Corrigé complet — Bac S 2011 Asie (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Le parfum de la fraise** Estérification · Chauffage à reflux · Temps de demi-réaction · Catalyseur · Titrage acido-basique · Tableau d'avancement	6,5 pts	1 h 18	24 questions	p. 2
Ex 2	**Datation des vins par radioactivité** Isotopes et fission nucléaire · Lois de conservation · Perte de masse et énergie libérée · Rayonnement gamma · Loi de décroissance radioactive · Activité et demi-vie	5,5 pts	1 h 05	17 questions	p. 9
Ex 3	**Spécialité : Le poste à galène** Modulation d'amplitude · Circuit d'accord LC · Filtre passe-bande · Détecteur de crête · Constante de temps RC · Filtre passe-haut	4 pts	52 min	14 questions	p. 14
Ex 4	**Bobine d'une pédale wha-wha** Tension aux bornes d'une bobine · Loi d'Ohm · Loi des mailles · Oscillations électriques pseudo-périodiques · Période propre d'un circuit LC · Énergies électrique et magnétique	4 pts	52 min	11 questions	p. 19

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

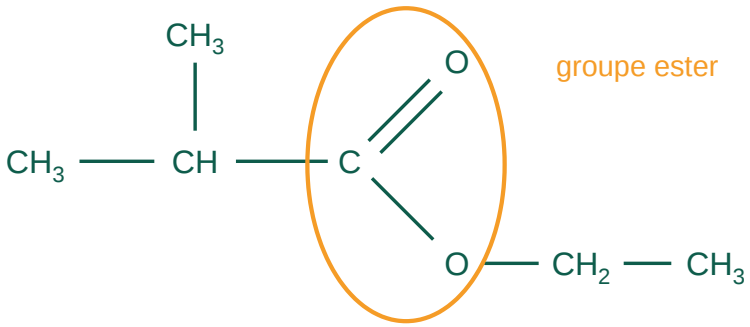
Le parfum de la fraise

Bac S 2011 Asie (ancien programme) · Exercice 1 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Recopier la formule semi-développée du méthylpropanoate d'éthyle et entourer le groupe ester.

Le groupe ester est l'ensemble $-CO-O^-$: l'atome de carbone, l'oxygène de la double liaison et l'oxygène relié au groupe éthyle (voir la formule).

PIÈGE
N'entourer que $C{=}O$: ce serait un groupe carbonyle. Le second atome d'oxygène fait partie du groupe ester.



1.1 · Le groupe ester : le carbone, l'oxygène doublement lié et l'oxygène simplement lié

1.2 L'ester est obtenu à partir de l'acide méthylpropanoïque et d'un alcool. Donner le nom et la formule semi-développée de cet alcool.

Le nom de l'ester se termine par « d'éthyle » : la chaîne liée à l'oxygène, apportée par l'alcool, compte deux atomes de carbone.

L'alcool est l'éthanol, de formule CH_3-CH_2-OH.

MÉTHODE
Dans « alcanoate d'alkyle », la première partie vient de l'acide carboxylique, la seconde (alkyle) vient de l'alcool.

1.3 Citer deux caractéristiques de la réaction d'estérification.

L'estérification est une réaction **lente** et **limitée** (non totale, car l'hydrolyse de l'ester se produit en sens inverse).

COMPRENDRE
On peut aussi citer son caractère athermique. Les deux premières caractéristiques se retrouvent sur le document 2 : plusieurs jours de chauffage, et un palier à 0,67 mol au lieu de 1,0 mol.

2.1.1 Quel est le volume d'alcool versé dans le ballon ?

Données utiles $n_{C0} = 1{,}0$ mol ; $M_C = 46\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $\rho_C = 0{,}80\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$

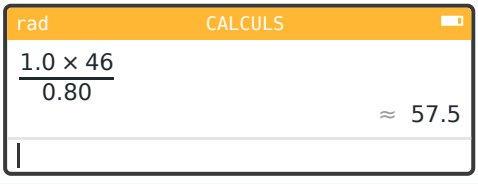
La masse d'alcool est $m_C = n_{C0}\,M_C$ et son volume $V_C = \dfrac{m_C}{\rho_C}$, donc :

$$V_C = \frac{n_{C0}\,M_C}{\rho_C} = \frac{1{,}0 \times 46}{0{,}80} = 57{,}5\ \text{mL}$$

$V_C \approx 58$ mL

COMPRENDRE
Les données ont deux chiffres significatifs : le résultat aussi. Avec ρ_C en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ et la masse en g, le volume sort directement en mL.

À LA CALCULATRICE



2.1.2 Indiquer le sens de circulation de l'eau dans le réfrigérant.

L'eau froide entre par le bas du réfrigérant et ressort par le haut.

COMPRENDRE
Ainsi le manchon reste entièrement rempli d'eau : les vapeurs se condensent sur toute la hauteur et retombent dans le ballon.

2.1.3 Compléter le schéma du document 3 en ajoutant les éléments nécessaires à l'utilisation du chauffage à reflux en toute sécurité.

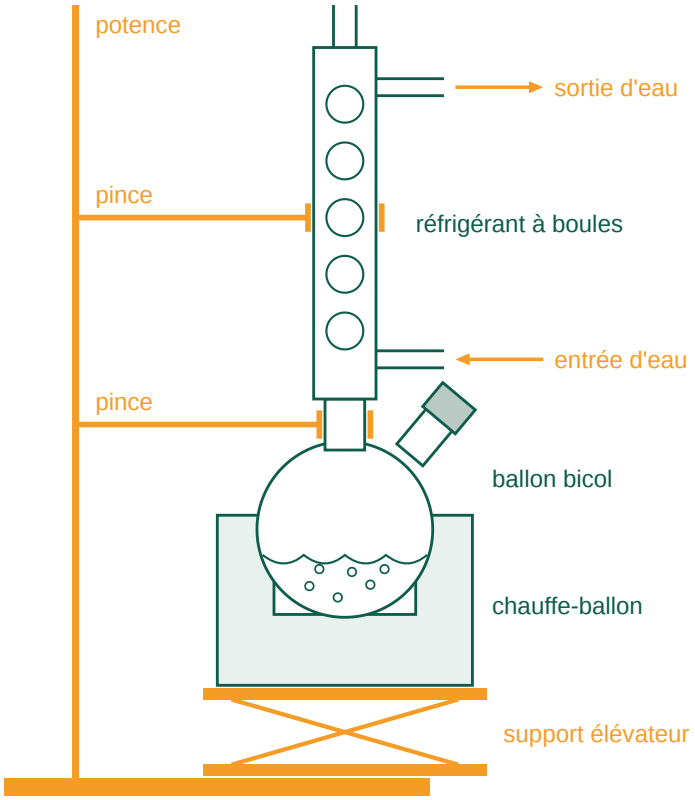
Il manque sur le schéma :

- une **potence** et des **pinces** qui maintiennent le col du ballon et le réfrigérant ;
- un **support élévateur** sous le chauffe-ballon.

Le montage est fixé à une potence et le chauffe-ballon repose sur un support élévateur (voir le schéma complété).

PIÈGE
Boucher le haut du réfrigérant : la pression augmenterait dans le montage. Il reste ouvert à l'air libre.

COMPRENDRE
Le ballon tient par la pince, pas par le chauffe-ballon : en abaissant le support, on écarte la source de chaleur en quelques secondes si la réaction s'emballe.



