Corrigé complet — Bac S 2007 Amérique du Sud (ancien programme)

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

Ex 1	**Cinétique chimique et lumière** Suivi spectrophotométrique · Tableau d'avancement et taux d'avancement final · Temps de demi-réaction · Diffraction · Énergie d'un photon · Niveaux d'énergie d'un atome	7 pts	1 h 31	16 questions	p. 2
Ex 2	**Transformations spontanées ou forcées** Quotient de réaction · Critère d'évolution spontanée · Constante d'équilibre · Électrolyse · Anode et cathode · Quantité d'électricité et faraday	4 pts	52 min	15 questions	p. 7
Ex 3	**Spécialité : Corrosion et protection des métaux** Corrosion du fer · Demi-équations d'oxydoréduction · Polarité d'une pile · Protection par anode sacrificielle · Électrolyse · Quantité d'électricité	4 pts	52 min	12 questions	p. 12
Ex 4	**étude de satellites d'observation** Interaction gravitationnelle · Deuxième loi de Newton · Mouvement circulaire uniforme · Troisième loi de Kepler · Satellite géostationnaire	5 pts	1 h 05	12 questions	p. 16

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.

Cinétique chimique et lumière

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

1 Questions 1.1 et 1.2. Expliquer pourquoi un spectrophotomètre permet de suivre l'évolution de la transformation, puis compléter le tableau descriptif de l'évolution du système (figure 1 de l'annexe).

Données utiles $\mathrm{H_2O_2\,(aq) + 2\,I^-\,(aq) + 2\,H^+\,(aq) = 2\,H_2O\,(l) + I_2\,(aq)}$; seul $\mathrm{I_2}$ est coloré ; $n_i(\mathrm{H_2O_2}) = 2{,}5 \times 10^{-4}$ mol ; $n_i(\mathrm{I^-}) = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol

1.1. Le diiode est la seule espèce colorée du système : lui seul absorbe la lumière visible, et c'est un produit de la réaction.
L'absorbance A de la solution est proportionnelle à sa concentration (loi de Beer-Lambert) : $A = k\,[\mathrm{I_2}]$.

Mesurer A au cours du temps donne donc $[\mathrm{I_2}]$, puis $n(\mathrm{I_2}) = x$: on suit ainsi l'avancement de la réaction.

1.2. D'après les nombres stœchiométriques, quand l'avancement vaut x_f, il a disparu x_f mol de $\mathrm{H_2O_2}$ et $2x_f$ mol de $\mathrm{I^-}$, et il s'est formé x_f mol de $\mathrm{I_2}$ (tableau ci-dessous).

État final : $n(\mathrm{H_2O_2}) = 2{,}5 \times 10^{-4} - x_f$; $n(\mathrm{I^-}) = 1{,}5 \times 10^{-3} - 2x_f$; $n(\mathrm{I_2}) = x_f$ (en mol)

PIÈGE
Oublier le nombre stœchiométrique 2 devant $\mathrm{I^-}$: la quantité d'ions iodure diminue de $2x_f$, pas de x_f.

COMPRENDRE
Le suivi par spectrophotométrie ne prélève rien et ne perturbe pas le système : la mesure est continue, ce qui convient bien à une étude cinétique.

Équation de la réaction		H_2O_2(aq) +	2 I^-(aq) +	2 H^+(aq) =	2 H_2O(l) +	I_2(aq)
État du système	Avancement en mol	Quantité de matière en mol				
État initial	0	$2{,}5 \times 10^{-4}$	$1{,}5 \times 10^{-3}$	excès	excès	0
État final	x_f	$2{,}5 \times 10^{-4} - x_f$	$1{,}5 \times 10^{-3} - 2x_f$	excès	excès	x_f

1 · Figure 1 de l'annexe complétée (en orange : ce que l'élève écrit)

1.3 Déduire de la courbe $x = f(t)$ la valeur de l'avancement final.

À partir de $t \approx 1\,000$ s, la courbe présente un palier horizontal : l'avancement n'évolue plus, l'état final est atteint. L'ordonnée de ce palier se lit sur l'axe vertical.

$x_f = 2{,}5 \times 10^{-4}$ mol

MÉTHODE
L'avancement final est l'ordonnée de l'asymptote horizontale de la courbe $x = f(t)$, et non celle du dernier point de mesure.

