Corrigé complet — Bac S 2007 Polynésie (ancien programme)

Physique-chimie, Bac S (épreuve écrite) **16 points** **3 h 30**

Ex 1	**Physique, chimie et stimulateur cardiaque** Décharge d'un condensateur · Circuit RC et constante de temps · Équation différentielle du premier ordre · Fonctionnement d'une pile · Quotient de réaction · Capacité électrique d'une pile	7 pts	1 h 31	6 questions	p. 2
Ex 2	**A propos du lait** Molécules tensioactives · Couple acide-base et constante d'acidité · Taux d'avancement final · Titrage avec indicateur coloré · Concentration en masse	4 pts	52 min	8 questions	p. 8
Ex 3	**Spécialité : Jus de citron dans la confiture** Couple acide-base et diagramme de prédominance · Groupes caractéristiques · Oxydant et réducteur · Titrage indirect du diiode · Tableau d'avancement · Dilution	4 pts	52 min	11 questions	p. 12
Ex 4	**Galiléo** Force d'interaction gravitationnelle · Deuxième loi de Newton · Mouvement circulaire uniforme · Période de révolution · Troisième loi de Kepler	5 pts	1 h 05	14 questions	p. 15

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.

Physique, chimie et stimulateur cardiaque

Bac S 2007 Polynésie (ancien programme) · Exercice 1 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1 Partie I. a) Déterminer graphiquement la valeur de la tension E. b) Déterminer graphiquement la constante de temps τ de la décharge, en justifiant brièvement.

a. Le condensateur a été chargé sous la tension E : au début de la décharge, $u_C(0) = E$. On lit l'ordonnée à l'origine de la courbe de l'annexe.

$$E = 5{,}6 \text{ V}$$

b. Lors d'une décharge, à la date $t = \tau$, la tension ne vaut plus que 37 % de sa valeur initiale :

$u_C(\tau) = E\,\mathrm{e}^{-1} = 0{,}37 \times 5{,}6 = 2{,}1$ V

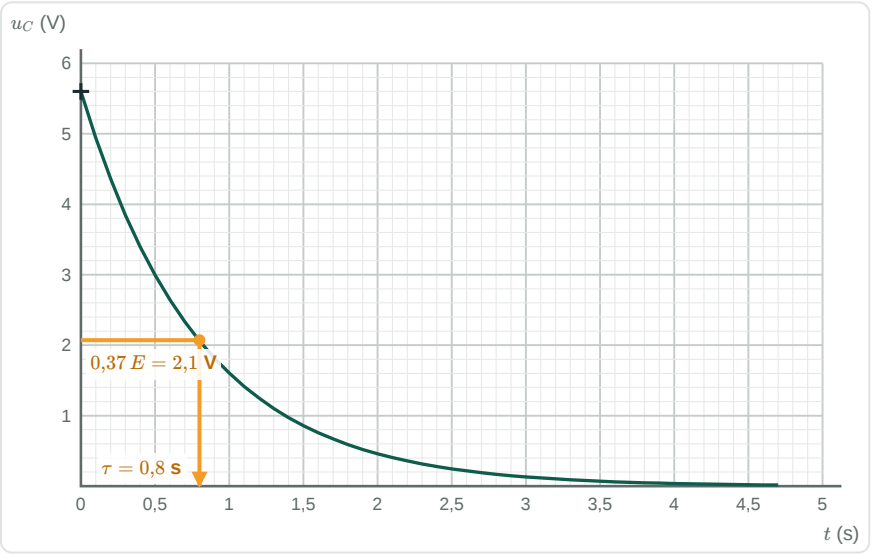
Sur l'annexe, l'horizontale d'ordonnée $2{,}1$ V coupe la courbe en un point d'abscisse $0{,}8$ s.

$$\tau = 0{,}8 \text{ s}$$

COMPRENDRE
La tension aux bornes d'un condensateur ne subit pas de saut : à la fermeture de K, u_C part de la valeur acquise pendant la charge, puis décroît.

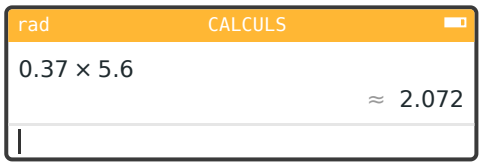
COMPRENDRE
Chiffres significatifs : E est lue avec deux chiffres, on écrit donc $2{,}1$ V. La lecture de τ sur le quadrillage se fait à environ $0{,}05$ s près.

MÉTHODE
Autre tracé possible : la tangente à la courbe en $t = 0$ coupe l'axe des abscisses à $t = \tau$. Il est moins précis, car la pente d'une tangente tracée à la main est incertaine.



1 · Annexe complétée : lecture de E à $t = 0$, puis de τ à $0{,}37\,E$

À LA CALCULATRICE



2 Partie I. a) Avec les notations du schéma, donner la relation entre l'intensité i et la charge q d'une armature (à préciser), puis la relation entre u_R et i. b) En déduire que u_C vérifie l'équation différentielle $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \dfrac{1}{RC}\,u_C = 0$. c) Montrer que l'équation différentielle admet une solution de la forme $u_C(t) = A\,\exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right)$. Exprimer A et τ en fonction de E, C et R. d) À l'aide de la valeur de τ obtenue en 1-b, calculer la valeur de R.

Données utiles $\tau = 0{,}8$ s (1.b) ; $C = 0{,}40\ \mu\text{F} = 0{,}40 \times 10^{-6}$ F

a. On note q la charge de l'armature A. La flèche de u_C pointe vers A, donc $q = C\,u_C$. En suivant le sens choisi pour i sur le schéma (de B vers A en passant par R), le courant arrive sur l'armature A :

$$i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$$

Dans le conducteur ohmique, les flèches de i et de u_R sont de même sens (convention générateur), d'où le signe moins dans la loi d'Ohm.

$$i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} \text{ avec } q = q_A, \text{ et } u_R = -R\,i$$

PIÈGE
Écrire $u_R = R\,i$ par habitude. Cette forme suppose des flèches de sens opposés, ce qui n'est pas le cas sur ce schéma.

PIÈGE
Laisser la capacité en microfarads : on obtiendrait $2\ \Omega$, valeur incompatible avec la résistance « de valeur élevée » annoncée par le document.

b. Interrupteur fermé, le condensateur et le conducteur ohmique sont branchés entre les mêmes points : $u_C = u_R$.

Comme $q = C\,u_C$ avec C constante : $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

Donc $u_C = u_R = -R\,i = -R\,C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$, soit $R\,C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C = 0$.

En divisant par $R\,C$:

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{RC}\,u_C = 0}$$

c. On dérive la fonction proposée : $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = -\dfrac{A}{\tau}\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$.

On reporte dans l'équation différentielle :

$$-\frac{A}{\tau}\,\mathrm{e}^{-t/\tau} + \frac{A}{RC}\,\mathrm{e}^{-t/\tau} = A\,\mathrm{e}^{-t/\tau}\left(\frac{1}{RC} - \frac{1}{\tau}\right) = 0$$

Le facteur $A\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$ n'étant jamais nul, l'égalité est vraie à chaque instant si $\dfrac{1}{RC} - \dfrac{1}{\tau} = 0$, donc si $\tau = R\,C$.

