

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
- Session 2015 -

Sciences et Technologies de Laboratoire
spécialité Biotechnologies

Épreuve de PHYSIQUE-CHIMIE

EPREUVE DU MERCREDI 24 JUIN 2015

Durée de l'épreuve : 3 heures
Coefficient : 4

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte **12** pages numérotées de 1/12 à 12/12.

Les documents réponses, page 12/12 sont à rendre avec la copie.

L'usage d'une calculatrice est autorisé.

*Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies.
Toute réponse devra être justifiée*

Investigation policière

Dans leurs enquêtes (cambriolage, accident, ...), les gendarmes et policiers font souvent appel aux techniciens de la police scientifique pour le relevé et l'analyse des empreintes, marques et indices présents sur les lieux. La qualité de leur travail est primordiale. Ils contribuent ainsi à la recherche et l'identification d'auteurs d'infractions de toutes natures.

Voici une affaire sur laquelle travaille une équipe d'enquêteurs.

Un accident vient d'avoir lieu. Le conducteur a, semble-t-il, perdu le contrôle du véhicule qui a terminé sa course contre un mur. Une équipe de techniciens de la police a été envoyée sur les lieux. Différents indices et pièces à conviction ont été relevés. De plus, dans le coffre une mallette contenant des ossements intrigue tout particulièrement les enquêteurs...

Dans cette affaire, vous endosserez le rôle d'un des techniciens de la police scientifique. Les enquêteurs vont vous confier quatre missions afin de les aider à avancer dans leur travail d'investigation :

- Partie A : détermination de la vitesse du véhicule juste avant l'accident
- Partie B : détermination de l'heure de l'accident
- Partie C : détermination du taux d'alcoolémie
- Partie D : datation des ossements contenus dans la mallette

Chaque partie est introduite par des éléments du procès-verbal dressé par les enquêteurs.

Le sujet comporte quatre parties A, B, C et D qui sont indépendantes entre elles. Vous respecterez la numérotation des questions et vous rendrez les documents réponse (page 12) avec votre copie.

Partie A : détermination de la vitesse du véhicule

Procès-verbal des enquêteurs :

L'accident s'est produit sur une portion de route départementale goudronnée dont la vitesse est limitée à 70 km/h. La chaussée n'était pas mouillée. Le conducteur a freiné (traces sur 28 m) mais n'a pu éviter le mur en face.

La masse du véhicule (conducteur compris) est de $1,00.10^3$ kg.

Intensité de pesanteur : vous prendrez $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

Une équipe de spécialistes des crashes a évalué l'énergie cinétique du véhicule au moment du choc contre le mur d'après les déformations et l'écrasement des structures. Ils l'estiment à 90 kJ.

Une vitesse excessive du véhicule peut-elle être à l'origine de l'accident ?

A.1 Étude préalable

A.1.1 Exploiter le document A1 afin de compléter le document réponse DR1 en indiquant les types d'énergie mis en jeu.

A.1.2 L'énergie cinétique E_C (en J) du véhicule est liée à sa masse m (en kg) et sa vitesse v (en m.s^{-1}). En vous appuyant sur les courbes du document A2, faire un choix justifié de la relation qui convient parmi les trois proposées ci-dessous :

$$E_C = \frac{1}{2}.m.v \quad E_C = \frac{1}{2}.v.m^2 \quad E_C = \frac{1}{2}.m.v^2$$

A.2 Choc contre le mur

A.2.1 Montrer que la vitesse v du véhicule au moment de l'impact contre le mur était d'environ $13,4 \text{ m.s}^{-1}$.

A.2.2 Vous décidez de comparer cette énergie à celle d'une chute du haut d'un immeuble.

a- Rappeler l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} (en J) d'un corps en fonction de sa masse m (en kg) et de la hauteur h (en m) à laquelle il est placé par rapport au sol. On prend le sol comme référence des énergies potentielles.

b- Montrer que tout se passe comme si la voiture chutait du 3^{ème} étage (on prendra une hauteur de 3 mètres par étage).