2.1.3 · Document 3 complété : fixation à une potence et support élévateur sous le chauffe-ballon

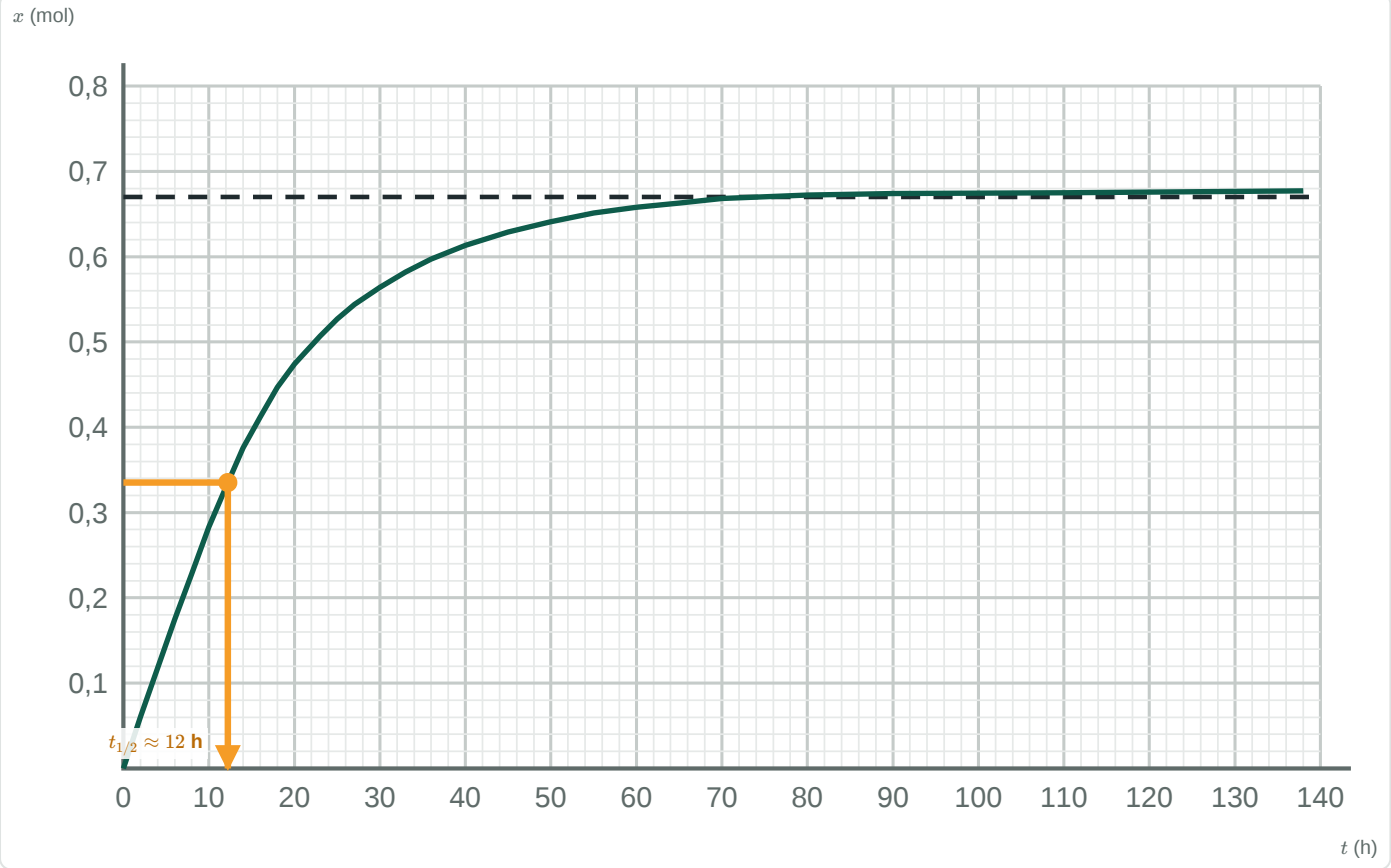
2.1.4 Quel est l'intérêt du ballon bicol ?

Le second col, fermé par un bouchon, permet de prélever un échantillon du mélange sans démonter le réfrigérant, donc sans interrompre le chauffage à reflux.

2.2.1 À l'aide du document 2, déterminer l'avancement final de la transformation.

Aux temps longs, la courbe présente un palier horizontal : l'avancement ne varie plus.

$x_F = 0{,}67$ mol



2.2.1 · Document 2 : lecture de x_F puis de $t_{1/2}$ à l'ordonnée $x_F/2 = 0{,}335$ mol

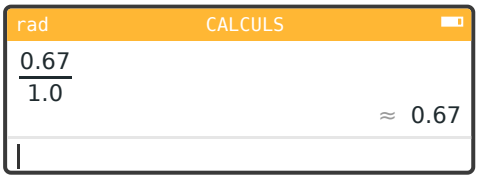
2.2.2 Calculer le taux d'avancement final.

Données utiles $x_M = 1{,}0$ mol ; $x_F = 0{,}67$ mol (2.2.1)

$$\tau = \frac{x_F}{x_M} = \frac{0{,}67}{1{,}0} = 0{,}67$$

$\tau = 0{,}67$, soit 67 % : la transformation est limitée.

À LA CALCULATRICE



2.2.3 Déterminer le temps de demi-réaction, en faisant figurer les constructions sur le document 2.

Données utiles $x_F = 0{,}67$ mol (2.2.1)

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement vaut la moitié de l'avancement final :

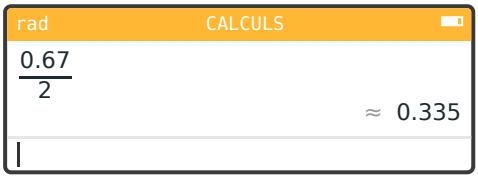
$$x(t_{1/2}) = \frac{x_F}{2} = \frac{0{,}67}{2} \approx 0{,}34 \text{ mol}$$

On reporte cette ordonnée sur la courbe et on lit l'abscisse du point correspondant.

$t_{1/2} \approx 12$ h

PIÈGE
Prendre la moitié de $x_M = 1{,}0$ mol : la transformation n'étant pas totale, c'est x_F qu'il faut diviser par deux. Ne pas confondre non plus avec la moitié de la durée totale.

À LA CALCULATRICE

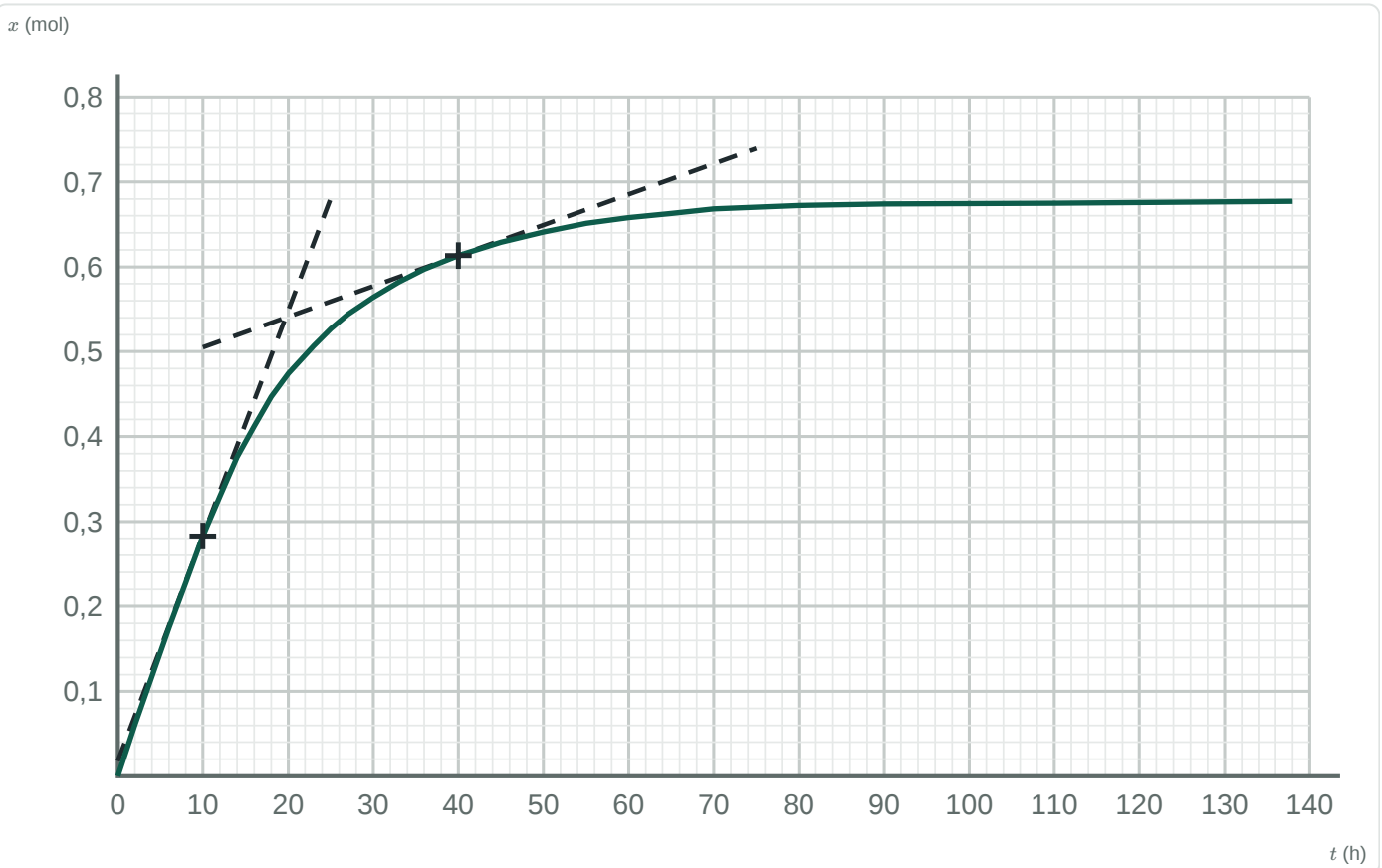


2.2.4 En traçant les tangentes à la courbe en deux instants différents, indiquer sans calcul comment évolue la vitesse volumique de la réaction.