Condition initiale : $u_C(0) = A\,\mathrm{e}^{0} = A$ et $u_C(0) = E$, donc $A = E$.

$$\boxed{A = E \text{ et } \tau = R\,C, \text{ soit } u_C(t) = E\,\exp\left(-\frac{t}{RC}\right)}$$

d. $\tau = R\,C$ donc $R = \dfrac{\tau}{C}$

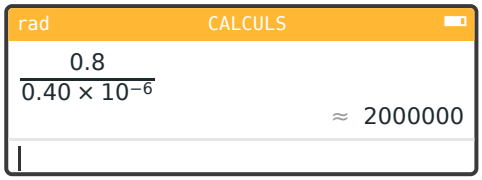
$$R = \frac{0{,}8}{0{,}40 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{6}\ \Omega$$

$$\boxed{R = 2 \times 10^{6}\ \Omega = 2\ \mathrm{M\Omega}}$$

COMPRENDRE

La lecture graphique de τ ne donne qu'un chiffre sûr, d'où un seul chiffre significatif pour R. Avec la valeur $0{,}80$ s admise dans la partie 3, on écrirait $R = 2{,}0\ \mathrm{M\Omega}$.

À LA CALCULATRICE



3 Partie I. a) Calculer la valeur de u_R qui déclenche l'envoi d'une impulsion vers le cœur. b) À quelle date, après le début de la décharge, cette valeur est-elle atteinte ? c) Que se passe-t-il après cette date ? Représenter l'allure de u_R au cours du temps pendant la génération des impulsions, avec les valeurs remarquables. d) Déterminer la fréquence des impulsions, en hertz puis en impulsions par minute. Vérifier la compatibilité avec une fréquence cardiaque normale.

Données utiles $u_R(t) = 5{,}6\ \exp\left(-\dfrac{t}{0{,}80}\right)$, avec u_R en volts et t en secondes

a. Valeur initiale : $u_R(0) = 5{,}6 \times \mathrm{e}^{0} = 5{,}6$ V.

L'impulsion part lorsque u_R atteint e^{-1} fois cette valeur :

$u_R = 5{,}6 \times \mathrm{e}^{-1} = 2{,}1$ V

$u_R = 2{,}1$ V

b. On cherche t tel que $5{,}6\ \exp\left(-\dfrac{t}{0{,}80}\right) = 5{,}6\,\mathrm{e}^{-1}$.

Deux exponentielles sont égales si leurs exposants le sont : $\dfrac{t}{0{,}80} = 1$.

$t = 0{,}80$ s

c. À $t = 0{,}80$ s, l'impulsion est envoyée et l'interrupteur revient en position 1. Le condensateur se recharge presque instantanément à travers r : la tension remonte à $5{,}6$ V. L'interrupteur repasse en position 2 et une nouvelle décharge commence, identique à la précédente.

La tension u_R est donc périodique, en « dents de scie » : décroissance exponentielle de $5{,}6$ V à $2{,}1$ V pendant $0{,}80$ s, puis remontée verticale.

Motif répété toutes les $0{,}80$ s, entre $5{,}6$ V et $2{,}1$ V ; une impulsion à $0{,}80$ s, $1{,}6$ s, $2{,}4$ s…

d. La recharge étant quasi instantanée, la période des impulsions est $T = 0{,}80$ s.

$f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{0{,}80} = 1{,}25$ Hz $\approx 1{,}3$ Hz

En une minute : $\dfrac{60}{0{,}80} = 75$ impulsions.

$f \approx 1{,}3$ Hz, soit 75 impulsions par minute : valeur conforme au rythme d'un cœur au repos (entre 60 et 100 battements par minute environ).

PIÈGE

Tracer des segments de droite entre $5{,}6$ V et $2{,}1$ V, ou laisser la tension descendre jusqu'à zéro. Chaque décharge est une portion d'exponentielle, interrompue à $2{,}1$ V.

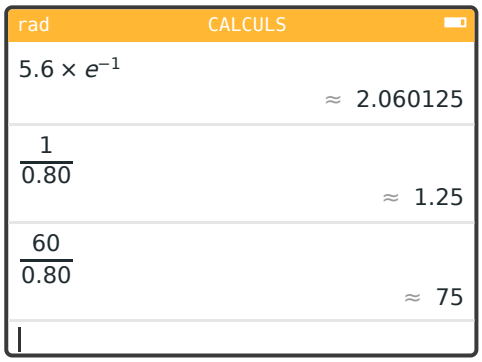
PIÈGE

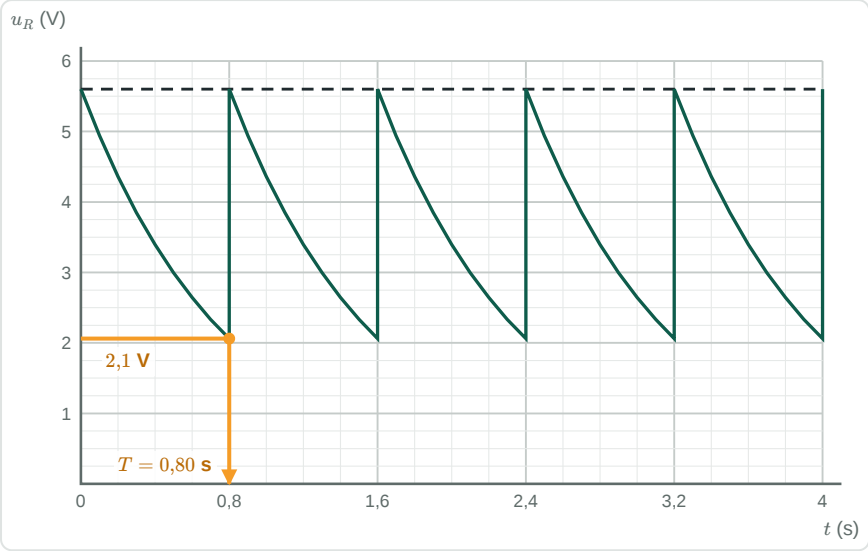
Convertir en multipliant la valeur arrondie : $1{,}3 \times 60 = 78$. On garde $1{,}25$ Hz dans le calcul et on n'arrondit que le résultat final.

COMPRENDRE

Cette date est la constante de temps τ du circuit. Le seuil de déclenchement choisi (e^{-1} fois la valeur initiale) fait de $\tau = RC$ la durée qui sépare deux impulsions.

À LA CALCULATRICE





3 · Allure de $u_R(t)$: décharges de 5,6 V à 2,1 V, recharges quasi instantanées, période $0{,}80$ s

1 Partie II. Répondre par vrai ou faux en justifiant : a) L'électrode de lithium est le pôle négatif de la pile. b) Lors de son fonctionnement, la pile constitue un système chimique en équilibre. c) Lors du fonctionnement de la pile, le quotient de réaction Q_r est inférieur à la constante d'équilibre K. d) La pile est usée lorsque tous les ions Li^+ ont été consommés.

a. À cette électrode, $\mathrm{Li} = \mathrm{Li}^+ + \mathrm{e}^-$: le lithium est oxydé et libère des électrons, qui partent dans le circuit extérieur. Les électrons sortent d'une pile par sa borne négative.

VRAI

b. Une pile qui débite un courant est le siège d'une transformation chimique : des électrons sont échangés et les quantités de matière varient. Le système est hors équilibre. À l'équilibre, plus aucun courant ne circule.

FAUX

c. La réaction de fonctionnement se fait spontanément dans le sens direct (le lithium est consommé). D'après le critère d'évolution spontanée, un système évolue dans le sens direct lorsque $Q_r < K$.

VRAI

d. Dans l'équation $\mathrm{Li} = \mathrm{Li}^+ + \mathrm{e}^-$, les ions Li^+ sont un produit : ils sont formés et non consommés. C'est le lithium métallique qui disparaît ; la pile est usée lorsqu'un réactif est épuisé.