A.3 Phase de freinage (en vous aidant du document A3)

A.3.1 D'après l'étendue des traces de freinage relevées sur la chaussée, calculer la vitesse initiale v_i du véhicule (on rappelle que la vitesse du véhicule, juste avant l'impact, était de $13,4 \text{ m.s}^{-1}$).

A.3.2 Le conducteur était-il en excès de vitesse ? Justifier la réponse.

A.3.3 Dans le but d'apporter un maximum d'informations aux enquêteurs, vous décidez de compléter leur demande en considérant la phase de réaction du conducteur.

Calculer la distance de réaction DR parcouru par le véhicule pendant le temps de réaction du conducteur estimé à une seconde.

A.3.4 En déduire à quelle distance D du mur le conducteur a vu l'obstacle.

ANNEXE A : Détermination de la vitesse du véhicule

A1 – Énergie, freinage et choc

La vitesse joue un rôle très important lors d'un accident. Tout d'abord, le véhicule parcourt une certaine distance entre le moment où le conducteur voit le danger et le moment où il appuie sur la pédale de frein ; on parle alors de distance de réaction D_R .

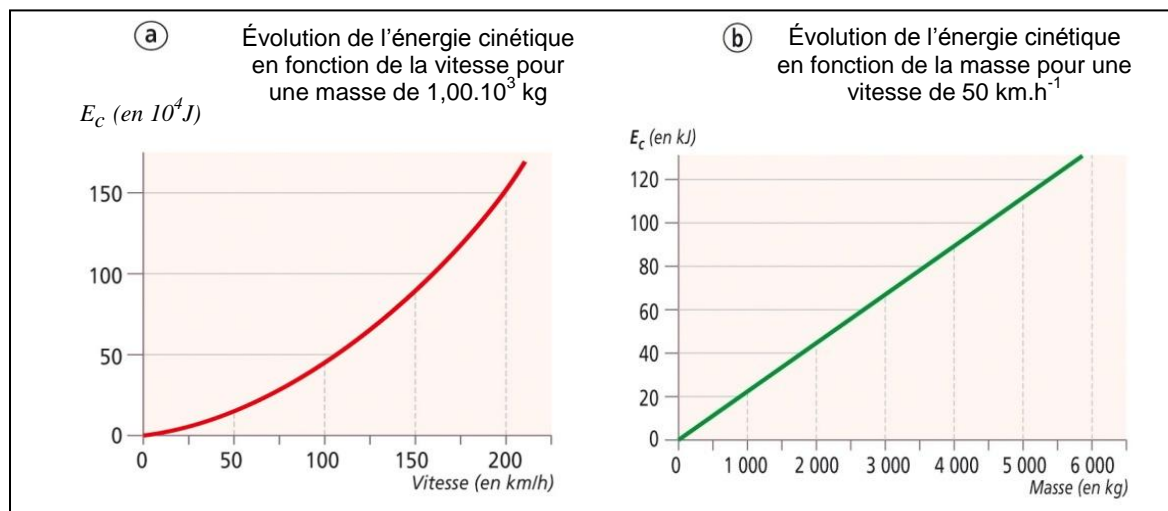


Lors d'un freinage, les plaquettes de freins et les pneus sur la route absorbent l'énergie cinétique du véhicule. La température des disques de frein peut atteindre 250°C.

Lors d'un choc avec un autre véhicule ou un mur, la vitesse s'annule quasi-instantanément. Toute l'énergie cinétique accumulée sert à déformer la voiture (énergie de déformation). Plus la vitesse est grande, plus l'énergie cinétique est grande et plus les déformations seront importantes et les conséquences graves pour les passagers.

Déformation des structures avant, port de la ceinture de sécurité, airbag, permettent de limiter les conséquences des accidents frontaux, à condition que la vitesse, lors de l'impact, ne soit pas excessive.

A2 – Évolution de l'énergie cinétique avec la masse et la vitesse



A3 – Phase de freinage

La distance de freinage D_F dépend d'un grand nombre de facteurs comme la vitesse du véhicule, l'état des pneumatiques et le coefficient d'adhérence sur la chaussée. Ce dernier varie selon le type de revêtement et l'état de la chaussée.