La vitesse volumique de réaction est $v = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$: à volume constant, elle est proportionnelle au coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$.

La tangente tracée à $t = 40$ h est moins inclinée que celle tracée à $t = 10$ h.

La vitesse volumique de la réaction diminue au cours du temps (elle s'annule sur le palier).



2.2.4 · Document 2 : tangentes à $t = 10$ h et à $t = 40$ h, de moins en moins inclinées

2.2.5 Quel est le facteur cinétique responsable de cette évolution ?

La concentration des réactifs : l'acide et l'alcool sont consommés, leur concentration diminue, donc la vitesse diminue.

COMPRENDRE
La température, autre facteur cinétique, n'intervient pas ici : elle reste constante pendant le chauffage à reflux.

2.3.1 Définir un catalyseur.

Un catalyseur est une espèce chimique qui augmente la vitesse d'une réaction sans figurer dans son équation : consommé puis régénéré, il ne modifie pas l'état final du système.

2.3.2 Citer un catalyseur des réactions d'estérification.

L'acide sulfurique, qui apporte des ions $\mathrm{H^+}$ (quelques gouttes d'acide concentré suffisent).

2.3.3 On ajoute un catalyseur dans le ballon. Laquelle des courbes (a) et (b) du document 4 est réellement obtenue ? Justifier.

Le catalyseur accélère la réaction mais ne change pas l'état final : l'avancement final reste $x_F = 0{,}67$ mol, atteint plus tôt.

C'est la courbe (b) : même palier à 0,67 mol que sans catalyseur, atteint en 25 h environ.

PIÈGE
Choisir (a) parce qu'elle monte plus vite. Son palier à 1,0 mol correspond à une transformation totale, ce qu'un catalyseur ne peut pas provoquer.

2.3.4 Comment peut-on obtenir l'autre courbe ?

La courbe (a) atteint $x_F = x_M = 1{,}0$ mol : la transformation y est totale (et rapide).

On l'obtient en remplaçant l'acide carboxylique par son anhydride d'acide, ou en éliminant l'eau au fur et à mesure de sa formation pour empêcher la réaction inverse.

COMPRENDRE
Mettre un réactif en excès augmente aussi le taux d'avancement, mais sans rendre la transformation totale.

3.1 Écrire l'équation de la réaction de titrage de l'acide AH par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.

$$\mathrm{AH\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow A^-\,(aq) + H_2O\,(l)}$$

COMPRENDRE
Les ions $\mathrm{Na^+}$ sont spectateurs. La trempe (refroidissement brutal) fige l'estérification, ce qui laisse le temps de titrer l'acide présent à l'instant du prélèvement.

3.2 Rappeler la définition de l'équivalence d'un titrage.

À l'équivalence, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage : ils sont tous deux entièrement consommés.

3.3 En déduire la relation entre la quantité $n_{Aéch}$ d'acide présent dans l'échantillon et le volume V_{BE} d'hydroxyde de sodium versé.

L'équation du titrage montre qu'une mole de AH réagit avec une mole de HO^-. À l'équivalence : $n_{Aéch} = n(HO^-)_{versé}$.

$$n_{Aéch} = c_B\, V_{BE}$$

3.4 À $t = 36$ h, calculer la quantité d'acide $n_{Aéch}$ présent dans l'échantillon prélevé.

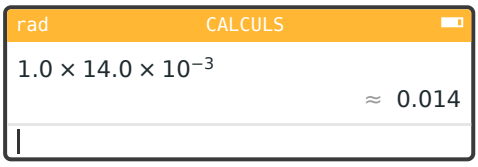
Données utiles $c_B = 1{,}0$ mol · L^{-1} ; $V_{BE} = 14{,}0$ mL

$$n_{Aéch} = c_B\, V_{BE} = 1{,}0 \times 14{,}0 \times 10^{-3}$$

$$n_{Aéch} = 1{,}4 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

PIÈGE
Laisser V_{BE} en mL : avec c_B en mol · L^{-1}, le volume doit être en litres.

À LA CALCULATRICE



3.5 Le volume initial du mélange réactionnel est $V_I = 148$ mL. En déduire la quantité n_A d'acide restant à cet instant.

Données utiles $V = 5{,}0$ mL ; $V_I = 148$ mL ; $n_{Aéch} = 1{,}4 \times 10^{-2}$ mol (3.4)

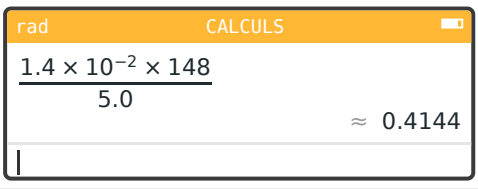
L'échantillon a la même composition que le mélange. Rapportée au mélange initial, de volume V_I supposé constant, la quantité d'acide est proportionnelle au volume :

$$n_A = n_{Aéch} \times \frac{V_I}{V} = 1{,}4 \times 10^{-2} \times \frac{148}{5{,}0} = 0{,}414 \text{ mol}$$

$$n_A \approx 0{,}41 \text{ mol}$$

COMPRENDRE
Les prélèvements retirent la même fraction de chaque espèce. Pour comparer à $n_{A0} = 1{,}0$ mol, on raisonne donc sur le volume initial V_I, comme si rien n'avait été prélevé.

À LA CALCULATRICE



4.1 Compléter le tableau d'avancement de la transformation (document 1 de l'annexe).

Tous les nombres stœchiométriques valent 1 : chaque réactif perd x mol, chaque produit gagne x mol.

$n_A = n_{A0} - x$; $n_C = n_{C0} - x$; $n_E = x$; $n_{eau} = x$ (mêmes expressions avec x_F à l'état final).

Équation de la réaction		AH(l) + C(l) = E(l) + H_2O(l)			
État	Avancement	Quantités de matière (mol)			
initial	x = 0	n_{A0} = 1,0	n_{C0} = 1,0	n_{E0} = 0	0
intermédiaire	x	$n_A = n_{A0} - x$	$n_C = n_{C0} - x$	$n_E = x$	$n_{eau} = x$
final	$x = x_F$	$n_{AF} = n_{A0} - x_F$	$n_{CF} = n_{C0} - x_F$	$n_{EF} = x_F$	$n_{eauF} = x_F$

4.1 · Document 1 complété

4.2 En déduire la relation à l'instant t entre les quantités n_A, n_{A0} et l'avancement x.

$n_A = n_{A0} - x$, soit $x = n_{A0} - n_A$

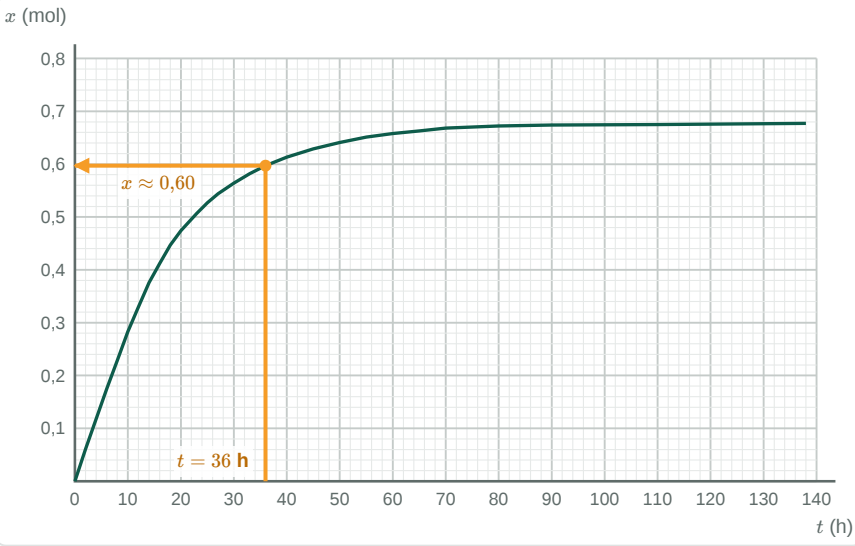
4.3 Calculer l'avancement x à l'instant $t = 36$ h et vérifier qu'il est conforme à celui donné par la courbe du document 2.

