

Classe de TS₁

Baccalauréat Blanc

Durée 3heures et trente minutes

L'usage des calculatrices est autorisé.

- *Le sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11 , y compris celle-ci.*
- *Les pages annexes (pages 10 et 11) sont à rendre avec la copie*
- *Les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres, doivent être traités.*
- *Une feuille de papier millimétrée est fournie*

- **Exercice 1 : Propriétés des solutions d'ammoniac (8 points)**

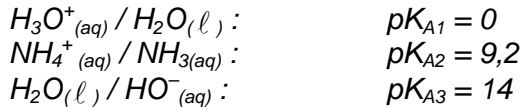
- **Exercice 2 : Un réveil en douceur (7 points)**

- **Exercice 3 : Enquête sur un homicide (5 points)**

Exercice 1 : Propriétés des solutions d'ammoniac (8 points)

Données et rappels :

- Produit ionique de l'eau : $K_E = 1,0 \times 10^{-14}$.
- pK_A des couples acide/base suivants :



- Conductimétrie :

La conductivité σ d'une solution contenant des espèces ioniques X_i est fonction des concentrations molaires effectives $[X_i]$ de ces ions dans la solution selon la loi :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i].$$

σ s'exprime en $S.m^{-1}$, λ_i conductivité molaire ionique en $S.m^2.mol^{-1}$ et les concentrations $[X_i]$ des espèces ioniques en $mol.m^{-3}$.

- Valeurs des conductivités molaires ioniques (en $S.m^2.mol^{-1}$) :

$$\begin{array}{l} \lambda(HO^-_{(aq)}) = 199.10^{-4} S.m^2.mol^{-1} \\ \lambda(NH_4^+_{(aq)}) = 73,4.10^{-4} S.m^2.mol^{-1}. \end{array}$$

Une solution commerciale S_0 d'ammoniac $NH_{3(aq)}$ de concentration $C_0 = 1,1 mol.L^{-1}$ peut être utilisée, après dilution, comme produit nettoyant (évier, lavabos, ...) ou comme produit détachant (moquette, tapis, ...).

On se propose d'étudier la solution S d'ammoniac de concentration C_S : S est 100 fois plus diluée que la solution commerciale S_0 .

1.1 Préparation de la solution diluée S :

Faire la liste de la verrerie nécessaire pour préparer précisément un volume $V = 1,00 L$ de S à partir de S_0 .

1.2 Titrage de la solution diluée S :

On se propose de vérifier la valeur de la concentration C_0 de S_0 . Pour cela, la solution S est titrée par une solution d'acide chlorhydrique de concentration en soluté apporté $C_a = 1,5 \times 10^2 mol.L^{-1}$.

Dans un volume $V_S = 20,0 mL$ de la solution S , on verse progressivement la solution d'acide chlorhydrique et on mesure après chaque ajout le pH du mélange. On peut alors tracer la courbe d'évolution du pH en fonction du volume de solution acide ajoutée V_a à l'aide d'un logiciel approprié.

On trace aussi la courbe d'évolution de la dérivée, notée $\frac{dpH}{dV_a}$, en fonction de V_a .

1.2.1 Faire un schéma légendé du dispositif expérimental de titrage.

1.2.2 Réaction de titrage :

1.2.2.a Montrer à partir des couples acide/base rappelés dans les données que l'équation (1) de la réaction support du titrage s'écrit :



1.2.2.b Quelles doivent être les caractéristiques de la transformation pour pouvoir servir de support au titrage ?

1.2.3 Détermination des concentrations :

1.2.3.a À partir de la courbe donnant l'évolution du pH, déterminer le volume de solution acide versé à l'équivalence V_{aE} .

1.2.3.b. Expliquer comment il est possible de confirmer la valeur du volume équivalent V_{aE} par l'exploitation de la courbe donnant l'évolution de la dérivée $\frac{dpH}{dV_a}$.

1.2.3.c A partir de la valeur de V_{aE} , déterminer la concentration C_S de la solution diluée

1.2.3.d Déterminer alors la valeur de la concentration C_0 de la solution S_0 .

1.2.3.e Comparer la valeur trouvée à la valeur C_0 donnée au début de l'énoncé.