On admettra que cette distance peut être évaluée à l'aide de la relation suivante :

$$D_F = \frac{v_i^2 - v_F^2}{2 \cdot g \cdot \mu}$$

D_F : distance de freinage (en m)

v_i : vitesse initiale (début de freinage en m.s⁻¹)

v_F : vitesse finale (fin du freinage, juste avant l'impact en m.s⁻¹)

g : accélération de pesanteur (10 N.kg⁻¹)

μ : coefficient d'adhérence (sans unité)

Chaussée	État	Coefficient d'adhérence
Goudronnée	Sèche	0,8
	Mouillée	0,4
Pavée	Sèche	0,6
	Mouillée	0,3
Enneigée		0,2
Verglacée		0,1

Partie B : détermination de l'heure de l'accident

Procès-verbal des enquêteurs :

L'appel au poste de secours a été enregistré à 23h00. Les pompiers ont mis 15 minutes pour intervenir. Lorsque les secours sont arrivés, les phares et l'autoradio étaient allumés, ils se sont éteints 45 minutes après l'intervention des pompiers.

À quelle heure l'accident s'est-il produit ?

Deux indices possibles sont exploités pour estimer l'heure de la collision : une fuite de liquide sur le véhicule et la décharge de la batterie.

B.1. Décharge de la batterie (en vous aidant du document B1)

B.1.1 Justifier que la tension de la batterie vaut 12,6 V.

B.1.2 Calculer l'intensité du courant total fourni par la batterie et la durée nécessaire à sa décharge complète (on supposera constante l'intensité du courant et la tension pendant la décharge).

B.1.3 Évaluer l'heure de l'accident et montrer que les secours n'ont pas été appelés immédiatement.

B.2. Fuite de liquide (en vous aidant des documents B2 et B3)

Le fluide écoulé semble provenir du liquide de lave glace ou du liquide de refroidissement. L'objectif de cette partie est d'identifier ce fluide.

B.2.1 Les deux fluides possibles sont-ils acide ou basique ? Justifier.

B.2.2 Pour identifier ce liquide, vous essayez deux méthodes :

- introduction de l'eau dans les échantillons afin de déterminer si le fluide a une densité supérieure ou inférieure à 1 ;
- détermination du pH à l'aide d'un indicateur coloré : on obtient un $\text{pH} > 10$.

a) Quelle méthode vous semble la plus adaptée et préciser pourquoi ?

b) Dans la seconde méthode – méthode du pH – quel indicateur coloré parmi ceux proposés dans le document B3, convient-il de choisir ?

c) Identifier le liquide en cause.

B.2.3 Le réservoir du fluide étant identifié, les enquêteurs ont repéré vers 00h05 une fuite par un orifice de section 2 mm^2 . Pour vous aider à proposer une estimation du temps mis pour répandre 3 litres de ce fluide sur la chaussée, la vitesse d'écoulement du liquide est considérée comme constante et vaut $0,20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

a. Montrer que le débit volumique vaut $4,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

b. En déduire la durée d'écoulement pour 3 litres répandus et l'estimation de l'heure de l'accident.

ANNEXE B : détermination de l'heure de l'accident

B1 – Caractéristiques électriques du véhicule

Batterie

- 6 éléments de 2,1 V en série
- Capacité 40A.h

Autoradio :

Puissance consommée 100W

Phares :

Puissance consommée totale : 152W

B2 – Étiquettes des fluides

Liquide de refroidissement

- Composition : éthylène-glycol
- Liquide
- pH : 8
- Densité relative : 1,03
- Hydrosolubilité : 100%
- Soluble dans : éthanol, acétone, acide acétique, glycérol, pyridine
- Nocif par ingestion

Lave glace

- Composition : Méthanol 40%, eau
- Liquide
- Densité : 0,98
- Solubilité dans l'eau : 100%
- pH : 10,7
- Classe B-2: Liquide inflammable
- Classe D-1B: Substance ayant des effets toxiques immédiats et graves