Données utiles $n_{A0} = 1{,}0$ mol ; $n_A = 0{,}41$ mol (3.5)

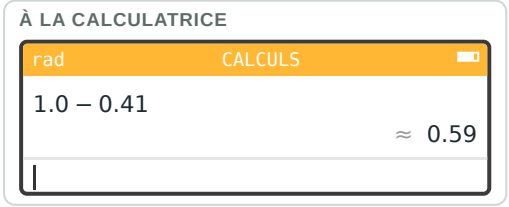
$$x = n_{A0} - n_A = 1{,}0 - 0{,}41 = 0{,}59 \text{ mol}$$

Sur le document 2, à $t = 36$ h, on lit $x \approx 0{,}60$ mol.

$x(36\text{ h}) = 0{,}59$ mol, en accord avec la courbe (lecture : 0,59 à 0,60 mol).



4.3 · Document 2 : lecture de l'avancement à $t = 36$ h



Datation des vins par radioactivité

Bac S 2011 Asie (ancien programme) · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Quand dit-on que des noyaux sont isotopes ?

Des noyaux sont isotopes s'ils ont le même nombre de protons Z mais un nombre de neutrons différent, donc un nombre de nucléons A différent.

COMPRENDRE
Même Z signifie même élément chimique : le césium 133 (stable) et le césium 137 (radioactif) ont tous deux 55 protons, mais 78 et 82 neutrons.

1.2 Qu'appelle-t-on réaction nucléaire de fission ?

La fission est une réaction nucléaire provoquée : un noyau lourd, frappé par un neutron, se casse en deux noyaux plus légers. Elle libère de l'énergie et, le plus souvent, quelques neutrons.

PIÈGE
Confondre avec la fusion (deux noyaux légers s'assemblent) ou avec une désintégration radioactive, qui est spontanée : la fission étudiée ici est déclenchée par l'impact d'un neutron.

1.3.1 Déterminer les valeurs de Z et de x dans l'équation de fission de l'uranium 235.

Données utiles $^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{137}_{53}\mathrm{I} + {}^{97}_{Z}\mathrm{Y} + x\ {}^{1}_{0}\mathrm{n}$

Conservation du nombre de charge : $92 + 0 = 53 + Z + 0$, donc $Z = 92 - 53 = 39$.

Conservation du nombre de nucléons : $235 + 1 = 137 + 97 + x$, donc $x = 236 - 234 = 2$.

$Z = 39$ et $x = 2$: $^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{137}_{53}\mathrm{I} + {}^{97}_{39}\mathrm{Y} + 2\ {}^{1}_{0}\mathrm{n}$

MÉTHODE
Deux lois de conservation (lois de Soddy), deux équations : la somme des nombres du bas (charge) et la somme des nombres du haut (nucléons) sont les mêmes de chaque côté de la flèche.

1.3.2 Expliquer pourquoi cette réaction de fission peut donner une réaction en chaîne.

Chaque fission consomme un neutron mais en libère deux. Ces deux neutrons peuvent à leur tour casser deux autres noyaux d'uranium 235, qui libèrent quatre neutrons, et ainsi de suite.

La réaction produit plus de neutrons qu'elle n'en consomme : le nombre de fissions croît très vite, c'est une réaction en chaîne.

1.3.3 Donner l'expression de la perte de masse Δm du système au cours de cette réaction. Calculer sa valeur en u, puis en kg.

Données utiles $m(\mathrm{U}) = 235{,}043930$ u ; $m(\mathrm{I}) = 136{,}917877$ u ; $m(\mathrm{Y}) = 96{,}918129$ u ; $m_n = 1{,}00866$ u ; $1\ \mathrm{u} = 1{,}66054 \times 10^{-27}$ kg

Variation de masse = masse des produits − masse des réactifs :

$$\Delta m = m(\mathrm{I}) + m(\mathrm{Y}) + 2\,m_n - m(\mathrm{U}) - m_n = m(\mathrm{I}) + m(\mathrm{Y}) + m_n - m(\mathrm{U})$$

$$\Delta m = 136{,}917877 + 96{,}918129 + 1{,}00866 - 235{,}043930 = -0{,}19926\ \mathrm{u}$$

$$\Delta m = -0{,}19926 \times 1{,}66054 \times 10^{-27} = -3{,}3088 \times 10^{-28}\ \mathrm{kg}$$

$\Delta m = -0{,}19926$ u $= -3{,}3088 \times 10^{-28}$ kg : le système perd $0{,}19926$ u.

PIÈGE
Oublier qu'un neutron figure parmi les réactifs : il reste un seul neutron dans le bilan, pas deux.

COMPRENDRE
Une somme se donne avec autant de décimales que le terme le moins précis : la masse du neutron en a cinq, d'où $0{,}19926$ u. Le signe négatif traduit une masse qui diminue.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$136.917877 + 96.918129 + 1.00866 - 235.043930 \approx -0.199264$

$0.19926 \times 1.66054 \times 10^{-27} \approx 3.308792 \times 10^{-28}$

1.3.4 Calculer en joules et en MeV l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium.

Données utiles $|\Delta m| = 3{,}3088 \times 10^{-28}$ kg $= 0{,}19926$ u (1.3.3) ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; énergie de masse de 1 u : 931,5 MeV

Énergie libérée : $E_{\text{lib}} = |\Delta m|\, c^2$

$E_{\text{lib}} = 3{,}3088 \times 10^{-28} \times (3{,}00 \times 10^{8})^2 = 2{,}98 \times 10^{-11}$ J

En MeV, une unité de masse atomique correspondant à 931,5 MeV :

$E_{\text{lib}} = 0{,}19926 \times 931{,}5 = 186$ MeV

$E_{\text{lib}} = 2{,}98 \times 10^{-11}$ J $= 186$ MeV

PIÈGE
Calculer $|\Delta m|\, c^2$ avec la masse en u : la relation exige des kilogrammes pour donner des joules.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme c. Vérification : $2{,}98 \times 10^{-11}$ J divisés par $1{,}60 \times 10^{-19}$ J par eV redonnent bien 186 MeV.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$3.3088 \times 10^{-28} \times (3.00 \times 10^{8})^{2} \approx 2.97792 \times 10^{-11}$

$0.19926 \times 931.5 \approx 185.6107$

$\dfrac{2.97792 \times 10^{-11}}{\dfrac{1.60 \times 10^{-19}}{1 \times 10^{6}}} \approx 186.12$

1.4 Nommer et donner la notation ${}^{A}_{Z}\text{X}$ de la particule émise lors d'une désintégration β^-. Combien de désintégrations β^- faut-il pour passer d'un noyau d'iode 137 à un noyau de césium 137 ?

La particule émise est un électron, noté ${}^{0}_{-1}\text{e}$.

Pour k désintégrations successives : ${}^{137}_{53}\text{I} \longrightarrow {}^{137}_{55}\text{Cs} + k\ {}^{0}_{-1}\text{e}$

Conservation du nombre de charge : $53 = 55 - k$, donc $k = 2$.

Électron ${}^{0}_{-1}\text{e}$; il faut deux désintégrations β^-.

COMPRENDRE
Chaque désintégration β^- augmente Z d'une unité sans changer A : l'iode ($Z = 53$) donne un noyau de $Z = 54$ (xénon), qui donne le césium ($Z = 55$).

2.1.1 De quel type de rayonnement parle-t-on dans le texte ?

Le noyau de baryum 137 est formé dans un état excité ; il revient à son état fondamental en émettant un photon de très grande énergie.

Il s'agit d'un rayonnement gamma (γ), onde électromagnétique très pénétrante.

2.1.2 Donner l'expression de l'énergie ΔE correspondant à l'émission du rayonnement en fonction de sa longueur d'onde λ. Calculer λ.

Données utiles $\Delta E = 6{,}62 \times 10^{5}$ eV ; $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

L'énergie du photon émis est égale à l'écart entre les deux niveaux : $\Delta E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$, donc $\lambda = \dfrac{h\,c}{\Delta E}$.

$$\Delta E = 6{,}62 \times 10^{5} \times 1{,}60 \times 10^{-19} = 1{,}06 \times 10^{-13}\ \text{J}$$

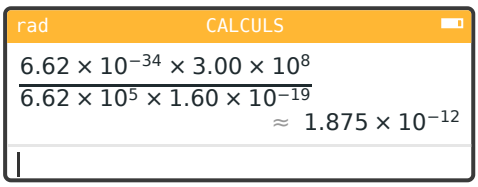
$$\lambda = \frac{6{,}62 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{6{,}62 \times 10^{5} \times 1{,}60 \times 10^{-19}} = 1{,}88 \times 10^{-12}\ \text{m}$$

$\Delta E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$ et $\lambda = 1{,}88 \times 10^{-12}$ m

PIÈGE
Laisser ΔE en électronvolts : avec h en J·s, l'énergie doit être convertie en joules.