FAUX

COMPRENDRE

Tant que la pile débite, Q_r augmente et se rapproche de K. Si l'égalité $Q_r = K$ était atteinte, la pile ne fournirait plus de courant : elle serait usée.

MÉTHODE

Dans une pile, l'électrode où a lieu l'oxydation (l'anode) est toujours le pôle négatif ; celle où a lieu la réduction (la cathode) est le pôle positif.

2 Partie II. a) Montrer par analyse dimensionnelle qu'une quantité d'électricité peut s'exprimer en ampère-heure, et justifier l'égalité $1\ \text{A}\cdot\text{h} = 3600\ \text{C}$. b) Calculer, en coulombs puis en ampères-heures, la quantité d'électricité que pourrait fournir une pile contenant 1,0 g de lithium.

Données utiles $m = 1{,}0\ \text{g}$; $M(\text{Li}) = 6{,}9\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $F = 9{,}65\times10^{4}\ \text{C}\cdot\text{mol}^{-1}$

a. La quantité d'électricité transportée par un courant d'intensité constante I pendant la durée Δt est $Q = I\,\Delta t$.

Sa dimension est donc celle d'une intensité multipliée par un temps : $[Q] = \text{I}\cdot\text{T}$. Elle peut s'exprimer avec une unité d'intensité multipliée par une unité de durée, quelle qu'elle soit : A·s (c'est le coulomb) ou A·h.

Comme $1\ \text{h} = 3600\ \text{s}$: $1\ \text{A}\cdot\text{h} = 1\ \text{A}\times 3600\ \text{s} = 3600\ \text{A}\cdot\text{s}$.

$$1\ \text{A}\cdot\text{h} = 3600\ \text{C}$$

b. D'après $\text{Li} = \text{Li}^{+} + \text{e}^{-}$, chaque atome de lithium consommé libère un électron : $n(\text{e}^{-}) = n(\text{Li}) = \dfrac{m}{M}$.

La charge d'une mole d'électrons est le faraday F (le sujet l'écrit en C ; son unité est le $\text{C}\cdot\text{mol}^{-1}$), d'où :

$$Q_{max} = n(\text{e}^{-})\,F = \frac{m}{M}\,F = \frac{1{,}0}{6{,}9}\times 9{,}65\times10^{4} = 1{,}4\times10^{4}\ \text{C}$$

En ampères-heures : $Q_{max} = \dfrac{1{,}40\times10^{4}}{3600} = 3{,}9\ \text{A}\cdot\text{h}$

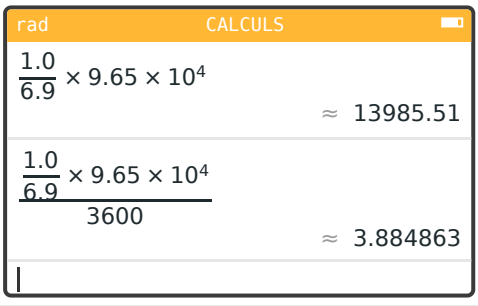
$$Q_{max} = 1{,}4\times10^{4}\ \text{C} = 3{,}9\ \text{A}\cdot\text{h}$$

PIÈGE
Confondre l'ampère-heure avec des « ampères par heure ». C'est un produit : la charge débitée par un courant de 1 A pendant 1 h.

PIÈGE
Diviser la valeur déjà arrondie $1{,}4\times10^{4}$ par 3600 donne aussi $3{,}9$ ici, mais mieux vaut garder la valeur de la calculatrice pour enchaîner.

COMPRENDRE
Le résultat rejoint le tableau de la question 3 : $3{,}9\ \text{A}\cdot\text{h}$ pour 1,0 g, c'est $3{,}9\times10^{3}\ \text{A}\cdot\text{h}\cdot\text{kg}^{-1}$, la capacité massique du lithium (3880).

À LA CALCULATRICE



3 Partie II. a) Pour une même intensité débitée, comment évolue la durée de fonctionnement de la pile en fonction de sa « capacité massique » ? b) Pourquoi utilise-t-on des piles au lithium pour alimenter les stimulateurs cardiaques ?

a. Pour une masse m d'élément, la quantité d'électricité disponible est $Q_{max} = \text{capacité massique} \times m$. La durée de fonctionnement sous l'intensité I est $\Delta t = \dfrac{Q_{max}}{I}$.

À masse et intensité égales, la durée de fonctionnement est proportionnelle à la capacité massique : plus celle-ci est grande, plus la pile dure longtemps.

b. Le lithium a, de loin, la plus grande capacité massique du tableau : $3880\ \text{A} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$, près de cinq fois celle de l'argent et environ huit fois celle du zinc ou du cadmium.

Une pile au lithium fournit une longue durée de fonctionnement pour une très faible masse : le boîtier peut être miniaturisé et la pile, implantée dans le corps, n'a pas à être remplacée souvent.

COMPRENDRE
Remplacer la pile impose une intervention chirurgicale. L'autonomie et la petite taille comptent donc bien plus ici que pour un appareil ordinaire.

A propos du lait

Bac S 2007 Polynésie (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Partie I. a) Reformuler en langage scientifique : « du beurre fondu et de l'eau restent séparés ». b) Donner l'adjectif qui qualifie la partie soluble dans l'eau des molécules tensioactives.

a. Le beurre fondu est une matière grasse liquide ; mélangé à l'eau, il forme une phase distincte.

Le beurre fondu et l'eau sont deux liquides **non miscibles**.

b. Cette partie a de l'affinité pour l'eau.

La partie soluble dans l'eau est **hydrophile**.

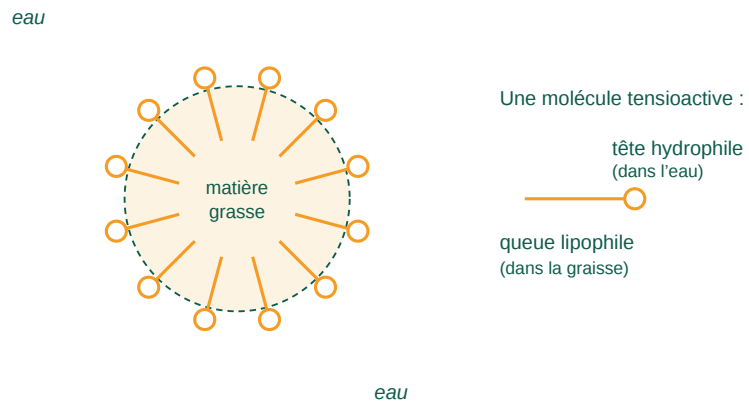
COMPRENDRE
L'autre partie, soluble dans la graisse, est dite lipophile (ou hydrophobe). « Miscible » se dit de deux liquides ; « soluble » se dit d'une espèce dans un solvant.

2 Partie I. Schématiser un « globule de matière grasse » en suspension dans l'eau, à l'aide de la représentation donnée d'une molécule tensioactive.

Les molécules tensioactives entourent la gouttelette de matière grasse : leur partie soluble dans la graisse plonge dans le globule, leur partie hydrophile reste à l'extérieur, au contact de l'eau.

Schéma ci-dessous : queues tournées vers la graisse, têtes hydrophiles tournées vers l'eau.

PIÈGE
Inverser l'orientation : le trait (partie soluble dans la graisse) pointe vers l'intérieur du globule, le rond (partie soluble dans l'eau) est en surface, côté eau.