On calculera un écart relatif exprimé en pourcentage : $\frac{\Delta C_0}{C_0} \times 100$

Remarque : Pour la suite de l'exercice, on utilisera la valeur de $C_0 = 1,1 \text{ mol.L}^{-1}$ donnée au début de l'énoncé et la valeur correspondante de C_S .

1.2.4 Autre repérage de l'équivalence :

Parmi les indicateurs colorés du tableau ci-dessous, déterminer celui qu'il faut ajouter à la solution pour procéder le plus efficacement possible au titrage précédent par une méthode colorimétrique. Justifier ce choix.

Qu'observe-t-on autour de l'équivalence dans ce cas ?

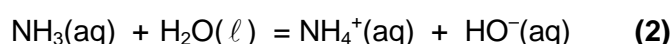
Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Bleu de bromophénol	Jaune	3,0 – 4,6	Bleu-violet
Rouge de méthyle	Rouge	4,2 – 6,2	Jaune
Rouge de crésol	Jaune	7,2 – 8,8	Rouge

1.3 Étude de l'équilibre dans la solution diluée S :

On considère maintenant un volume $U_S = 1,0 \text{ L}$ de la solution S.

1.3.1 Réaction acido-basique dans S :

L'équation bilan, notée (2) de la réaction entre l'ammoniac et l'eau est :



1.3.1.a Donner l'expression littérale de la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction (2).

1.3.1.b Exprimer K en fonction de K_e et K_{A2} . Calculer K.

1.3.2. Composition de S :

1.3.2.a Compléter sur l'annexe le tableau d'avancement, associé à la transformation modélisée par la réaction d'équation (2).

Remarques :

A l'état initial, $[NH_3(aq)]_i = C_S$ (concentration de la solution S).

L'avancement à l'état final d'équilibre est noté $x_{\text{éq}}$.

Le volume de la solution U_S est supposé constant (la dilution est négligée).

1.3.2.b En supposant que $x_{\text{éq}}$ est négligeable par rapport au produit $C_S \cdot U_S$, montrer que

$$K \approx \frac{x_{\text{éq}}^2}{C_S \cdot U_S^2}$$

1.3.2.c Calculer la valeur $x_{\text{éq}}$. L'hypothèse est-elle justifiée ?

1.3.3 Etude conductimétrique :

La valeur de la conductivité de la solution diluée S est $\sigma = 8,52 \cdot 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$.

1.3.3.a Exprimer la conductivité σ de la solution en fonction des conductivité molaires ioniques λ des ions et de leurs concentrations.

En déduire la valeur commune de la concentration (en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) des ions $NH_4^+(aq)$ et $HO^-(aq)$ dans la solution S.

1.3.3.b Déterminer alors la valeur du pH de la solution S. Ce résultat est-il en accord la courbe de titrage tracée à partir des données expérimentales ?

Exercice 2 : Un réveil en douceur (8 points)

On commercialise aujourd'hui des réveils « éveil lumière / éveil douceur ». Le concept utilisé est le suivant : lorsque l'heure du réveil programmé est atteinte, la lampe diffuse une lumière dont l'intensité lumineuse augmente progressivement jusqu'à une valeur maximale. On évite de cette façon un réveil trop brutal. La durée nécessaire pour atteindre la luminosité maximale est modifiable.

Lors d'un atelier scientifique, deux élèves décident de construire un circuit électronique permettant de faire varier doucement la luminosité d'une lampe, en utilisant les propriétés électriques d'une bobine.

Dans une première partie, ces propriétés sont mises en évidence de façon qualitative. Dans une seconde partie, les élèves déterminent l'inductance de la bobine utilisée. Le fonctionnement est ensuite étudié expérimentalement à l'aide d'une acquisition informatique.

Certaines données ne sont pas utiles à la résolution de l'exercice.

1. Influence d'une bobine dans un circuit électrique.

Les élèves réalisent le circuit représenté sur la figure 1. Ce circuit est constitué d'une source de tension idéale de force électromotrice (fem) E_1 , d'une bobine d'inductance L et de résistance r , d'un conducteur ohmique de résistance R_1 de même valeur que r et de deux lampes identiques (L_1) et (L_2).

Données :

Valeur de la fem : $E_1 = 24 \text{ V}$.