COMPRENDRE
Environ un picomètre : c'est bien plus court que les longueurs d'onde du visible (400 à 800 nm), ce qui situe ce rayonnement dans le domaine gamma.

À LA CALCULATRICE



2.2 Donner la loi de décroissance radioactive en explicitant chaque terme.

$N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$

où $N(t)$ est le nombre de noyaux radioactifs encore présents à la date t, N_0 leur nombre à la date $t = 0$, et λ la constante radioactive du noyau (en s^{-1} si t est en s).

PIÈGE
Dans cet exercice, la lettre λ désigne deux grandeurs : la longueur d'onde (question 2.1.2) puis la constante radioactive. Préciser laquelle on utilise.

2.3 Définir le terme « temps de demi-vie ».

Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon se sont désintégrés : $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$.

COMPRENDRE
Pour le césium 137, $t_{1/2} = 30$ ans : il en reste la moitié après 30 ans, le quart après 60 ans. L'activité est divisée de la même façon.

2.4 En déduire la relation entre l'activité $A(t)$, le nombre de noyaux $N(t)$ et la constante radioactive $\lambda(\text{Cs})$ du césium 137.

Données utiles $A(t) = \left|\dfrac{\mathrm{d}N(t)}{\mathrm{d}t}\right|$

On dérive $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$: $\dfrac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t} = -\lambda\, N_0\, e^{-\lambda t} = -\lambda\, N(t)$

Comme λ et $N(t)$ sont positifs, la valeur absolue donne :

$A(t) = \lambda(\text{Cs}) \times N(t)$

COMPRENDRE
L'activité est proportionnelle au nombre de noyaux présents : elle suit donc la même loi exponentielle, $A(t) = A_0\, e^{-\lambda t}$ avec $A_0 = \lambda N_0$. C'est ce qui sert à la question 2.6.

2.5 Calculer le nombre de noyaux de césium 137 présents, en 2010, dans un litre du vin analysé.

Données utiles $A(2010) = 278$ mBq par litre ; $t_{1/2} = 30$ ans ; $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$

D'après 2.4 : $N = \dfrac{A}{\lambda} = \dfrac{A \times t_{1/2}}{\ln 2}$

Conversions : $A = 278 \times 10^{-3}$ Bq ; $t_{1/2} = 30 \times 365{,}25 \times 24 \times 3600 = 9{,}47 \times 10^{8}$ s.

$$N(2010) = \frac{278 \times 10^{-3} \times 9{,}47 \times 10^{8}}{\ln 2} = 3{,}8 \times 10^{8}$$

$N(2010) = 3{,}8 \times 10^{8}$ noyaux de césium 137 dans un litre de vin.

PIÈGE
Le becquerel est une désintégration par seconde : la demi-vie doit être en secondes et l'activité en Bq, pas en mBq.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $t_{1/2} = 30$ ans. Quelques centaines de millions de noyaux, c'est infime : moins de 10^{-15} mol dans un litre.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$30 \times 365.25 \times 24 \times 3600 \approx 9.46728 \times 10^{8}$

$\dfrac{278 \times 10^{-3} \times 946\,728\,000}{\ln(2)} \approx 3.797035 \times 10^{8}$

2.6 En prenant l'an 2000 comme origine des dates, montrer que $A_0(2000) = \dfrac{A(2010)}{e^{-\frac{\ln 2}{3}}}$.

L'activité décroît exponentiellement : $A(t) = A_0\, e^{-\lambda t}$, avec $A_0 = A_0(2000)$ et $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

En 2010, $t = 10$ ans et $t_{1/2} = 30$ ans, donc $\lambda\, t = \dfrac{\ln 2}{30} \times 10 = \dfrac{\ln 2}{3}$.

Ainsi $A(2010) = A_0(2000) \times e^{-\frac{\ln 2}{3}}$, d'où :

$A_0(2000) = \dfrac{A(2010)}{e^{-\frac{\ln 2}{3}}}$, qui est bien l'expression attendue.

MÉTHODE
Le produit λt est sans unité : en gardant t et $t_{1/2}$ tous deux en années, aucune conversion n'est nécessaire.

2.7 Calculer la valeur de $A_0(2000)$ pour un litre de ce vin.

Données utiles $A(2010) = 278$ mBq

$$A_0(2000) = \frac{278}{e^{-\frac{\ln 2}{3}}} = 350 \text{ mBq}$$

$A_0(2000) \approx 350$ mBq pour un litre de vin.

PIÈGE
Le résultat doit être supérieur à 278 mBq : on remonte dans le temps, l'activité était plus grande en 2000 qu'en 2010.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{278}{e^{\frac{-\ln(2)}{3}}} \approx 350.2581$

2.8 Utiliser la courbe du document 1 de l'annexe pour en déduire le ou les millésimes de ce vin. L'acheteur peut-il être rassuré sur l'authenticité du vin ?

Données utiles $A_0(2000) \approx 350$ mBq (2.7)

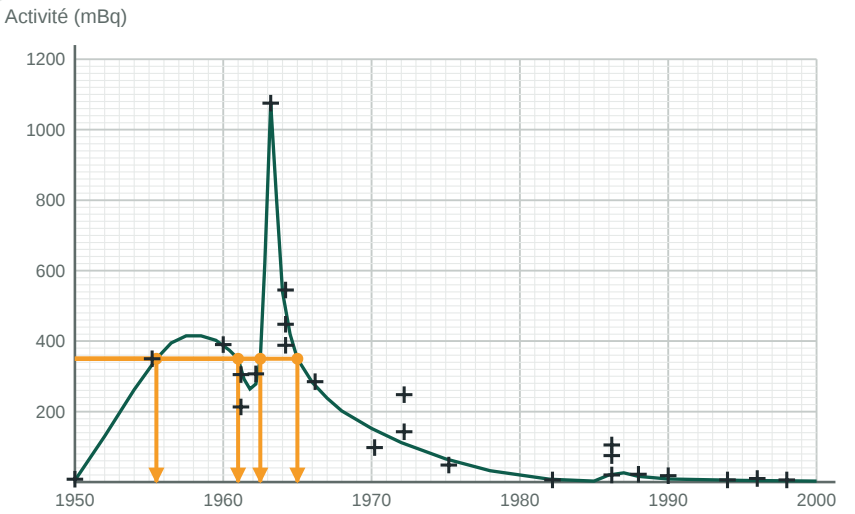
Le document 1 donne les activités mesurées en 2000 : on y trace l'horizontale d'ordonnée 350 mBq. Elle coupe la courbe en quatre points, d'abscisses voisines de 1955, 1961, 1962 et 1965.

Le millésime 1955 annoncé sur l'étiquette fait partie des valeurs possibles, mais trois autres années conviennent aussi.

Millésimes possibles : 1955, 1961, 1962 ou 1965. La mesure est compatible avec l'étiquette mais ne prouve pas que le vin date de 1955 : l'acheteur ne peut pas être totalement rassuré.

COMPRENDRE
On compare à $A_0(2000)$ et non à $A(2010)$ parce que les mesures du document ont été faites en 2000.

MÉTHODE
Une courbe qui monte puis redescend donne plusieurs antécédents pour une même ordonnée : relever toutes les intersections avant de conclure.



2.8 · Document 1 complété : l'horizontale à 350 mBq coupe la courbe vers 1955, 1961, 1962 et 1965

2.9 Pourquoi ne peut-on pas utiliser cette technique pour authentifier un vin trop jeune ou trop vieux (de 1920 par exemple) ?

Le césium 137 est artificiel : il a été dispersé dans l'environnement par les essais nucléaires atmosphériques de la période 1945-1980. Un vin de 1920 n'en contient donc pas.

Pour un vin récent, la courbe montre une activité presque nulle et quasi constante après 1990 : elle est trop faible pour être mesurée avec précision et ne permet pas de distinguer deux années.

Avant 1950 et après 1990 environ, l'activité en césium 137 est nulle ou trop faible : la méthode ne permet pas d'attribuer un millésime.