B3 - Indicateur colorés : d'après <http://www.proftnj.com/ch-indic.htm>

pH	Les indicateurs colorés			
	<i>phénolphtaléine</i>	<i>méthylorange</i>	<i>bleu de bromothymol</i>	<i>Violet de cristal</i>
1	<i>incolore</i>			<i>vert</i>
2	<i>incolore</i>	<i>rouge</i>	<i>jaune</i>	<i>violet</i>
3	<i>incolore</i>	<i>rouge</i>	<i>jaune</i>	<i>violet</i>
4	<i>incolore</i>	<i>orange</i>	<i>jaune</i>	<i>violet</i>
5	<i>incolore</i>	<i>jaune</i>	<i>jaune</i>	<i>violet</i>
6	<i>incolore</i>	<i>jaune</i>	<i>jaune</i>	<i>violet</i>
7	<i>incolore</i>	<i>jaune</i>	<i>vert</i>	<i>violet</i>
8	<i>incolore</i>	<i>jaune</i>	<i>bleu</i>	<i>violet</i>
9,18	<i>fuchsia clair</i>	<i>jaune</i>	<i>bleu</i>	<i>violet</i>
10	<i>fuchsia</i>	<i>jaune</i>	<i>bleu</i>	<i>violet</i>
11	<i>fuchsia</i>	<i>jaune</i>	<i>bleu</i>	<i>violet</i>
12	<i>fuchsia</i>	<i>jaune</i>	<i>bleu</i>	<i>violet</i>

Partie C : détermination du taux d'alcoolémie

Procès-verbal des enquêteurs :

Deux canettes de boissons alcoolisées étaient présentes dans le véhicule. Le conducteur affirme avoir consommé ces canettes dans la matinée bien avant de prendre le volant.

Le début de l'enquête a permis de fixer l'heure de l'accident à 22h. Le conducteur a passé un test d'alcoolémie à 23h45.

Le taux d'alcoolémie du conducteur était-il au moment de l'accident supérieur au taux maximum toléré ?

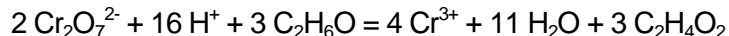
C.1 Caractéristiques de l'éthanol (en vous aidant du document C1)

C.1.1 Identifier et nommer le groupe caractéristique permettant de classer cette molécule dans la famille des alcools.

C.1.2 Montrer que la masse molaire M de l'éthanol vaut $46 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

C.2 Test alcoolémique (en vous aidant du document C2)

Le test alcoolémique a été réalisé à l'aide d'un éthylotest chimique dont le principe peut être modélisé par une équation d'oxydoréduction dans laquelle les ions $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ réagissent en présence d'éthanol, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. Cette réaction en milieu acide peut être modélisée par l'équation suivante :



C.2.1 Indiquer la couleur des cristaux avant et après réaction.

C.2.2 Identifier les 2 couples oxydant / réducteur mis en jeu dans cette réaction en complétant le document réponse DR2.

C.2.3 Lors du test, la moitié des cristaux changent de couleur. On admettra que la quantité de matière d'ions dichromate $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ qui réagit vaut $5,1 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$. Évaluer, d'après l'équation ci-dessus, la quantité de matière d'éthanol $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ dans l'air expiré contenu dans le ballon.

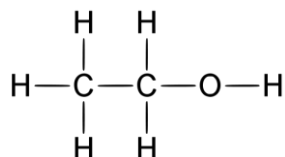
C.2.4 Calculer la concentration massique C_M (en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) d'éthanol dans l'air dans le ballon.

C.2.5 Le résultat de l'alcootest montre que le conducteur atteint juste la limite autorisée de $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ d'air expiré. Relever, à l'aide du document C3, son taux d'alcoolémie au moment de l'accident afin de justifier qu'il n'était pas apte à conduire.