2 · Globule de matière grasse en suspension dans l'eau

1 Partie II. a) Donner la formule semi-développée de l'ion lactate, base conjuguée de l'acide lactique. b) Donner l'expression de la constante d'acidité K_a du couple acide lactique / ion lactate.

Données utiles acide lactique HA : $CH_3-CHOH-COOH$

a. La base conjuguée s'obtient en retirant un ion H^+ au groupe carboxyle $-COOH$ de l'acide.

Ion lactate A^- : $CH_3-CHOH-COO^-$

b. Réaction de l'acide avec l'eau :

$$HA\,(aq) + H_2O\,(l) = A^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$$

$$K_a = \frac{[A^-]_f \times [H_3O^+]_f}{[HA]_f}$$

PIÈGE
Faire figurer l'eau dans K_a : c'est le solvant, elle n'apparaît pas. Les concentrations sont celles de l'état final (équilibre), pas les concentrations apportées.

2 Partie II. a) Calculer la concentration en ions oxonium dans la solution. b) Définir, puis calculer le taux d'avancement de la réaction de l'acide lactique avec l'eau. Conclure.

Données utiles $c = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $\text{pH} = 2{,}9$

a. $[\text{H}_3\text{O}^+]_f = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2{,}9}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = 1{,}3 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

b. Le taux d'avancement final est le rapport de l'avancement final à l'avancement maximal : $\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}}$.

D'après le tableau, pour un volume V de solution : $x_f = [\text{H}_3\text{O}^+]_f \times V$; si la réaction était totale, $c \times V - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = c \times V$.

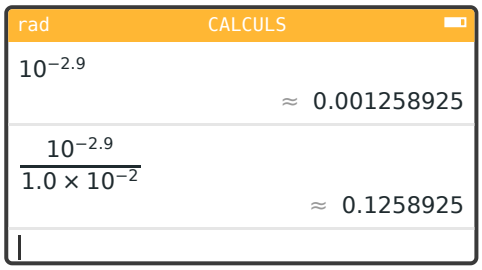
$$\tau = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f}{c} = \frac{10^{-2{,}9}}{1{,}0 \times 10^{-2}} = 0{,}13$$

$\tau = 0{,}13 = 13\ \%$; $\tau < 1$: la transformation est **limitée** (l'acide lactique est un acide faible).

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs : c en a deux, et un pH donné au dixième ne permet pas mieux pour $[\text{H}_3\text{O}^+]$.

MÉTHODE
Le volume V n'est pas donné : on le garde en lettre, il se simplifie dans le rapport x_f / x_{max}.

À LA CALCULATRICE



Équation chimique		HA(aq) +	H_2O(l) =	A^-(aq) +	H_3O^+(aq)
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$	c·V	excès	0	0
État intermédiaire	x	c·V − x	excès	x	x
État final	x_f	c·V − x_f	excès	x_f	x_f

2 · Annexe : tableau d'avancement n°1 complété

3 Partie II. a) À partir des résultats expérimentaux, calculer la constante K_a du couple de l'acide lactique, puis son $\text{p}K_a$. b) Quelle peut être la cause du léger écart avec la valeur donnée dans le texte ?

Données utiles $c = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $\text{pH} = 2{,}9$; valeur du texte : $\text{p}K_a = 3{,}8$

a. D'après le tableau d'avancement : $[\text{A}^-]_f = [\text{H}_3\text{O}^+]_f$ et $[\text{HA}]_f = c - [\text{H}_3\text{O}^+]_f$.

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f^2}{c - [\text{H}_3\text{O}^+]_f} = \frac{\left(10^{-2{,}9}\right)^2}{1{,}0 \times 10^{-2} - 10^{-2{,}9}} = 1{,}8 \times 10^{-4}$$

$$\text{p}K_a = -\log K_a = -\log\left(1{,}8 \times 10^{-4}\right) = 3{,}7$$

$K_a = 1{,}8 \times 10^{-4}$ et $\text{p}K_a = 3{,}7$

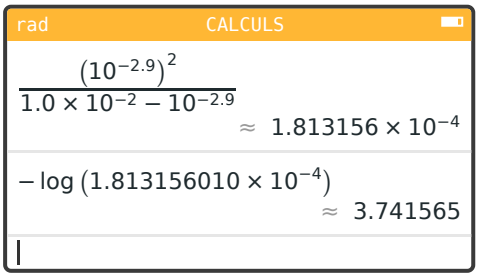
b. On trouve $3{,}7$ au lieu de $3{,}8$. Le pH n'est mesuré qu'au dixième d'unité, et K_a en dépend fortement.

L'écart vient du **manque de précision de la mesure du pH** (pH-mètre, étalonnage).

PIÈGE
Calculer avec la valeur arrondie $1{,}3 \times 10^{-3}$ donne $K_a = 1{,}9 \times 10^{-4}$. Garder $10^{-2{,}9}$ dans la calculatrice et n'arrondir qu'à la fin.

COMPRENDRE
Avec $\text{pH} = 2{,}93$, valeur qui s'arrondit aussi à $2{,}9$, le même calcul donne $\text{p}K_a = 3{,}8$: l'écart n'est pas significatif.

À LA CALCULATRICE



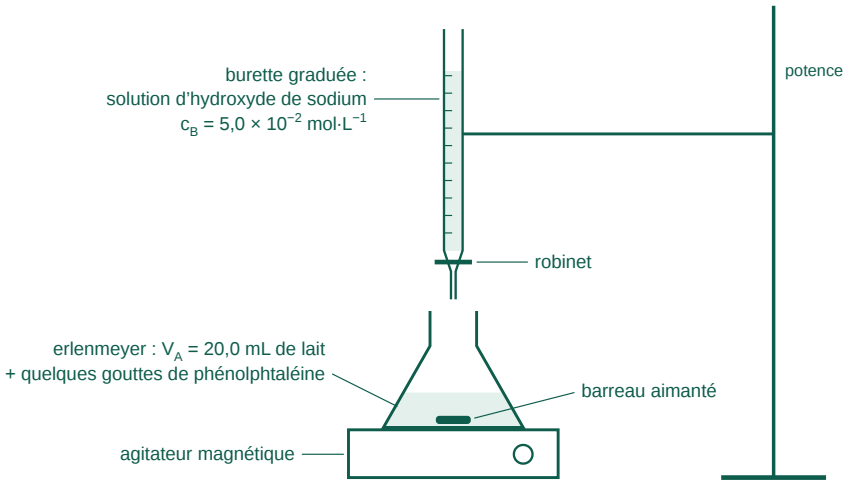
1 Partie III. Faire le schéma annoté du montage expérimental du dosage.

Données utiles 20,0 mL de lait ; phénolphtaléine ; solution d'hydroxyde de sodium à $5{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

La solution titrante (hydroxyde de sodium) est dans la burette graduée ; la solution titrée (lait et indicateur coloré) est dans l'erlenmeyer, posé sur un agitateur magnétique.

Schéma annoté ci-dessous.

MÉTHODE
Un schéma de titrage complet nomme la verrerie, le contenu de la burette et celui de l'erlenmeyer avec concentration et volume connus, et le dispositif d'agitation.



1 · Montage du titrage de l'acide lactique du lait

2 Partie III. a) Écrire l'équation de la réaction entre l'acide lactique et l'ion hydroxyde. b) À l'aide du tableau d'avancement n°2, déterminer la concentration molaire en acide lactique du lait étudié.