COMPRENDRE
Une activité nulle reste une information : elle montre que le vin est antérieur aux essais nucléaires, sans dire de quelle année il date.

Spécialité : Le poste à galène

Bac S 2011 Asie (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1.1 Quel est le rôle du circuit d'accord, module (a) du document 1 ?

L'antenne capte en même temps les ondes de tous les émetteurs. Le circuit d'accord (bobine et condensateur en dérivation) sélectionne, parmi tous ces signaux, celui dont la porteuse a la fréquence de l'émetteur que l'on veut écouter.

Le circuit d'accord **sélectionne la fréquence de la porteuse** de la station choisie.

1.1.2 De quel type de filtre s'agit-il ?

Le circuit ne conserve que les signaux dont la fréquence est proche de sa fréquence propre ; il atténue les fréquences plus basses et les fréquences plus hautes.

C'est un **filtre passe-bande**.

COMPRENDRE
La bande conservée est centrée sur la fréquence propre $F_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ du circuit LC. Changer C déplace cette bande : c'est ainsi que l'on change de station.

1.1.3 Sur quelle valeur fallait-il régler la capacité C pour capter les signaux de détresse des navires ?

Données utiles $F = 500$ kHz ; $L = 2{,}0 \times 10^{-4}$ H

Le circuit est accordé quand sa fréquence propre est égale à la fréquence de la porteuse :

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{donc} \quad F^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC} \quad \text{soit} \quad C = \frac{1}{4\pi^2 F^2 L}$$

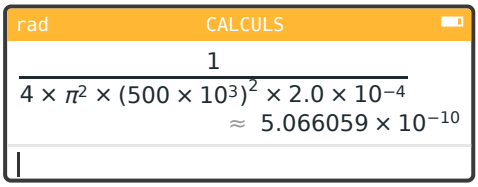
$$C = \frac{1}{4\pi^2 \times (500 \times 10^3)^2 \times 2{,}0 \times 10^{-4}} = 5{,}1 \times 10^{-10}\ \text{F}$$

$C = 5{,}1 \times 10^{-10}\ \text{F} = 0{,}51\ \text{nF}$

PIÈGE
Laisser F en kHz : il faut $F = 500 \times 10^3$ Hz. Oublier le carré sur F ou sur 2π en isolant C.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme L. Vérification : avec $C = 5{,}1 \times 10^{-10}$ F, on retrouve $\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \approx 5{,}0 \times 10^5$ Hz.

À LA CALCULATRICE



1.1.4 La fréquence $F = 500$ kHz correspond-elle à la porteuse ou au signal à transmettre ? Justifier.

Le signal à transmettre (son, message) est un signal de basse fréquence : les sons audibles ont une fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz. La fréquence $F = 500$ kHz est bien plus élevée : c'est une haute fréquence, celle de l'onde qui transporte le message, sur laquelle on règle le circuit d'accord.

$F = 500$ kHz est la fréquence de la **porteuse**.

1.1.5 Quel est l'inconvénient d'un circuit d'accord pas assez sélectif ?

Un circuit peu sélectif laisse passer une bande de fréquences trop large : il conserve aussi les porteuses d'émetteurs de fréquences voisines.

On reçoit **plusieurs stations à la fois** : les émissions se superposent et l'écoute est brouillée.

1.1.6 D'après le document 2 (spectre d'une note à l'émission puis à l'écoute, circuit d'accord trop sélectif), quelle est la qualité physiologique du son qui est modifiée ? Justifier.

Les deux spectres ont le même fondamental, de fréquence 400 Hz : la hauteur du son n'est pas modifiée.

En revanche les harmoniques n'ont plus les mêmes amplitudes relatives : à l'écoute, l'harmonique de fréquence 1200 Hz a presque disparu.

C'est le **timbre** du son qui est modifié.

PIÈGE
Répondre « la hauteur » : elle ne dépend que de la fréquence du fondamental, qui reste 400 Hz sur les deux spectres.

COMPRENDRE
Hauteur, timbre et harmoniques ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale. Hauteur = fréquence du fondamental ; timbre = nombre et amplitudes relatives des harmoniques.

1.2.1 Quel est le rôle du cristal de galène dans le détecteur de crête, module (b) ?

Le cristal de galène se comporte comme une diode : il ne laisse passer le courant que dans un seul sens. Il supprime donc les alternances négatives de la tension modulée (redressement) : le condensateur C' peut se charger pendant les alternances positives, mais il ne peut pas se décharger à travers le circuit d'accord.

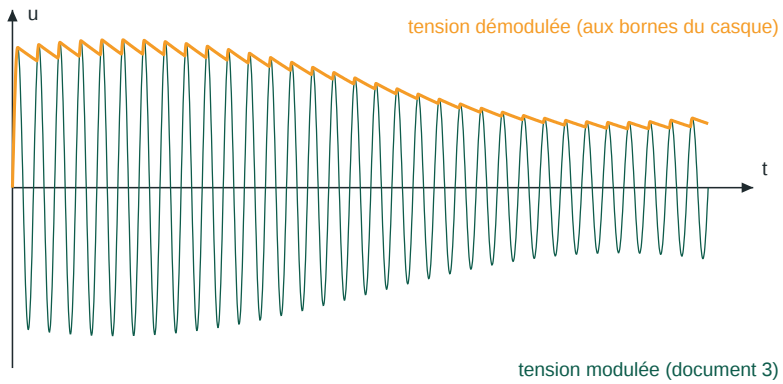
La galène joue le rôle d'une **diode** : elle ne conserve que les alternances positives de la tension modulée.

1.2.2 Représenter sur le document 3 la tension aux bornes du casque à la sortie du détecteur de crête (tension démodulée) dans le cas d'une bonne démodulation, la galène étant une diode idéale.

La tension démodulée suit l'enveloppe supérieure de la tension modulée : elle passe par chaque crête positive (diode idéale, tension de seuil nulle), puis décroît légèrement jusqu'à la crête suivante. Elle reste toujours positive.

Courbe en dents de scie très fines reliant les sommets des alternances positives (tracé orange).

PIÈGE
Tracer aussi l'enveloppe inférieure, ou une courbe qui passe au-dessus des crêtes : la tension démodulée ne dépasse jamais la tension modulée et ne devient jamais négative.



1.2.2 · Document 3 complété : la tension démodulée suit les crêtes de la tension modulée

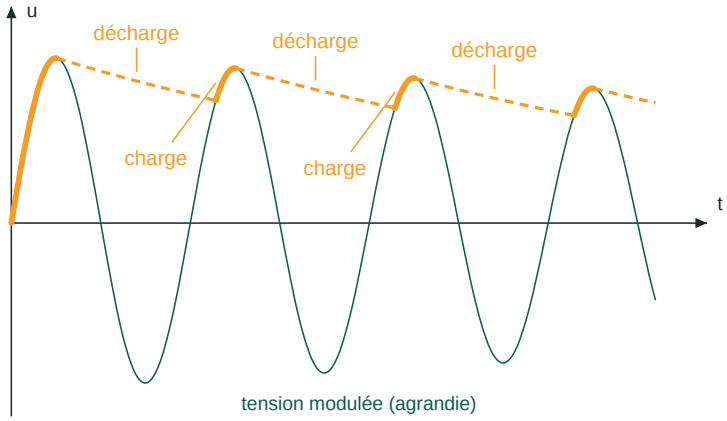
1.2.3 Indiquer sur ce graphe les parties qui correspondent à la charge du condensateur et celles qui correspondent à la décharge.

Charge : parties montantes, confondues avec la tension modulée juste avant chaque crête. La diode est passante, le condensateur C' se charge jusqu'à la valeur de crête.

Décharge : parties descendantes, entre deux crêtes successives. La tension modulée est devenue inférieure à celle du condensateur, la diode est bloquée et C' se décharge dans le casque (résistance R).

Charge : montée vers chaque crête (diode passante) ; **décharge** : descente entre deux crêtes (diode bloquée).

MÉTHODE
Pour repérer les deux phases, comparer la tension modulée à la tension du condensateur : si la première atteint la seconde, la diode conduit (charge) ; sinon elle est bloquée (décharge dans R).



1.2.3 · Agrandissement de quelques périodes : trait épais = charge, tirets = décharge

1.2.4 Que se passe-t-il si la constante de temps du dipôle RC' est trop grande ?

Si $\tau = RC'$ est trop grande, le condensateur se décharge trop lentement dans le casque. Lorsque l'amplitude de la tension modulée diminue, la tension aux bornes du condensateur ne décroît pas assez vite : elle passe au-dessus des crêtes suivantes et ne suit plus l'enveloppe.