ANNEXE C : détermination du taux d'alcoolémie

C1- L'éthanol et les groupes caractéristiques

L'alcool contenue dans les boissons alcoolisées est l'éthanol représenté par la formule développée suivante :





Masses molaires :


Carbone $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$
 Oxygène $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$
 Hydrogène $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$

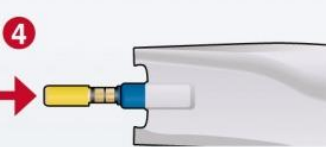
Groupes caractéristiques	
Amine	$-\text{NH}_2$
Hydroxyle	$-\text{OH}$
Acide carboxylique	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array} $
Ester	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array} $

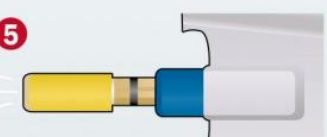
C2 – Éthylotest chimique


1 
Sortir le tube test du ballon.

2 
Enfoncer les 2 extrémités du test en appuyant fortement.

3 
Souffler dans l'embout pour gonfler complètement le ballon en une seule fois.

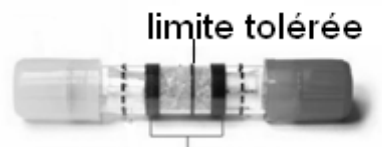
4 
Insérer le tube de réactif (côté bleu) dans l'embout bleu.

5 
Presser le ballon pour le vider lentement et entièrement.

6 
Attendre 2 mn pour le résultat.

Les alcootests individuels que l'on peut trouver en pharmacie sont constitués d'un sachet gonflable et d'un tube de verre contenant des cristaux jaunes de dichromate de potassium (2K^+ , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) en milieu acide.

Volume du ballon : 1,4 L



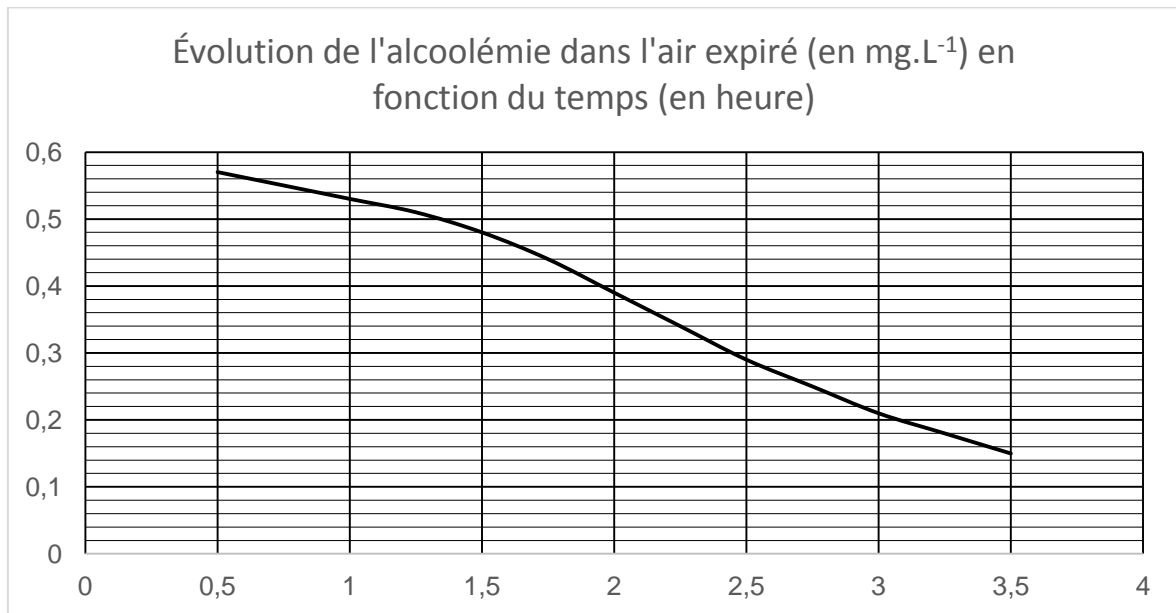
limite tolérée

dichromate de potassium

Mode d'emploi

Si les cristaux sont **jaunes** : pas d'alcool, test négatif.
 Si **vert** : il y a de l'alcool.
 Si le vert atteint ou dépasse le trait central, le test est positif.