1.4 Déterminer l'avancement maximal, puis le taux d'avancement final. La transformation peut-elle être considérée comme totale ?

Données utiles $n_i(H_2O_2) = 2{,}5 \times 10^{-4}$ mol ; $n_i(I^-) = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol ; $x_f = 2{,}5 \times 10^{-4}$ mol (1.3)

L'avancement maximal correspond à la disparition complète du réactif limitant (H^+ est en excès).

- Si H_2O_2 est limitant : $2{,}5 \times 10^{-4} - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = 2{,}5 \times 10^{-4}$ mol.
- Si I^- est limitant : $1{,}5 \times 10^{-3} - 2x_{max} = 0$, soit $x_{max} = \dfrac{1{,}5 \times 10^{-3}}{2} = 7{,}5 \times 10^{-4}$ mol.

La plus petite valeur est la bonne : H_2O_2 est le réactif limitant et $x_{max} = 2{,}5 \times 10^{-4}$ mol.

Taux d'avancement final : $\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}} = \dfrac{2{,}5 \times 10^{-4}}{2{,}5 \times 10^{-4}} = 1{,}0$

$x_{max} = 2{,}5 \times 10^{-4}$ mol et $\tau = 1{,}0$: la transformation est totale.

PIÈGE
Comparer directement les quantités initiales sans diviser celle de I^- par son nombre stœchiométrique 2. Ici la conclusion serait la même, mais le raisonnement serait faux.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.5 \times 10^{-3}}{2} \approx 7.5 \times 10^{-4}$

1.5 Définir de manière générale le temps de demi-réaction.

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement de la réaction a atteint la moitié de sa valeur finale.

$x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2}$

PIÈGE
Ce n'est pas la moitié de la durée totale de la transformation. La référence est l'avancement final x_f (égal à x_{max} seulement si la transformation est totale).

1.6 Déterminer graphiquement la valeur numérique du temps de demi-réaction.

Données utiles $x_f = 2{,}5 \times 10^{-4}$ mol (1.3)

$\dfrac{x_f}{2} = \dfrac{2{,}5 \times 10^{-4}}{2} = 1{,}25 \times 10^{-4}$ mol.

On trace l'horizontale d'ordonnée $1{,}25 \times 10^{-4}$ mol jusqu'à la courbe, puis on descend verticalement jusqu'à l'axe des temps : on lit une abscisse un peu inférieure à 160 s.

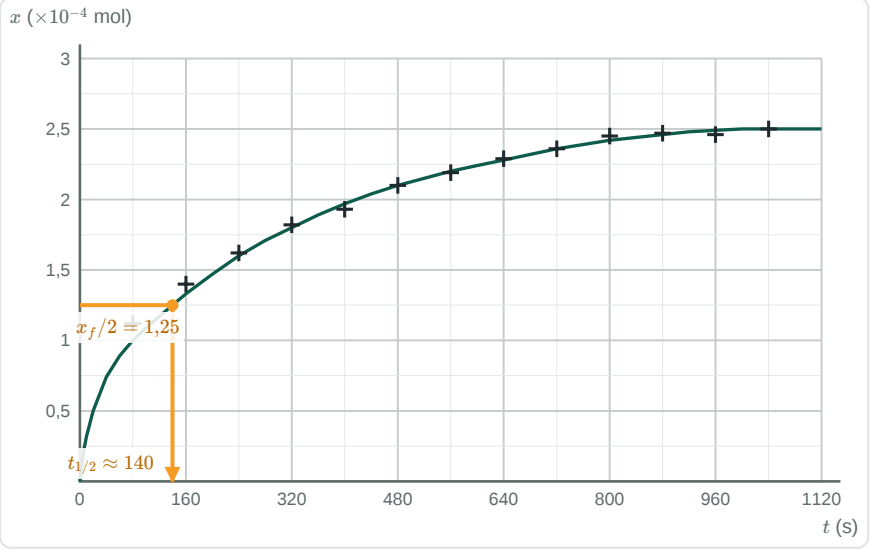
$t_{1/2} \approx 1{,}4 \times 10^2$ s

COMPRENDRE
La lecture se fait sur la courbe lissée, pas sur les croix de mesure. Sa précision ne dépasse pas la dizaine de secondes : toute valeur entre 130 s et 150 s est recevable.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{2.5 \times 10^{-4}}{2} \approx 1.25 \times 10^{-4}$



1.6 · Courbe du sujet et lecture du temps de demi-réaction

1.7 Comment évolue la vitesse volumique de réaction $v = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ en fonction du temps ? Justifier en utilisant la courbe $x = f(t)$.