La tension démodulée **ne suit plus l'enveloppe** : le signal restitué est déformé, la démodulation est mauvaise.

COMPRENDRE
À l'inverse, si τ est trop petite, le condensateur se décharge presque entièrement entre deux crêtes : la tension démodulée garde de fortes ondulations à la fréquence de la porteuse.

1.2.5 Choisir dans la liste la capacité du condensateur C' à associer au casque pour écouter France-Inter dans de bonnes conditions.

Données utiles $R = 1{,}0\ \text{k}\Omega$; $F = 162\ \text{kHz}$; $f < 4{,}5\ \text{kHz}$; condition $\frac{1}{F} \ll \tau < \frac{1}{f}$; liste : 100 pF ; 1,0 nF ; 10 nF ; 100 nF ; 1,0 µF

Bornes de la double inégalité, la condition devant être vérifiée jusqu'à la plus grande fréquence $f = 4{,}5$ kHz :

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{162 \times 10^3} = 6{,}17 \times 10^{-6}\ \text{s} \qquad \frac{1}{f} = \frac{1}{4{,}5 \times 10^3} = 2{,}2 \times 10^{-4}\ \text{s}$$

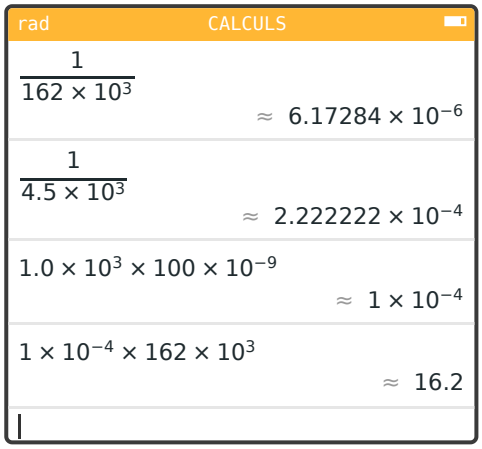
Constante de temps $\tau = RC'$ avec $R = 1{,}0 \times 10^3\ \Omega$, pour chaque capacité :

- 100 pF : $\tau = 1{,}0 \times 10^{-7}$ s ; 1,0 nF : $\tau = 1{,}0 \times 10^{-6}$ s : inférieures à $\frac{1}{F}$, à rejeter.
- 10 nF : $\tau = 1{,}0 \times 10^{-5}$ s : seulement 1,6 fois $\frac{1}{F}$, pas « très supérieure ».
- 100 nF : $\tau = 1{,}0 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-9} = 1{,}0 \times 10^{-4}$ s : 16 fois $\frac{1}{F}$ et inférieure à $\frac{1}{f}$.
- 1,0 µF : $\tau = 1{,}0 \times 10^{-3}$ s : supérieure à $\frac{1}{f}$, à rejeter.

Il faut choisir $C' = 100\ \text{nF}$ ($\tau = 1{,}0 \times 10^{-4}$ s).

PIÈGE
Retenir 10 nF parce que τ est comprise entre les deux bornes : le symbole $\ll$ exige au moins un facteur 10. Penser aussi à convertir : 1 nF = 10^{-9} F, 1 kΩ = 10^3 Ω.

À LA CALCULATRICE



2.1 Rechercher dans le texte encadré d'où provient l'énergie nécessaire au fonctionnement du poste à galène.

D'après le texte : « l'énergie fournie par l'onde et convertie en énergie électrique par l'antenne est suffisante pour une écoute sur casque ».

L'énergie provient de **l'onde radio** (onde électromagnétique) captée par l'antenne, qui la convertit en énergie électrique.

2.2.1 Quel filtre utilise-t-on pour supprimer la tension continue ?

Une tension continue correspond à une fréquence nulle. Il faut donc un filtre qui élimine les très basses fréquences et laisse passer les fréquences plus élevées du signal sonore.

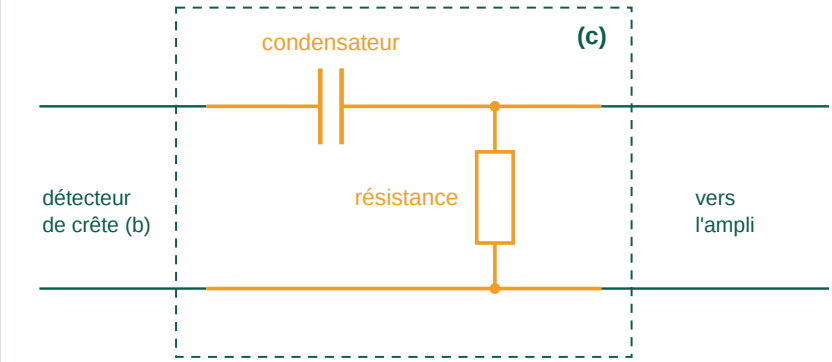
On utilise un **filtre passe-haut**.

2.2.2 Représenter ce filtre dans le cadre (c) du document 4.

Le filtre passe-haut est un dipôle RC : un condensateur placé en série sur le fil qui relie le détecteur de crête à l'ampli, suivi d'un conducteur ohmique en dérivation entre les deux fils. La tension de sortie, envoyée vers l'ampli, est prise aux bornes du conducteur ohmique.

Condensateur **en série**, conducteur ohmique **en dérivation** à la sortie (tracé orange).

COMPRENDRE
En régime permanent, un condensateur ne laisse passer aucun courant continu : la composante continue reste à ses bornes et seule la partie variable de la tension se retrouve aux bornes du conducteur ohmique.



2.2.2 · Cadre (c) du document 4 complété : filtre passe-haut (condensateur en série, résistance en dérivation)

Bobine d'une pédale wha-wha

Bac S 2011 Asie (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Déterminer la période de la tension délivrée par le GBF, puis en déduire sa fréquence.

Données utiles document 2 : courbe $i(t)$, de même période que la tension du GBF

L'intensité $i(t)$ a la même période que la tension du générateur. Sur le document 2, deux maximums successifs se trouvent en $t = 2{,}0$ ms et $t = 4{,}0$ ms : $T = 2{,}0$ ms.

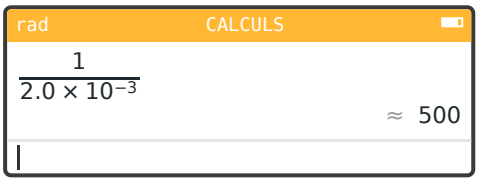
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}0 \times 10^{-3}}$$

$T = 2{,}0$ ms et $f = 5{,}0 \times 10^{2}$ Hz

PIÈGE
Laisser la période en millisecondes dans le calcul : on trouverait 0,50 au lieu de 500 Hz.

COMPRENDRE
La lecture graphique donne deux chiffres significatifs (2,0 ms) : la fréquence s'écrit donc $5{,}0 \times 10^{2}$ Hz.

À LA CALCULATRICE



1.2 Quel traitement mathématique demander au logiciel pour obtenir la courbe de l'intensité en fonction du temps ?

Données utiles $u_{AM}(t) = -R\,i(t)$; $R = 10\ \text{k}\Omega$

L'interface mesure la tension $u_{AM}(t)$ sur la voie 2. Comme $u_{AM}(t) = -R\,i(t)$, on demande au logiciel de calculer, à chaque instant, l'opposé de cette tension divisé par la résistance, avec $R = 10 \times 10^{3}\ \Omega$.

$$i(t) = -\frac{u_{AM}(t)}{R}$$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ » : la flèche de u_{AM} est dans le même sens que i (convention générateur), la courbe obtenue serait inversée.

COMPRENDRE
Une interface d'acquisition ne mesure que des tensions. Le conducteur ohmique sert de capteur de courant : sa tension est proportionnelle à i.

1.3 Expliquer pourquoi on peut écrire $i(t) = a\,t + b$ pendant des intervalles égaux à une demi-période.

Sur le document 2, la courbe $i(t)$ est triangulaire : sur chaque demi-période (par exemple entre 1,0 ms et 2,0 ms, puis entre 2,0 ms et 3,0 ms), elle est formée d'un segment de droite.

Sur chaque demi-période, i est une fonction affine du temps : $i(t) = a\,t + b$, avec a positif quand i augmente et négatif quand i diminue.

COMPRENDRE
Les coefficients a et b changent d'une demi-période à la suivante : la pente garde la même valeur absolue mais change de signe.

1.4 Donner l'expression littérale de $u_{BM}(t)$ en fonction de L et de $\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$.