C3 – Évolution du taux d'alcoolémie dans le temps



Partie D : datation des ossements

Procès-verbal des enquêteurs :

Dans le coffre du véhicule, se trouvait une mallette contenant des ossements.

Il se trouve que dans la région, un site archéologique d'une grande richesse a été découvert. Des ossements d'hominidés, dans un état de conservation exceptionnel, ont été mis au jour. Ils auraient vécu, selon l'estimation des responsables du site, il y a 23500 ans. Malheureusement le site a en partie été pillé.

Les ossements peuvent-ils provenir du site archéologique ?

D.1 Questions préliminaires (à l'aide du document D1)

D.1.1 Quelle est la méthode utilisée pour dater les ossements ? Citer une limite à cette technique.

D.1.2 Le carbone 14 se désintègre pour donner de l'azote 14 en émettant une particule. Compléter l'équation de désintégration radioactive du document réponse DR3. En déduire le nom de la particule émise et le type de radioactivité.

D.2 Décroissance radioactive du carbone 14

On définit la demi-vie (notée $t_{1/2}$) d'un échantillon radioactif comme étant la durée au bout de laquelle l'activité d'un échantillon radioactif a été divisée par deux.

À l'aide du document D2, déterminer la valeur de la demi-vie $t_{1/2}$.

D.3 Datation des ossements (à l'aide des documents D1 et D3)

Vous prélevez un échantillon des ossements de la mallette ; un comptage radioactif permet de relever une activité A de 14 mBq par gramme de carbone pur.

L'activité d'un échantillon radioactif est égale au nombre moyen de désintégrations par seconde de noyaux de l'échantillon. Elle s'exprime en becquerels (Bq) :

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration.s}^{-1}$$

D.3.1 Montrer que l'activité A_0 (à « l'âge zéro ») est d'environ 0,23 Bq par gramme de carbone pur.

D.3.2 Exploiter la relation du document D3 pour déterminer l'âge des ossements de la mallette.

D.3.3 Ces ossements peuvent-ils provenir du site archéologique ? Justifier.

ANNEXE D : datation des ossements

D1 – Généralités sur la datation au carbone 14

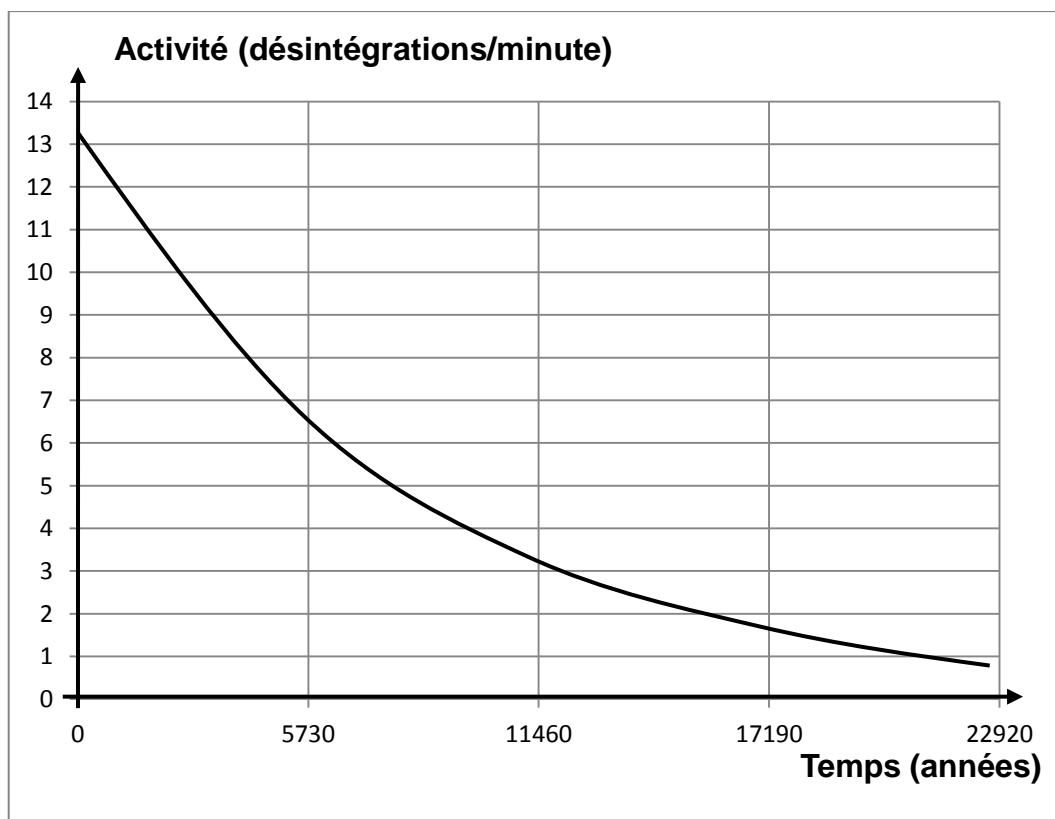
Vers 1950, le chimiste américain W. Libby a démontré [...] que tous les êtres vivants sont caractérisés par le même rapport du nombre de noyaux de ^{14}C au nombre de noyaux de ^{12}C : $N(^{14}\text{C}) / (^{12}\text{C})$.