Le volume V de la solution est constant : v est proportionnelle à $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, c'est-à-dire au coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$ à la date considérée.

La tangente est très inclinée à $t = 0$, de moins en moins inclinée ensuite, puis horizontale sur le palier final : son coefficient directeur diminue jusqu'à s'annuler.

La vitesse volumique de réaction est maximale à $t = 0$, diminue au cours du temps et tend vers zéro.

COMPRENDRE
Cette diminution s'explique par un facteur cinétique : les réactifs sont consommés, leur concentration baisse, donc la réaction ralentit.

2.1.1 Dans la relation $\theta = \frac{\lambda}{a}$ donnant l'écart angulaire du faisceau diffracté par une fente, que représentent λ et a ? Quelles sont les unités SI de θ, λ et a ?

- λ est la longueur d'onde de la radiation monochromatique ; elle s'exprime en mètre (m).
- a est la largeur de la fente ; elle s'exprime en mètre (m).
- θ est un angle ; il s'exprime en radian (rad).

λ et a en m ; θ en rad

PIÈGE
Utiliser cette relation avec θ en degrés. Elle n'est valable qu'en radians : le rapport de deux longueurs est sans dimension, comme le radian.

2.1.2 Quelle condition sur la largeur d'une fente est nécessaire pour que le phénomène de diffraction soit nettement observable ?

D'après $\theta = \frac{\lambda}{a}$, l'étalement du faisceau est d'autant plus grand que la fente est étroite. La diffraction est nettement observable si la largeur a est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde λ, ou plus petite.

Il faut une fente très fine : a de l'ordre de λ (quelques centaines de nanomètres pour le visible) ou inférieure.

COMPRENDRE
Avec la lumière, la diffraction reste visible pour une fente nettement plus large que λ, mais l'écart angulaire devient alors très petit. Un réseau a des fentes assez fines pour étaler largement la lumière.

3.1 Quelle est la relation entre la fréquence ν de la radiation et sa longueur d'onde dans le vide ?

Dans le vide, la radiation se propage à la célérité c ; sa longueur d'onde est la distance parcourue pendant une période $T = \frac{1}{\nu}$.

$\lambda = \frac{c}{\nu}$, avec λ en m, c en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ et ν en Hz

3.2 Calculer la fréquence de la radiation de longueur d'onde dans le vide 580 nm.

Données utiles $\lambda = 580$ nm ; $c = 3{,}0 \times 10^8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

$\nu = \frac{c}{\lambda}$ avec $\lambda = 580\ \mathrm{nm} = 580 \times 10^{-9}$ m.

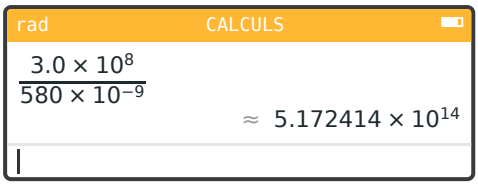
$$\nu = \frac{3{,}0 \times 10^8}{580 \times 10^{-9}} = 5{,}2 \times 10^{14}\ \mathrm{Hz}$$

$\nu = 5{,}2 \times 10^{14}$ Hz

PIÈGE
Laisser la longueur d'onde en nanomètres : il faut la convertir en mètres, $1\ \mathrm{nm} = 10^{-9}$ m.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise ($c = 3{,}0 \times 10^8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$), même si λ en a trois.

À LA CALCULATRICE



3.3 Dans la relation $\Delta E = h\,\nu$ exprimant l'énergie perdue par l'atome, préciser la signification de chaque terme et son unité SI.

- ΔE : énergie perdue par l'atome, égale à l'énergie du photon émis, en joule (J).
- h : constante de Planck, en joule seconde ($\mathrm{J \cdot s}$).
- ν : fréquence de la radiation émise, en hertz (Hz).