Données utiles $V_A = 20{,}0$ mL ; $c_B = 5{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = 9{,}2$ mL

a. L'acide HA cède un ion H^+ à la base HO^-.

$$\text{HA (aq)} + \text{HO}^- \text{(aq)} = \text{A}^- \text{(aq)} + \text{H}_2\text{O (l)}$$

b. Le changement de couleur repère l'équivalence : les réactifs ont alors été introduits dans les proportions stœchiométriques et sont tous deux entièrement consommés.

Dans l'état final du tableau : $c_A \times V_A - x_f = 0$ et $c_B \times V_E - x_f = 0$, donc $c_A \times V_A = c_B \times V_E$.

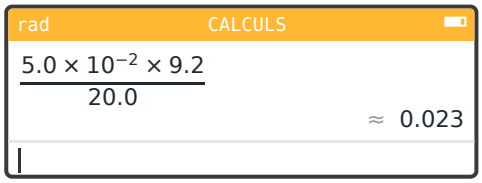
$$c_A = \frac{c_B \times V_E}{V_A} = \frac{5{,}0 \times 10^{-2} \times 9{,}2}{20{,}0}$$

$$c_A = 2{,}3 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

PIÈGE
Diviser par V_E au lieu de V_A : la concentration cherchée est celle de la prise d'essai de lait, de volume $V_A = 20{,}0$ mL.

COMPRENDRE
Les deux volumes figurent dans un rapport : on peut les laisser en mL. La phénolphtaléine, incolore en milieu acide, devient rose dès que les ions HO^- sont en excès.

À LA CALCULATRICE



Équation chimique		HA(aq) +	HO^-(aq) =	A^-(aq) +	H_2O(l)
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$	$c_A \cdot V_A$	$c_B \cdot V_E$	0	excès
État intermédiaire	x	$c_A \cdot V_A - x$	$c_B \cdot V_E - x$	x	excès
État final	x_f	$c_A \cdot V_A - x_f = 0$	$c_B \cdot V_E - x_f = 0$	x_f	excès

2 · Annexe : tableau d'avancement n°2 complété (volume V_E versé à l'équivalence)

3 Partie III. La concentration en acide lactique d'un lait frais ne doit pas dépasser $1{,}8\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Conclure quant à la fraîcheur du lait étudié.

Données utiles $c_A = 2{,}3\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (III.2) ; $M = 90{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Concentration en masse de l'acide lactique : $t = c_A \times M$

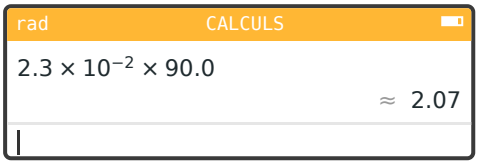
$t = 2{,}3\times10^{-2}\times 90{,}0 = 2{,}1\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

$t = 2{,}1\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1} > 1{,}8\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$: le lait étudié **n'est pas frais**.

MÉTHODE

Pour comparer à une norme, convertir d'abord dans la même unité : ici de $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, en multipliant par la masse molaire.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Jus de citron dans la confiture

Bac S 2007 Polynésie (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 (Partie I, question 1) Quel est le groupe d'atomes caractéristique de la fonction alcool ?

La fonction alcool correspond au groupe hydroxyle, porté par un atome de carbone tétraédrique.

Groupe hydroxyle : $-\mathrm{OH}$

PIÈGE
Ne pas confondre le groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$, lié à la molécule, avec l'ion hydroxyde $\mathrm{HO^-}$.

1.2.1 (Partie I, question 2.a) Écrire l'équation de la réaction de la pectine, notée RCOOH, avec l'eau.

La pectine est un acide : elle cède un ion $\mathrm{H^+}$ à l'eau, qui joue le rôle de base.

$$\mathrm{RCOOH\,(aq) + H_2O\,(l) = RCOO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)}$$

COMPRENDRE
C'est la « dissociation » des fonctions acides dont parle le document 1. La transformation est limitée : on l'écrit aujourd'hui avec une double flèche.

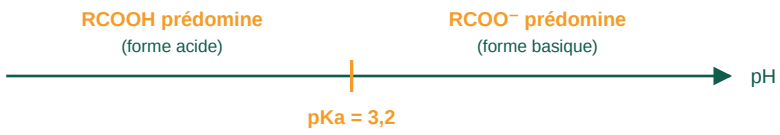
1.2.2 (Partie I, question 2.b) Placer sans justifier, sur un axe de pH, les domaines de prédominance des formes acide et basique de la pectine.

Données utiles $\mathrm{p}K_a(\mathrm{RCOOH/RCOO^-}) = 3{,}2$

Voir l'axe ci-dessous.

$\mathrm{pH} < 3{,}2$: RCOOH prédomine ; $\mathrm{pH} > 3{,}2$: $\mathrm{RCOO^-}$ prédomine.

MÉTHODE
Sur un axe de pH, la forme acide est toujours à gauche du $\mathrm{p}K_a$ et la forme basique à droite. À $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_a$, les deux formes ont la même concentration.



1.2.2 · Diagramme de prédominance de la pectine

1.2.3 (Partie I, question 2.c) Utiliser le diagramme pour commenter la phrase : « le jus d'un petit citron suffira à donner l'acidité nécessaire pour que la pectine réagisse. »

Le jus de citron est une solution acide (il contient notamment de l'acide citrique) : ajouté aux fruits, il fait baisser le pH du mélange en dessous de 3,2.

D'après le diagramme, la pectine est alors majoritairement sous la forme RCOOH : ses fonctions acides ne sont pas dissociées. Elles restent disponibles pour établir des liaisons hydrogène entre les chaînes de pectine.

Avec le jus de citron, $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_a$: la forme RCOOH prédomine, le réseau peut se former et la confiture prend.

COMPRENDRE
Dans la phrase du document, « réagir » signifie former le gel. Sous la forme $\mathrm{RCOO^-}$, les chaînes, chargées négativement, se repoussent et ne s'accrochent plus entre elles.

2.1 (Partie II, question 1) À partir des documents proposés, pourquoi peut-on dire que l'acide ascorbique est un anti-oxydant ?

Le document 2 indique que le jus de citron évite l'oxydation des fruits coupés et préserve leur couleur. Or ce jus contient de l'acide ascorbique, qui peut lui-même être oxydé (demi-équation des données).

L'acide ascorbique réagit donc avec les oxydants, comme le dioxygène de l'air, à la place des espèces colorées du fruit.

L'acide ascorbique s'oppose à l'oxydation des fruits en étant oxydé à leur place : c'est un anti-oxydant.

2.2 (Partie II, question 2) Quel autre mot peut-on utiliser plutôt que « anti-oxydant » à propos de l'acide ascorbique ? Justifier.

Données utiles $C_6H_8O_6 = C_6H_6O_6 + 2\,H^+ + 2\,e^-$

Un réducteur est une espèce capable de céder un ou plusieurs électrons. D'après la demi-équation, une molécule $C_6H_8O_6$ cède deux électrons.

L'acide ascorbique est un **réducteur** (celui du couple $C_6H_6O_6$ / $C_6H_8O_6$).

PIÈGE
Le réducteur est oxydé : il subit une oxydation. Écrire que l'acide ascorbique « est un oxydant parce qu'il s'oxyde » est le contresens classique.

3.1.1 (Partie III, question 1.a) Que peut-on déduire de l'observation de l'évolution de la couleur du mélange réactionnel ?

Le diiode est la seule espèce colorée (brune) du mélange.

- La couleur s'éclaircit peu à peu : le diiode est consommé progressivement, la transformation est **lente**.
- La couleur ne disparaît pas : il reste du diiode à l'état final. La réaction étant totale, le diiode est **en excès** et l'acide ascorbique est le réactif limitant.