Valeurs données par le constructeur : $L = 1 \text{ H}$; $r = R_1 = 7 \Omega$.

Dans cette partie seulement, pour simplifier l'analyse qualitative, on suppose que chaque lampe a le même comportement électrique qu'un conducteur ohmique de résistance R_{lampe} .

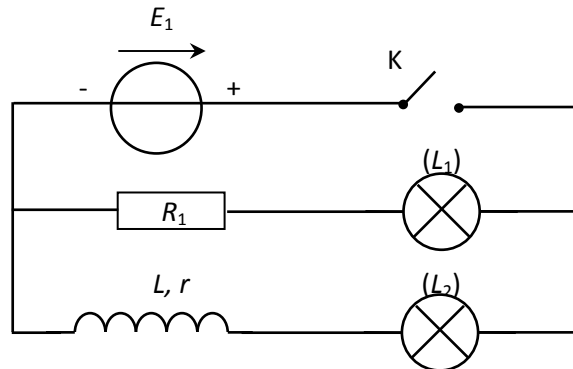


Figure 1

1.1. Immédiatement après la fermeture de l'interrupteur K, les deux lampes ne s'allument pas simultanément : une lampe brille quasi-instantanément, l'autre brille avec retard.

Quelle lampe s'allume la première ? Pourquoi l'autre lampe s'allume-t-elle avec retard ?

1.2. Dans la branche du circuit contenant la bobine, on peut observer successivement deux régimes différents pour le courant électrique. Nommer ces deux régimes.

1.3. Que peut-on dire de la luminosité des deux lampes en fin d'expérience ? Justifier.

1.4. On appelle τ la constante de temps caractérisant l'évolution temporelle de l'intensité du courant électrique lors de l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance R et d'une bobine d'inductance L. Dans le cas étudié la lampe se comporte comme un conducteur ohmique et $R_{\text{tot}} = r + R_{\text{lampe}}$. La durée nécessaire pour atteindre la luminosité maximale est de l'ordre de 5τ .

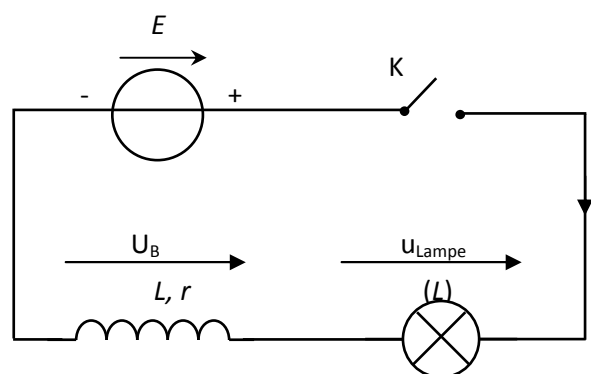


Figure 2

1.4.1. Etablir l'équation différentielle qui décrit le fonctionnement du circuit.

Monter qu'elle peut s'écrire $\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} i(t) = \frac{E}{L}$.

En déduire que l'expression de la constante de temps $\tau = \frac{L}{R_{\text{tot}}}$

1.4.2. Vérifier par analyse dimensionnelle, que l'expression proposée est bien homogène à un temps.

1.4.3 Montrer que lorsque la luminosité maximale est atteinte, l'intensité du courant s'écrit $I = \frac{E}{R_{\text{tot}}}$.

1.4.3 Un solution de cette équation différentielle s'écrit $i(t) = A e^{-t/\tau} + B$. En étudiant les conditions aux limites du phénomène, déterminer les expressions des constantes A et B.

1.4.3. Justifier par un calcul d'ordre de grandeur le fait que ce phénomène est détectable par un observateur. On prendra $R_{\text{tot}} \approx 10 \Omega$.

On précise que l'œil est capable de distinguer deux images consécutives séparées d'au moins 0,1 s.

2. Vérification de la valeur de l'inductance L de la bobine utilisée.

Dans cette partie, les élèves cherchent à déterminer précisément la valeur de l'inductance L de la bobine qui est utilisée. Ils réalisent le montage, représenté sur la figure 3, permettant d'enregistrer la décharge d'un condensateur de capacité $C = 22 \mu\text{F}$ à travers la bobine. Le condensateur est initialement chargé sous une tension $E_2 = 6,0 \text{ V}$ (commutateur en position 1).