ΔE en J ; h en $\mathrm{J \cdot s}$; ν en Hz

PIÈGE
L'électron-volt n'est pas une unité du système international : dans cette relation, l'énergie est obligatoirement en joules.

3.4 Calculer l'énergie perdue par un atome qui émet la radiation de longueur d'onde dans le vide 580 nm. L'exprimer en électron-volt.

Données utiles $h = 6{,}62 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$; $c = 3{,}0 \times 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$; $\lambda = 580 \times 10^{-9}\ \mathrm{m}$; $1\ \mathrm{eV} = 1{,}6 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$

$$\Delta E = h\,\nu = \frac{h\,c}{\lambda}$$

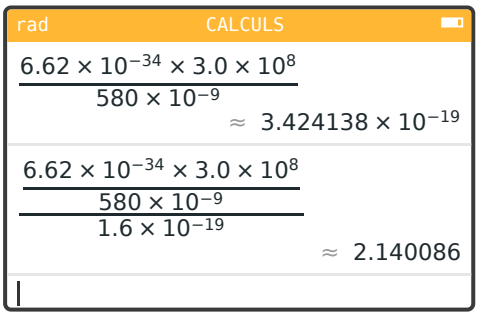
$$\Delta E = \frac{6{,}62 \times 10^{-34} \times 3{,}0 \times 10^{8}}{580 \times 10^{-9}} = 3{,}4 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

Conversion : $\Delta E = \dfrac{3{,}42 \times 10^{-19}}{1{,}6 \times 10^{-19}} = 2{,}1\ \mathrm{eV}$

$\Delta E = 3{,}4 \times 10^{-19}\ \mathrm{J} = 2{,}1\ \mathrm{eV}$

MÉTHODE
Pour passer des joules aux électrons-volts, on divise par $1{,}6 \times 10^{-19}$. On garde la valeur non arrondie dans la calculatrice et on n'arrondit qu'au résultat final.

À LA CALCULATRICE



3.5.1 L'atome dans son état fondamental reçoit une radiation dont le quantum d'énergie est 2,1 eV. Cette radiation peut-elle interagir avec l'atome ? Justifier.

Données utiles niveaux d'énergie (figure 2) : $-5{,}1$ eV (état fondamental) ; $-3{,}0$ eV ; $-1{,}9$ eV ; $-1{,}5$ eV ; 0 eV

L'énergie de l'atome est quantifiée : il ne peut absorber un photon que si l'énergie de celui-ci est exactement égale à l'écart entre deux de ses niveaux.

Depuis l'état fondamental, l'atome atteindrait l'énergie $-5{,}1 + 2{,}1 = -3{,}0$ eV. Cette valeur est celle d'un niveau du diagramme (le premier état excité).

Oui : $E_1 - E_0 = -3{,}0 - (-5{,}1) = 2{,}1$ eV, la radiation peut être absorbée par l'atome.

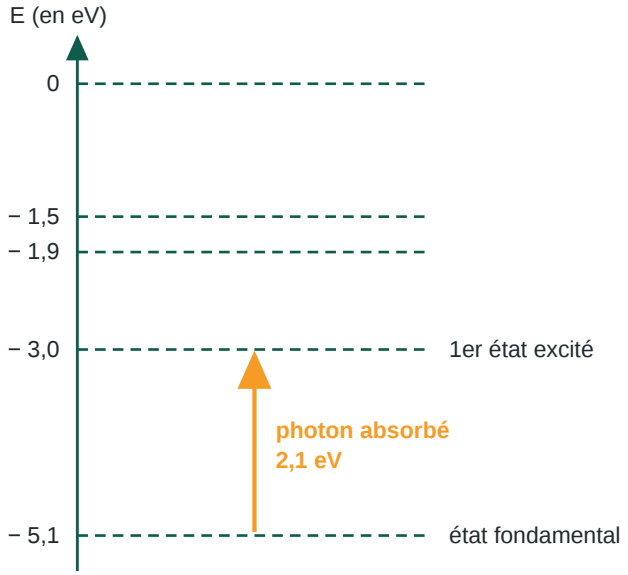
COMPRENDRE
C'est la même énergie que celle calculée en 3.4 : la radiation de 580 nm correspond à la transition entre ces deux niveaux, en émission comme en absorption.