Transformation lente ; diiode en excès, acide ascorbique entièrement consommé.

3.1.2 (Partie III, question 1.b) Quel est l'inconvénient rencontré si on utilise la réaction (1) pour doser l'acide ascorbique ?

Une réaction support de titrage doit être totale et rapide. La réaction (1) est totale mais lente : après chaque ajout de solution titrante, il faudrait attendre la fin de la transformation, et l'équivalence ne pourrait pas être repérée avec précision.

La réaction (1) est trop lente pour un titrage direct.

MÉTHODE
On contourne la difficulté par un titrage indirect : on introduit un excès connu de diiode, on laisse la réaction lente se terminer, puis on titre le diiode restant par une réaction rapide.

3.2 (Partie III, question 2) À l'aide du tableau d'avancement n°1, déterminer la quantité n de diiode ayant réagi avec les ions thiosulfate.

Données utiles $C_3 = 5{,}00 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_3 = 14{,}5\ \text{mL}$

On note n la quantité de diiode restant dans l'erlenmeyer après la réaction (1). La quantité d'ions thiosulfate versée à l'équivalence est C_3V_3 (tableau n°1 ci-dessous).

À l'équivalence, les deux réactifs sont entièrement consommés :

$$C_3V_3 - 2X_E = 0 \text{ et } n - X_E = 0, \text{ donc } X_E = n = \frac{C_3V_3}{2}$$

$$n = \frac{5{,}00 \times 10^{-3} \times 14{,}5 \times 10^{-3}}{2} = 3{,}625 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

$$n = \frac{C_3V_3}{2} = 3{,}63 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

PIÈGE
Oublier le coefficient 2 des ions thiosulfate, et écrire $n = C_3V_3$, double le résultat. Penser aussi à convertir V_3 en litres.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_3 et V_3. Les ions iodure sont déjà présents avant le titrage : la réaction (1) en a formé $2n_1$, d'où la dernière colonne du tableau.

Équation chimique		$2\ S_2O_3^{2-}$	+	I_2	=	$S_4O_6^{2-}$	+	$2\ I^-$
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)						
État initial	X = 0	C_3V_3		n		0		$2n_1$
État intermédiaire	X	$C_3V_3 - 2X$		$n - X$		X		$2n_1 + 2X$
À l'équivalence	X_E	$C_3V_3 - 2X_E = 0$		$n - X_E = 0$		X_E		$2n_1 + 2X_E$

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{5.00 \times 10^{-3} \times 14.5 \times 10^{-3}}{2} \approx 3.625 \times 10^{-5}$$

3.2 · Annexe : tableau d'avancement n°1 complété

3.3 (Partie III, question 3) Compléter les cases repérées par * du tableau d'avancement n°2 pour déterminer la quantité n_1 d'acide ascorbique initialement présente dans l'erlenmeyer. Justifier.

Données utiles $C_2 = 2{,}00 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_2 = 20{,}0\ \text{mL}$; $n = 3{,}625 \times 10^{-5}\ \text{mol}$ (question 2)

Quantité initiale de diiode : $C_2V_2 = 2{,}00 \times 10^{-3} \times 20{,}0 \times 10^{-3} = 4{,}00 \times 10^{-5}$ mol.

Le diiode est en excès (la couleur brune persiste) : l'acide ascorbique est le réactif limitant, donc $n_1 - X_F = 0$, soit $X_F = n_1$.

Le diiode restant à l'état final est celui que titre le thiosulfate : $C_2V_2 - X_F = n$.

$$n_1 = C_2V_2 - n = 4{,}00 \times 10^{-5} - 3{,}625 \times 10^{-5} = 3{,}75 \times 10^{-6}\ \text{mol}$$

$$\boxed{n_1 = C_2V_2 - \frac{C_3V_3}{2} \approx 3{,}8 \times 10^{-6}\ \text{mol}}$$

PIÈGE
Soustraire $3{,}63 \times 10^{-5}$, valeur déjà arrondie, donne $3{,}7 \times 10^{-6}$ mol : on reprend la valeur non arrondie de n.

COMPRENDRE
Une différence de deux valeurs proches perd des chiffres significatifs : les deux termes sont connus à $0{,}01 \times 10^{-5}$ mol près, leur différence aussi. Deux chiffres suffisent, mais on garde $3{,}75 \times 10^{-6}$ pour le calcul suivant.

Équation chimique		$C_6H_8O_6$	+	I_2	=	$C_6H_6O_6$	+	$2\ I^-$	+	$2\ H^+$
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)								
État initial	X = 0	n_1		C_2V_2						
État intermédiaire	X	$n_1 - X$		$C_2V_2 - X$						
État final	X_F	$n_1 - X_F = 0$		$C_2V_2 - X_F = n$						

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$2.00 \times 10^{-3} \times 20.0 \times 10^{-3} \approx 4 \times 10^{-5}$$

$$4.00 \times 10^{-5} - 3.625 \times 10^{-5} \approx 3.75 \times 10^{-6}$$

3.3 · Annexe : tableau d'avancement n°2 complété (cases repérées par *)

3.4 (Partie III, question 4) Calculer la concentration de l'acide ascorbique dans le jus de citron testé.

Données utiles $V_{\text{jus}} = 6{,}2\ \text{mL}$; $V_S = 100{,}0\ \text{mL}$; $V_1 = 20{,}0\ \text{mL}$; $n_1 = 3{,}75 \times 10^{-6}\ \text{mol}$ (question 3)

Le prélèvement V_1 représente un cinquième de la solution S ($V_S/V_1 = 5$). La solution S contient donc $5\,n_1$ d'acide ascorbique.

Une dilution conserve la quantité de matière : ces $5\,n_1$ proviennent en totalité des 6,2 mL de jus.

$$c_{\text{jus}} = \frac{5\,n_1}{V_{\text{jus}}} = \frac{5 \times 3{,}75 \times 10^{-6}}{6{,}2 \times 10^{-3}} = 3{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\boxed{c_{\text{jus}} = 3{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

PIÈGE
Diviser n_1 par V_1 donne la concentration dans la solution S, pas dans le jus. Il faut remonter au jus pur, dilué environ 16 fois.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme le volume de jus. Le résultat est cohérent avec les données : l'acide ascorbique est bien moins concentré que l'acide citrique ($0{,}40\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{5 \times 3.75 \times 10^{-6}}{6.2 \times 10^{-3}} \approx 0.003024194$$

Galiléo

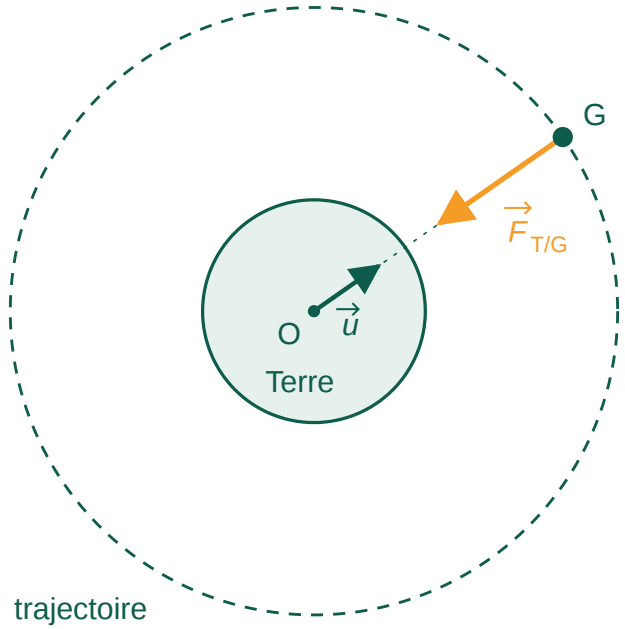
Bac S 2007 Polynésie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1.1 (I-1-a) Faire un schéma, sans souci d'échelle, représentant la Terre, le satellite sur sa trajectoire et la force exercée par la Terre sur le satellite.