Après avoir basculé le commutateur en position 2, ils enregistrent l'évolution de la tension aux bornes du condensateur au cours du temps ; la courbe obtenue est représentée sur la figure 4 de la feuille annexe.

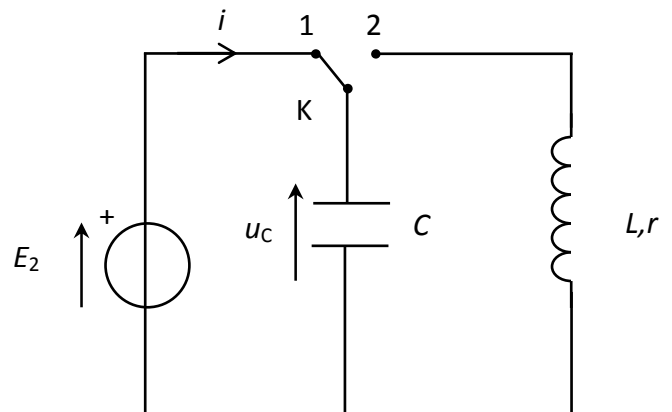


Figure 3

2.1. Comment nomme-t-on le régime correspondant à cette évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur ?

2.2. Quelle est la cause, en termes d'énergie, de l'amortissement des oscillations observé sur l'enregistrement donné en figure 4 ?

2.3. Qualifier l'évolution temporelle de l'énergie totale emmagasinée dans le circuit en choisissant un ou plusieurs adjectifs parmi : périodique ; croissante ; décroissante ; sinusoïdale.

2.4. On rappelle que la période propre T_0 d'un circuit LC est égale à $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ et que dans le cas où l'amortissement est faible, la pseudo-période T des oscillations est proche de la période propre T_0 .

Déterminer en explicitant votre démarche la valeur de la pseudo-période T des oscillations puis l'inductance L de la bobine.

2.5. La valeur de l'inductance L calculée est-elle compatible avec les données du constructeur ?

3. Étude expérimentale de la luminosité d'une lampe dans un circuit électrique contenant une bobine.

La luminosité de la lampe est liée à la puissance électrique qu'elle reçoit. On rappelle l'expression, en convention récepteur, de la puissance électrique instantanée $p(t)$ reçue par un dipôle soumis à la tension $u(t)$ et traversé par un courant d'intensité $i(t)$: $p(t) = u(t) \cdot i(t)$

Pour étudier l'évolution temporelle de la puissance électrique reçue par la lampe, les élèves réalisent maintenant le circuit représenté sur la figure 5 et procèdent à une acquisition informatique des données à l'aide d'une interface possédant deux bornes d'entrée notées (Y_1) et (Y_2) et une masse notée (M). Ils utilisent la lampe (L_1), la bobine d'inductance L , un conducteur ohmique dont la résistance a pour valeur $R_0 = 1 \Omega$ et une source de tension continue de fem E .

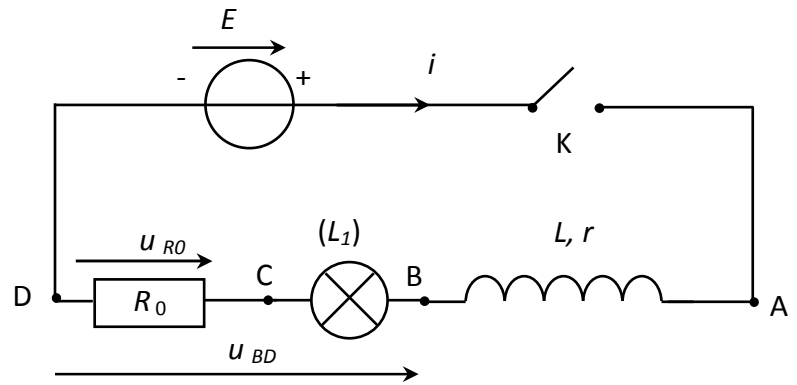


Figure 5

3.1. De quelle(s) manière(s) l'énergie électrique reçue par la lampe est-elle transférée à l'environnement ?

3.2. Faire apparaître sur la figure 5 de la feuille annexe à quels points du circuit (A, B, C ou D) on doit brancher (Y_1), (Y_2) et (M) pour enregistrer les tensions u_{R_0} et u_{BD} sur l'interface d'acquisition ?