3.5.2 Représenter la transition associée par une flèche sur le diagramme des niveaux d'énergie (figure 2 de l'annexe).

La flèche est verticale : elle part du niveau fondamental ($-5{,}1$ eV) et pointe vers le niveau d'énergie $-3{,}0$ eV.

Flèche orientée vers le haut, du niveau $-5{,}1$ eV au niveau $-3{,}0$ eV (figure ci-dessous).

PIÈGE
Une flèche sans sens, ou dessinée vers le bas, représente une autre transition. Elle doit s'appuyer exactement sur les deux niveaux concernés.



3.5.2 · Figure 2 de l'annexe complétée (en orange : la transition tracée par l'élève)

3.5.3 Cette transition correspond-elle à une émission ou à une absorption ?

L'atome passe du niveau $-5{,}1$ eV au niveau $-3{,}0$ eV : son énergie augmente de 2,1 eV. Cette énergie lui est apportée par le photon, qui disparaît.

C'est une absorption.

MÉTHODE
Flèche vers le haut : l'atome gagne de l'énergie, il absorbe un photon. Flèche vers le bas : il en perd, il émet un photon.

3.5.4 Que se passe-t-il pour l'atome si, dans son état fondamental, il reçoit une radiation dont le quantum d'énergie est de 3,0 eV ? Justifier.

Données utiles niveaux d'énergie (figure 2) : $-5{,}1$ eV ; $-3{,}0$ eV ; $-1{,}9$ eV ; $-1{,}5$ eV ; 0 eV

En absorbant ce photon, l'atome atteindrait l'énergie $-5{,}1 + 3{,}0 = -2{,}1$ eV.

Aucun niveau du diagramme n'a cette énergie (elle tombe entre $-3{,}0$ eV et $-1{,}9$ eV), et 3,0 eV ne suffit pas à ioniser l'atome, ce qui demanderait au moins 5,1 eV.

Le photon n'est pas absorbé : l'atome reste dans son état fondamental.

PIÈGE
Confondre le quantum de 3,0 eV avec le niveau d'énergie $-3{,}0$ eV. Ce qui compte est l'écart entre niveaux, pas la valeur d'un niveau.

COMPRENDRE
L'atome ne peut pas absorber une partie seulement du photon (2,1 eV sur 3,0 eV) : l'échange d'énergie se fait par quanta entiers.

Transformations spontanées ou forcées

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

1.1 Donner l'expression du quotient de réaction initial de la réaction entre le cuivre et le dibrome. Calculer sa valeur.

Données utiles $\mathrm{Cu\,(s) + Br_2\,(aq) = Cu^{2+}\,(aq) + 2\,Br^-\,(aq)}$; $[\mathrm{Br_2}]_i = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$

Le cuivre est un solide : il n'apparaît pas dans le quotient de réaction.

$$Q_{r,i} = \frac{[\mathrm{Cu^{2+}}]_i \times [\mathrm{Br^-}]_i^2}{[\mathrm{Br_2}]_i}$$

À l'instant initial, la solution ne contient ni ions cuivre (II) ni ions bromure : $[\mathrm{Cu^{2+}}]_i = [\mathrm{Br^-}]_i = 0$, alors que $[\mathrm{Br_2}]_i \neq 0$.

$Q_{r,i} = 0$

PIÈGE
Oublier l'exposant 2 sur $[\mathrm{Br^-}]$ (nombre stœchiométrique de l'ion bromure), ou faire figurer le cuivre solide dans l'expression.

COMPRENDRE
En toute rigueur chaque concentration est divisée par $c^\circ = 1\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$: le quotient de réaction est un nombre sans unité.

1.2 Dans quel sens le système va-t-il évoluer ? Justifier.

Données utiles $K_1 = 1{,}2 \times 10^{25}$; $Q_{r,i} = 0$ (1.1)

On compare le quotient de réaction initial à la constante d'équilibre : $Q_{r,i} = 0 < K_1 = 1{,}2 \times 10^{25}$.

D'après le critère d'évolution spontanée, Q_r doit augmenter pour atteindre K_1.

Le système évolue dans le **sens direct** : le cuivre et le dibrome sont consommés, il se forme des ions $\mathrm{Cu^{2+}}$ et $\mathrm{Br^-}$.

