entier) à partir du tableau de compétences complété.

La feuille de calcul ci-après présente une notation sur 10 points. La modification du contenu de la cellule H1 (nombre total de points) pourra permettre d'ajuster le total à n'importe quelle autre valeur.

<b>Evaluation d'une activité évaluée par compétences notée sur : 10 points</b>									
		Nom							
		Prénom							
Compétence	Coefficient	Niveau validé				Notes par domaines			
		A	B	C	D			Niveau	Note
<i>S'approprier</i>	2	X				3		A	3
<i>Analyser</i>	3	X				3		B	2
<i>Réaliser</i>	2	X				3		C	1
<i>Valider</i>	1	X				3		D	0
<i>Communiquer</i>	1	X				3			
Somme coeff.	9					<b>Commentaire</b>			
Note max	27								
<b>Note brute</b>		<b>27</b>							
<b>Note sur</b>	<b>20</b>	<b>20,0</b>							
<b>Note sur</b>	<b>10</b>	<b>10,0</b>							
<b>Note arrondie au point</b>		<b>10,0</b>							
<b>Note arrondie au 1/2 point</b>		<b>10,0</b>							