3.3. Les élèves souhaitent suivre l'évolution temporelle de la puissance électrique reçue par la lampe (L_1). À partir des grandeurs mesurées u_{R_0} , u_{BD} et de la résistance R_0 , exprimer :

3.3.1. la tension $u(t) = u_{BC}$ aux bornes de la lampe en fonction de u_{R_0} et u_{BD}

3.3.2. l'intensité $i(t)$ du courant électrique en fonction de u_{R_0} et R_0

3.4 En exprimant la puissance électrique, $p = u \cdot i$, reçue par la lampe en fonction de u_{R_0} , u_{BD} et de la résistance R_0 , montrer que les mesures réalisées permettent de tracer la courbe de la figure 6 (le tracé a été effectué à l'aide d'un logiciel de traitement des acquisitions)

3.5. Pourquoi les élèves ont-ils choisi un conducteur ohmique dont la valeur de résistance est très faible ?

3.6. La figure 6 de la feuille annexe représente l'évolution temporelle de la puissance électrique $p(t)$ reçue par la lampe (L_1). On estime que pour réveiller un individu, la lumière est suffisante lorsque cette puissance atteint 90 % de sa valeur maximale.

À partir de cette courbe, déterminer la durée nécessaire pour permettre le réveil.

3.7. Cette durée est-elle compatible avec l'utilisation d'un tel montage pour une « lampe à diffusion douce » ? Quels paramètres faudrait-il pouvoir modifier pour contrôler la durée du phénomène ?

Exercice 3 : Enquête sur un homicide (5 points)

Agence de Presse – juin 2010

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 paléanthropologie.

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.

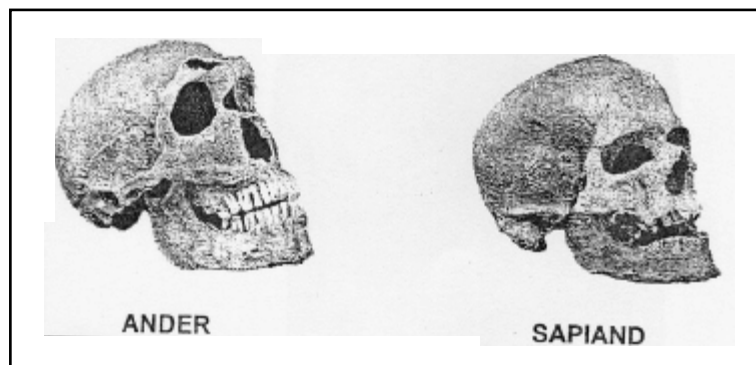
Les autorités ont suspendu les projets d'aménagement pour permettre l'étude de ce site. Depuis lors les équipes de fouille sont allées de surprise en surprise. On a exhumé le squelette d'ANDER mais aussi celui d'un autre fossile inattendu, SAPIAND : un HOMO de l'espèce SAPIENS SAPIENS.

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.

1. Étude du carbone 14

Dans la nature le carbone existe sous forme de deux noyaux isotopes, $^{12}_6\text{C}$ et $^{14}_6\text{C}$.

Dans la haute atmosphère, un neutron formé par l'action de rayons cosmiques bombarde un noyau d'azote 14 ($^{14}_7\text{N}$) qui se transforme en carbone 14 ($^{14}_6\text{C}$) radioactif β^- avec émission d'une autre particule.

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

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

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

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

1.4.1 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 $5 t_{1/2}$.

1.4.2 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 1.4.1 est de la forme :

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

Montrer à partir de cette relation que $\lambda \cdot t_{1/2} = \ln 2$. Calculer la valeur de la constante radioactive.

2 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 $N(^{14}_6C) / N(^{12}_6C)$ 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

$$\text{soit } A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

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

$$\text{soit } A(t) = \lambda N(t).$$

L'équation différentielle donnant le nombre de noyaux radioactif en fonction du temps s'écrit

$$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda N(t)$$

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

2.2 Les résultats de l'analyse des ossements d'ANDER et de SAPIAND par la méthode du carbone 14 sont consignés dans le tableau ci-contre

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

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

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

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