En conséquence, un gramme de carbone pur extrait d'un être vivant présente une activité due au ^{14}C , voisine de 13,6 désintégrations par minute, ce qui correspond à "un âge zéro". Dans un animal ou un végétal mort (tronc d'arbre, coquille fossile, os... trouvé dans une caverne), le ^{14}C "assimilé" par l'animal ou la plante quand il était vivant, décroît exponentiellement en fonction du temps du fait de sa radioactivité à partir de l'instant de sa mort. La comparaison(1) de cette activité résiduelle aux 13,6 désintégrations par minute fournit directement l'âge de l'échantillon fossile [...]. Au bout de 40 millénaires, il reste moins de 1% du ^{14}C que contenait initialement un échantillon fossile ; cette teneur résiduelle devient trop faible pour être déterminée avec précision.

J.C Duplessy et C. Laj ; D'après une publication du CEA ; Clefs CEA n°14 automne 1989

(1) : On suppose que la valeur 13,6 désintégrations par minute, pour un organisme vivant, est restée constante au cours des derniers millénaires.

D2 – Courbe de décroissance radioactive



D3 – Expression réciproque de la loi de décroissance radioactive.

$$t = \frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$$

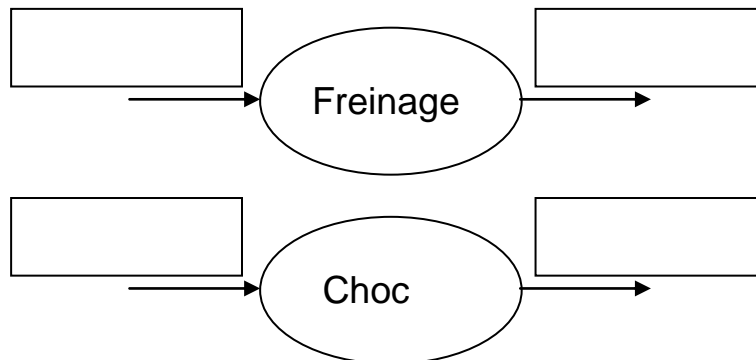
A : activité en Bq à la date t

A_0 : activité en Bq à la date t = 0 (« âge zéro »)

λ : constante radioactive du carbone 14 ($1,2 \cdot 10^{-4} \text{ ans}^{-1}$)

DOCUMENTS REPONSES A RENDRE AVEC LA COPIE

DR1 – Conversion d'énergie



DR2 – Couples Oxydant / Réducteur

Couple 1	Couple 2
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / \dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots / \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

DR3 – Équation de désintégration du carbone 14