La trajectoire est un cercle de centre O. La force $\vec{F}_{T/G}$ est appliquée au point G, dirigée selon la droite (GO) et orientée de G vers O.

Schéma ci-dessous : $\vec{F}_{T/G}$ part de G et pointe vers le centre O de la Terre.

PIÈGE
Faire partir la flèche du centre de la Terre, ou la tracer tangente à la trajectoire. La force s'applique au satellite et elle est portée par le rayon.



1.1.1 · La Terre, le satellite G sur son orbite circulaire et la force exercée par la Terre

1.1.2 (I-1-b) Donner l'expression vectorielle de cette force, $\vec{u}$ étant le vecteur unitaire dirigé de O vers G.

La distance entre le centre de la Terre et le satellite est $OG = R_T + h$.

$$\vec{F}_{T/G} = -G\,\frac{M_T\,m_{sat}}{(R_T+h)^2}\,\vec{u}$$

PIÈGE
Écrire h^2 au dénominateur : la distance à prendre est celle qui sépare les centres, soit $R_T + h$.

COMPRENDRE
Le signe « $-$ » traduit l'attraction : la force est de sens opposé à $\vec{u}$, qui va de O vers G.

1.2.1 (I-2-a) Dans quel référentiel le mouvement du satellite est-il décrit ?

Le satellite tourne autour du centre O de la Terre.

Le mouvement est décrit dans le référentiel **géocentrique**.

PIÈGE
Répondre « référentiel terrestre » : celui-ci tourne avec la Terre, alors que le géocentrique a ses axes dirigés vers des étoiles lointaines.

1.2.2 (I-2-b) Quelle hypothèse faut-il faire sur ce référentiel pour appliquer la seconde loi de Newton ?

La seconde loi de Newton n'est valable que dans un référentiel galiléen.

Il faut supposer le référentiel géocentrique **galiléen**.

COMPRENDRE
L'hypothèse est raisonnable ici : la durée d'une révolution (quelques heures) est courte devant l'année que met la Terre pour tourner autour du Soleil.

1.2.3 (I-2-c) En appliquant la seconde loi de Newton au satellite, déterminer l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ du point G.

Système : {satellite}, de masse m_{sat} constante ; référentiel géocentrique supposé galiléen ; seule force : $\vec{F}_{T/G}$.

Seconde loi de Newton : $\vec{F}_{T/G} = m_{sat}\,\vec{a}$, soit $-G\,\dfrac{M_T\,m_{sat}}{(R_T+h)^2}\,\vec{u} = m_{sat}\,\vec{a}$.

$$\vec{a} = -G\,\frac{M_T}{(R_T+h)^2}\,\vec{u}$$

COMPRENDRE
La masse du satellite se simplifie : l'accélération, donc le mouvement, ne dépend pas de m_{sat}. La valeur 700 kg ne sert à aucun calcul de l'exercice.

MÉTHODE
Toujours annoncer le système, le référentiel et le bilan des forces avant d'écrire la loi : ces trois lignes sont notées.

1.3.1 (I-3-a) Donner les caractéristiques du vecteur accélération d'un point matériel ayant un mouvement circulaire uniforme.

Pour un mouvement circulaire uniforme de rayon R et de vitesse v, le vecteur accélération a pour :

- direction : le rayon du cercle passant par le point mobile ;
- sens : vers le centre du cercle (accélération centripète) ;
- valeur : $a = \dfrac{v^2}{R}$, constante.

$\vec{a}$ est radial, centripète, de valeur $a = \dfrac{v^2}{R}$.

PIÈGE
Dire que l'accélération est nulle parce que la vitesse a une valeur constante. Le vecteur vitesse change de direction à chaque instant : il y a donc une accélération.

1.3.2 (I-3-b) Montrer que la vitesse du satellite vérifie $v^2 = G\,\dfrac{M_T}{R}$ avec $R = R_T + h$.

D'après I-2-c, avec $R = R_T + h$, la valeur de l'accélération est $a = G\,\dfrac{M_T}{R^2}$.

Le mouvement est circulaire uniforme, donc d'après I-3-a : $a = \dfrac{v^2}{R}$.

En égalant les deux expressions : $\dfrac{v^2}{R} = G\,\dfrac{M_T}{R^2}$.

$v^2 = G\,\dfrac{M_T}{R}$ avec $R = R_T + h$: c'est la relation attendue.

COMPRENDRE
Les deux vecteurs sont bien de même direction et de même sens (vers O), ce qui autorise à égaler leurs valeurs.

1.4.1 (I-4-a) Définir la période de révolution T du satellite et donner son expression en fonction de G, M_T et R.

La période de révolution T est la durée mise par le satellite pour effectuer un tour complet de sa trajectoire.

À vitesse constante, il parcourt la circonférence $2\pi R$ pendant T :

$$T = \frac{2\pi R}{v}.$$

Avec $v = \sqrt{\dfrac{G\,M_T}{R}}$: $\quad T = 2\pi R\sqrt{\dfrac{R}{G\,M_T}}$

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{G\,M_T}}}$$

MÉTHODE
Pour faire entrer R sous la racine, l'écrire $\sqrt{R^2}$: $R\sqrt{R} = \sqrt{R^3}$. Contrôler ensuite l'homogénéité : le résultat doit être en secondes.

1.4.2 (I-4-b) Calculer la période T.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$; $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg ; $R_T = 6{,}38 \times 10^3$ km ; $h = 23{,}6 \times 10^3$ km

$R = R_T + h = 6{,}38 \times 10^3 + 23{,}6 \times 10^3 = 29{,}98 \times 10^3\ \text{km} = 2{,}998 \times 10^7\ \text{m}$

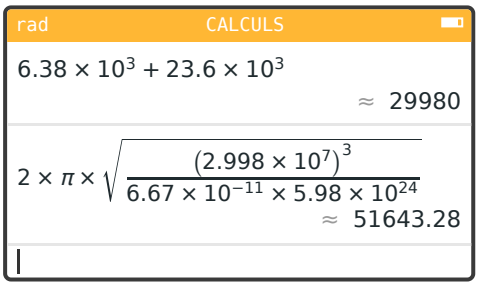
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(2{,}998 \times 10^7)^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}98 \times 10^{24}}}$$

$\boxed{T = 5{,}16 \times 10^4\ \text{s}}$, soit environ 14 h 20 min.

PIÈGE
Laisser R en kilomètres : G est donnée en unités SI, le rayon doit être en mètres. L'oubli donne une période d'environ 1,6 s, sans aucun sens.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les données. On garde R non arrondi dans le calcul et on n'arrondit que le résultat final.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 (II-1-a) Compléter la ligne du tableau de l'annexe relative au satellite Giove-A (GALILEO).

