Liban 2004 EXERCICE II – ENQUÊTE SUR UN HOMICIDE (5,5 points)

calculatrice autorisée

Agence de Presse – juin 2010

Une découverte exceptionnelle !

Les travaux de la future station balnéaire ont révélé un site d'une richesse inattendue qui suscite l'enthousiasme des plus grands spécialistes mondiaux de la paléoanthropologie.

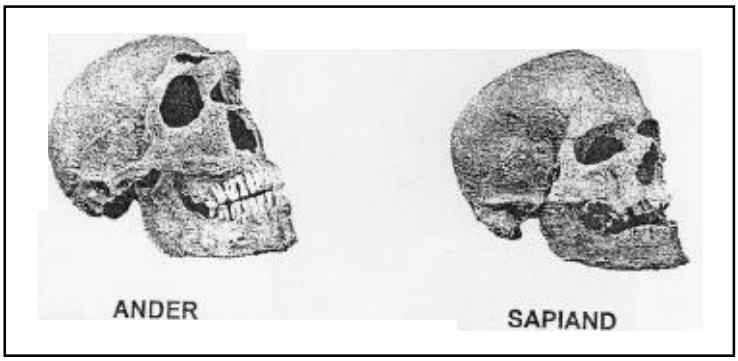
C'est en préparant les fondations du parc aquatique qu'a été exhumé, le 27 septembre dernier, le premier fragment fossile : un crâne pratiquement complet apparenté au genre HOMO, de l'espèce SAPIENS NEANDERTHAL. On l'a « baptisé » du nom d'ANDER.

Les autorités ont suspendu les projets d'aménagement pour permettre l'étude de ce site. Depuis lors les équipes de fouille sont allées de surprise en surprise. On a exhumé le squelette d'ANDER mais aussi celui d'un autre fossile inattendu, SAPIAND : un HOMO de l'espèce SAPIENS SAPIENS.

On sait que ces deux espèces d'hominidés ont cohabité en Europe entre -60 000 ans et -30 000 ans mais la découverte de ces deux individus, dans un tel état de conservation, est exceptionnelle. De plus les deux fossiles sont séparés d'à peine deux mètres de distance, mais il est possible que des glissements de terrain (ou les travaux d'aménagement) les aient par hasard rapprochés.
Les spécialistes s'interrogent : ces deux individus se sont-ils réellement rencontrés ?

Et la question prend la dimension d'une enquête policière puisque ANDER présente manifestement les signes crâniens d'une mort violente!

SAPIAND a-t-il massacré ANDER ? L'enquête n'en est qu'à ses débuts !



Il semble que SAPIAND et ANDER aient bien vécu au même endroit. Y étaient-ils en même temps ? Pour répondre à cette question, on utilise la méthode de datation au carbone 14.

I – Étude du carbone 14

Dans la nature le carbone existe sous forme de deux noyaux isotopes, ${}^{12}_{6}C$ et ${}^{14}_{6}C$.

Dans la haute atmosphère, un neutron formé par l'action de rayons cosmiques bombarde un noyau d'azote 14 (${}^{14}_{7}N$) qui se transforme en carbone 14 (${}^{14}_{6}C$) radioactif β^- avec émission d'une autre particule.

1. Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant à la formation de carbone 14 dans la haute atmosphère. Identifier la particule émise. Justifier.

2. Écrire l'équation de la désintégration β^- du carbone 14.

3. Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du carbone 14 est de 5570 ans.
Qu'appelle-t-on temps de demi-vie ?

4. On appelle N_0 le nombre de noyaux radioactifs dans un échantillon à un instant pris comme origine des temps.

a) Exprimer en fonction de N_0 le nombre de noyaux N de carbone 14 restant aux instants $t_{1/2}$, 2 $t_{1/2}$, 3 $t_{1/2}$, 4 $t_{1/2}$ et 5 $t_{1/2}$.

b) Reporter sur une feuille de papier millimétré le nombre N de noyaux radioactifs aux instants précédents.

Tracer sommairement l'allure de la courbe traduisant l'évolution du nombre de noyaux radioactifs en fonction du temps.

Échelle : en abscisse $t_{1/2}$ est représenté par 2 cm ; en ordonnée N_0 est représenté par 10 cm.

5. L'équation correspondant à la représentation graphique de la question 4b est de la forme :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda . t} \quad (1)$$

a) Établir la relation entre le temps de demi-vie et la constante radioactive λ.

b) Calculer la valeur de la constante radioactive.

II – Application à la datation :

Tant que la matière est vivante, les échanges de l'organisme animal ou végétal impliquant le dioxyde de carbone atmosphérique font que le rapport $N(^{14}_{6}C) / N(^{12}_{6}C)$ est constant.

A la mort de l'être vivant, la fin de ces échanges entraîne la décroissance de ce rapport.

L'activité d'un échantillon A(t) est le nombre de désintégrations qu'il produit par unité de temps soit $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$

D'autre part, cette activité A(t) est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs présents N(t) soit $A(t) = \lambda N(t)$.

1. **a)** Établir l'équation différentielle donnant le nombre de noyaux N(t) en fonction du temps.

b) Vérifier que l'expression de N(t) donnée par la relation (1) est solution de cette équation différentielle.

2. Les résultats de l'analyse des ossements d'ANDER et de SAPIAND par la méthode du carbone 14 sont consignés dans le tableau suivant

Nature des échantillons sélectionnés	N / N_0
Ossements ANDER	$1{,}64 \times 10^{-2}$
Ossements SAPIAND	$1{,}87 \times 10^{-2}$

a) A partir du résultat concernant ANDER, calculer l'âge de ses ossements.

b) Les données fournies par l'agence de presse en juin sont-elles en accord avec ce résultat ?

c) En utilisant la dernière ligne du tableau, répondre à la question posée par le journaliste : SAPIAND a-t-il pu massacrer ANDER ?

3. Une recherche sur Internet a donné l'information suivante à propos du carbone 14 :
" *Pour obtenir une quinzaine de désintégrations par minute avec un matériau récent, il faut 1 g de carbone, c'est-à-dire 10 g de bois, de tissu ou de cuir, 20 g de coquillage ou 200 g d'os* ".

a) Quelle est, en Becquerel, l'activité des 200 g d'os d'un être mort récemment ?

b) Quel est le nombre de noyaux radioactifs présents dans cet échantillon ?

c) Quel est le rapport $N(^{14}_{6}C) / N(^{12}_{6}C)$ dans cet échantillon ?

Données :

La masse molaire atomique de l'élément carbone, constitué très majoritairement de carbone 12, est égale à 12,0 $g.mol^{-1}$.

Le nombre d'Avogadro $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}