La bobine est fléchée en convention récepteur et sa résistance interne est négligée.

$$u_{BM}(t) = L\,\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$$

COMPRENDRE
Avec une résistance interne r, on aurait $u_{BM} = L\,\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + r\,i$. Ici, i affine donne une tension constante par demi-période : c'est le signal en créneaux du document 3.

1.5 À partir de la modélisation, calculer $\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ dans l'intervalle [3,0 ms ; 4,0 ms], puis déterminer la valeur de l'inductance L.

Données utiles sur [3,0 ms ; 4,0 ms] : $i(t) = 1{,}19\,t - 0{,}0042$ (i en A, t en s) ; $u_{BM} = 0{,}26$ V

La dérivée de la fonction affine est son coefficient directeur : $\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = 1{,}19\ \mathrm{A\cdot s^{-1}}$.

D'après la question 1.4 : $L = \dfrac{u_{BM}}{\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}}$

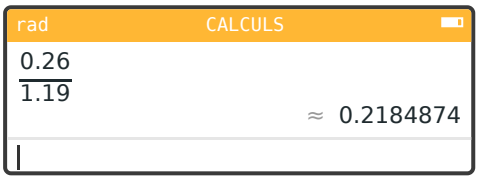
$$L = \frac{0{,}26}{1{,}19} = 0{,}22\ \mathrm{H}$$

$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = 1{,}19\ \mathrm{A\cdot s^{-1}}$ et $L = 0{,}22\ \mathrm{H}$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme u_{BM}. La valeur est inférieure aux 0,50 H recherchés : Tony doit encore ajouter des spires à sa bobine.

MÉTHODE
Vérifier l'ordre de grandeur sur le document 2 : i passe d'environ $-560\ \mu$A à $+570\ \mu$A en 1,0 ms, soit une pente voisine de $1{,}1\ \mathrm{A\cdot s^{-1}}$.

À LA CALCULATRICE



2.1 Établir l'équation différentielle (1) vérifiée par $u_c(t)$ en précisant la loi utilisée.

Loi des mailles (additivité des tensions), interrupteur fermé et résistance négligée : $u_c + u_L = 0$.

Bobine en convention récepteur : $u_L = L\,\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$.

Condensateur en convention récepteur : $i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$ et $q = C\,u_c$, donc $i = C\,\frac{\mathrm{d}u_c}{\mathrm{d}t}$ (C constante), puis $\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = C\,\frac{\mathrm{d}^2u_c}{\mathrm{d}t^2}$.

En remplaçant : $u_c + LC\,\frac{\mathrm{d}^2u_c}{\mathrm{d}t^2} = 0$, puis on divise par LC.

$$\frac{\mathrm{d}^2u_c}{\mathrm{d}t^2} + \frac{1}{LC}\,u_c = 0$$

PIÈGE
Écrire $u_c = u_L$ sans regarder les flèches : sur le document 4 elles se suivent le long de la maille, leur somme est nulle. Un signe faux donne une équation sans oscillations.

MÉTHODE
Toujours trois étapes : 1) loi des mailles ; 2) relation tension-courant de chaque dipôle, avec sa convention ; 3) tout exprimer en fonction de la seule grandeur demandée, ici u_c.

2.2 Nommer le régime des oscillations observées sur le document 5.

La tension u_c oscille autour de zéro avec une amplitude qui diminue au cours du temps.

Le régime est **pseudo-périodique**.

COMPRENDRE
Le régime serait périodique si l'amplitude restait constante (résistance nulle), et apériodique, sans oscillation, si la résistance était trop grande.

2.3 À partir du document 5, déterminer précisément le temps caractéristique T des oscillations en expliquant la méthode.

T est la pseudo-période. Pour réduire l'incertitude de lecture, on mesure la durée de plusieurs pseudo-périodes.

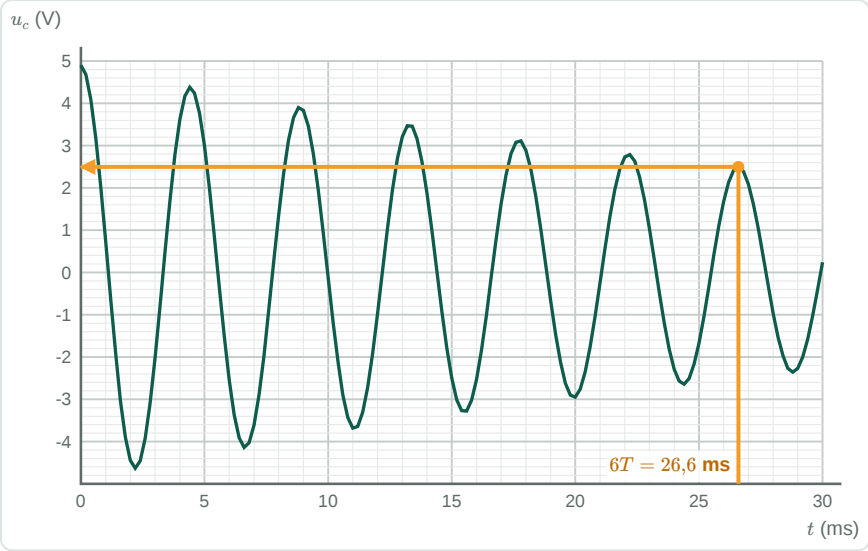
La courbe part d'un maximum en $t = 0$; le sixième maximum suivant est atteint en $t = 26{,}6$ ms. Ces deux dates sont séparées par six pseudo-périodes :

$$T = \frac{26{,}6}{6} = 4{,}43\ \mathrm{ms}$$

$T \approx 4{,}4\ \mathrm{ms}$

PIÈGE
Se tromper d'un en comptant : entre le maximum initial et le sixième suivant, il y a six intervalles, pas sept.

MÉTHODE
Mesurer n périodes puis diviser par n : l'erreur de lecture est elle aussi divisée par n. On peut aussi compter entre deux passages par zéro dans le même sens.



2.3 · Document 5 : six pseudo-périodes entre le maximum initial et le sixième maximum suivant

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{26.6}{6} \approx 4.433333$

2.4 En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine fabriquée par Tony.

Données utiles $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$; $C = 1{,}0\ \mu\text{F}$; $T = 4{,}43$ ms (2.3)

L'amortissement est faible : la pseudo-période est pratiquement égale à la période propre, $T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.

On élève au carré : $T^2 = 4\pi^2 LC$, d'où $L = \dfrac{T^2}{4\pi^2 C}$.

$$L = \frac{(4{,}43 \times 10^{-3})^2}{4\pi^2 \times 1{,}0 \times 10^{-6}} = 0{,}50\ \text{H}$$

$L = 0{,}50$ H

PIÈGE
Conversions : T en secondes et C en farads ($1{,}0\ \mu\text{F} = 1{,}0 \times 10^{-6}$ F). Ne pas oublier le carré sur T et sur 2π.

COMPRENDRE
Tony obtient cette fois l'inductance de 0,50 H recherchée pour sa pédale.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{(4.43 \times 10^{-3})^2}{4 \times \pi^2 \times 1.0 \times 10^{-6}} \approx 0.4971045$

3.1 Par un raisonnement physique simple, identifier les courbes 1 et 2 du document 6.

À $t = 0$, le condensateur est chargé : u_c est maximale, donc l'énergie électrique $E_{\text{él}} = \dfrac{1}{2} C\, u_c^2$ est maximale. Le circuit vient d'être fermé : $i = 0$, donc l'énergie magnétique $E_m = \dfrac{1}{2} L\, i^2$ est nulle.

Sur le document 6, la courbe 2 (trait plein) part de sa valeur maximale à $t = 0$ et la courbe 1 (pointillés) part de zéro.

Courbe 2 : énergie électrique $E_{\text{él}}$ du condensateur ; courbe 1 : énergie magnétique E_m de la bobine.

COMPRENDRE
Les deux énergies varient en opposition : quand le condensateur est déchargé ($u_c = 0$), l'intensité est maximale et l'énergie est dans la bobine.

3.2 Quel est le phénomène à l'origine de la diminution de l'énergie stockée dans le circuit ?

La résistance totale du circuit (fil de la bobine, connexions) n'est pas nulle. À chaque passage du courant, une partie de l'énergie est convertie en énergie thermique, cédée au milieu extérieur.

La diminution de l'énergie totale est due à l'**effet Joule** dans la résistance du circuit.

COMPRENDRE
C'est cette perte qui fait décroître les maximums du document 6 et l'amplitude de u_c sur le document 5.