Données utiles $R = 29{,}98 \times 10^3$ km et $T = 5{,}16 \times 10^4$ s (I-4-b)

$R^3 = (29{,}98 \times 10^3)^3 = 2{,}69 \times 10^{13}\ \text{km}^3 \qquad T^2 = (5{,}164 \times 10^4)^2 = 2{,}67 \times 10^9\ \text{s}^2$

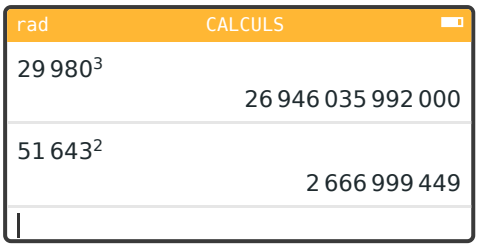
Ligne GALILEO du tableau, avec trois chiffres significatifs comme les autres lignes :

Satellite	R (km)	T (s)	R^3 (km^3)	T^2 (s^2)
GALILEO	$30{,}0 \times 10^3$	$5{,}16 \times 10^4$	$2{,}69 \times 10^{13}$	$2{,}67 \times 10^9$

$\boxed{R = 30{,}0 \times 10^3\ \text{km} ;\ T = 5{,}16 \times 10^4\ \text{s} ;\ R^3 = 2{,}69 \times 10^{13}\ \text{km}^3 ;\ T^2 = 2{,}67 \times 10^9\ \text{s}^2}$

COMPRENDRE
En partant des valeurs déjà arrondies ($30{,}0 \times 10^3$ km et $5{,}16 \times 10^4$ s), on trouve $2{,}70 \times 10^{13}\ \text{km}^3$ et $2{,}66 \times 10^9\ \text{s}^2$: l'écart porte sur le dernier chiffre et ne se voit pas sur le graphique.

À LA CALCULATRICE



2.1.2 (II-1-b) Placer le point correspondant sur le graphique de l'annexe et tracer la courbe donnant T^2 en fonction de R^3.

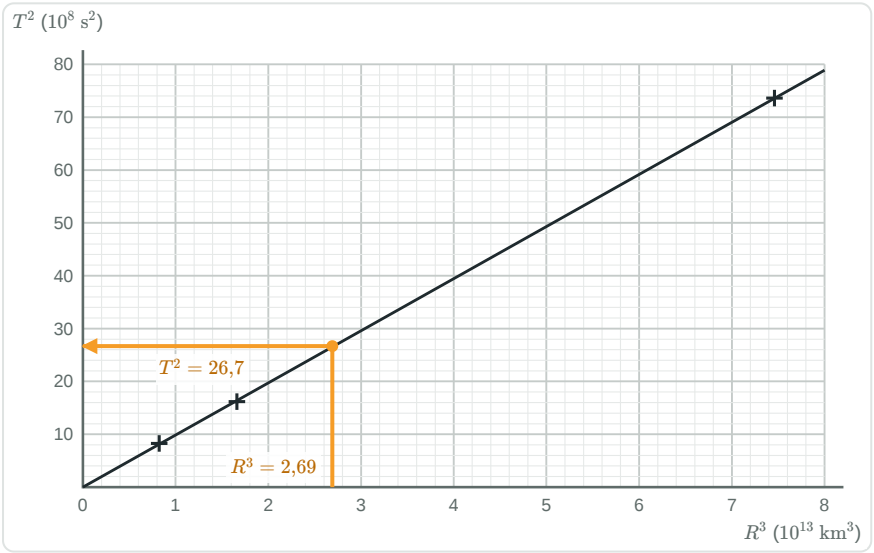
Données utiles $R^3 = 2{,}69 \times 10^{13}\ \text{km}^3$ et $T^2 = 2{,}67 \times 10^9\ \text{s}^2$ (II-1-a)

Avec les unités des axes : abscisse $R^3 = 2{,}69 \times 10^{13}\ \text{km}^3$; ordonnée $T^2 = 26{,}7 \times 10^8\ \text{s}^2$.

Les quatre points sont alignés avec l'origine : on trace à la règle la droite qui passe par l'origine et au plus près des points.

Point GALILEO de coordonnées $(2{,}69\ ;\ 26{,}7)$; la courbe est une droite passant par l'origine.

PIÈGE
Reporter 2,67 en ordonnée : l'axe est gradué en $10^8\ \text{s}^2$, il faut donc écrire $2{,}67 \times 10^9 = 26{,}7 \times 10^8\ \text{s}^2$.



2.1.2 · Annexe complétée : point GALILEO (en orange) et droite tracée

2.2.1 (II-2-a) Que peut-on déduire du tracé précédent ? Justifier.

La courbe obtenue est une droite qui passe par l'origine du repère.

T^2 est proportionnel à R^3 : $T^2 = k\,R^3$, où k est le coefficient directeur de la droite, le même pour tous les satellites de la Terre.

PIÈGE
Écrire seulement « c'est une droite ». La proportionnalité exige les deux arguments : droite et passage par l'origine.

2.2.2 (II-2-b) Montrer que le résultat de la question I-4-a est conforme au tracé obtenu.

Données utiles point METEOSAT : $R^3 = 7{,}46 \times 10^{13}\ \text{km}^3$, $T^2 = 7{,}36 \times 10^{9}\ \text{s}^2$; G ; M_T

En élevant au carré l'expression de I-4-a : $T^2 = \dfrac{4\pi^2}{G\,M_T}\,R^3$. Cette relation est bien de la forme $T^2 = K\,R^3$, avec $K = \dfrac{4\pi^2}{G\,M_T}$ constante.

Valeur théorique : $K = \dfrac{4\pi^2}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}98 \times 10^{24}} = 9{,}90 \times 10^{-14}\ \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$

Coefficient directeur de la droite, qui passe par l'origine et par le point METEOSAT, avec $1\ \text{km}^3 = 10^9\ \text{m}^3$:

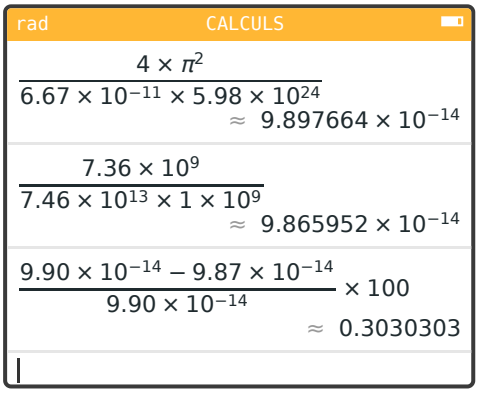
$k = \dfrac{7{,}36 \times 10^{9}}{7{,}46 \times 10^{13} \times 10^{9}} = 9{,}87 \times 10^{-14}\ \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$

$k = 9{,}87 \times 10^{-14}\ \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ et $K = 9{,}90 \times 10^{-14}\ \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$: écart de 0,3 %, l'expression de I-4-a est conforme au tracé.

PIÈGE
Convertir les km^3 comme des km : $1\ \text{km}^3 = (10^3\ \text{m})^3 = 10^9\ \text{m}^3$, et non $10^3\ \text{m}^3$.

MÉTHODE
Pour le coefficient directeur, choisir un point de la droite tracée le plus éloigné possible de l'origine : la lecture est plus précise.

À LA CALCULATRICE



2.2.3 (II-2-c) Comment nomme-t-on la loi ainsi mise en évidence ?

Le rapport $\dfrac{T^2}{R^3}$ a la même valeur pour tous les satellites de la Terre.

Il s'agit de la **troisième loi de Kepler** (loi des périodes).

COMPRENDRE
La constante $\dfrac{4\pi^2}{G\,M_T}$ ne dépend que de l'astre attracteur : mesurer T et R pour un seul satellite suffit à déterminer la masse de la Terre.