MÉTHODE
Critère d'évolution : $Q_{r,i} < K$, sens direct ; $Q_{r,i} > K$, sens inverse ; $Q_{r,i} = K$, le système est à l'équilibre et n'évolue pas.

1.3 La transformation est-elle forcée ou spontanée ?

La couleur jaune du dibrome disparaît et le filtrat devient bleu, couleur des ions $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq)}$: le système a bien évolué dans le sens direct prévu par le critère, donc Q_r s'est rapproché de K_1.

Cette évolution se fait sans aucun apport d'énergie par l'extérieur (pas de générateur).

La transformation est **spontanée**.

COMPRENDRE
Comme $K_1 > 10^4$, la transformation est de plus quasi totale : le dibrome, réactif limitant, disparaît entièrement, d'où la décoloration complète.

2.1 Calculer la valeur du quotient de réaction initial pour la réaction envisagée entre les ions $\mathrm{Cu^{2+}}$ et $\mathrm{Br^-}$.

Données utiles $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq) + 2\,Br^-\,(aq) = Cu\,(s) + Br_2\,(aq)}$; $[\mathrm{Cu^{2+}}]_i = 0{,}50\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$; $[\mathrm{Br^-}]_i = 1{,}0\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$

$$Q_{r,i} = \frac{[\mathrm{Br_2}]_i}{[\mathrm{Cu^{2+}}]_i \times [\mathrm{Br^-}]_i^2}$$

La solution ne contient pas de dibrome à l'instant initial : $[\mathrm{Br_2}]_i = 0$, et le dénominateur n'est pas nul.

$$Q_{r,i} = \frac{0}{0{,}50 \times 1{,}0^2}$$

$Q_{r,i} = 0$

PIÈGE
Reprendre l'expression de la question 1.1. L'équation est ici écrite dans l'autre sens : le quotient de réaction est l'inverse du précédent.

2.2 Quelle sera la valeur de ce quotient à l'équilibre ?

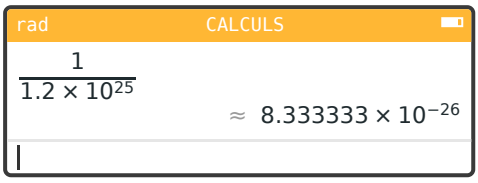
Données utiles $K_2 = 8{,}3 \times 10^{-26}$

À l'équilibre, le quotient de réaction prend la valeur de la constante d'équilibre associée à l'équation, quelle que soit la composition initiale.

$Q_{r,\text{éq}} = K_2 = 8{,}3 \times 10^{-26}$

COMPRENDRE
Cette équation est l'inverse de celle de la partie 1 : on vérifie que $K_2 = \dfrac{1}{K_1}$.

À LA CALCULATRICE



2.3 Justifier l'affirmation « la solution aqueuse de bromure de cuivre (II) est stable ».

Données utiles $Q_{r,i} = 0$ (2.1) ; $K_2 = 8{,}3 \times 10^{-26} \approx 0$ (donnée du sujet)

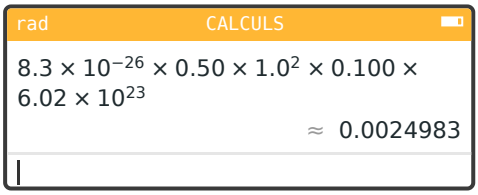
L'énoncé indique que l'on peut considérer $8{,}3 \times 10^{-26} \approx 0$, donc $K_2 \approx 0$.

Ainsi $Q_{r,i} \approx K_2$: dès l'instant initial, le système est dans son état d'équilibre. D'après le critère d'évolution, il n'évolue pas.

$Q_{r,i} \approx K_2$: les ions Cu^{2+} et Br^- ne réagissent pas entre eux, la solution est **stable**.

COMPRENDRE
Strictement, $Q_{r,i} < K_2$: sens direct. Mais à l'équilibre $[\text{Br}_2] = K_2 \times 0{,}50 \times 1{,}0^2 \approx 4 \times 10^{-26}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, soit moins d'une molécule dans les 100 mL : rien ne se forme.

À LA CALCULATRICE



3.1.1 Identifier l'anode et la cathode sur l'annexe à rendre avec la copie.

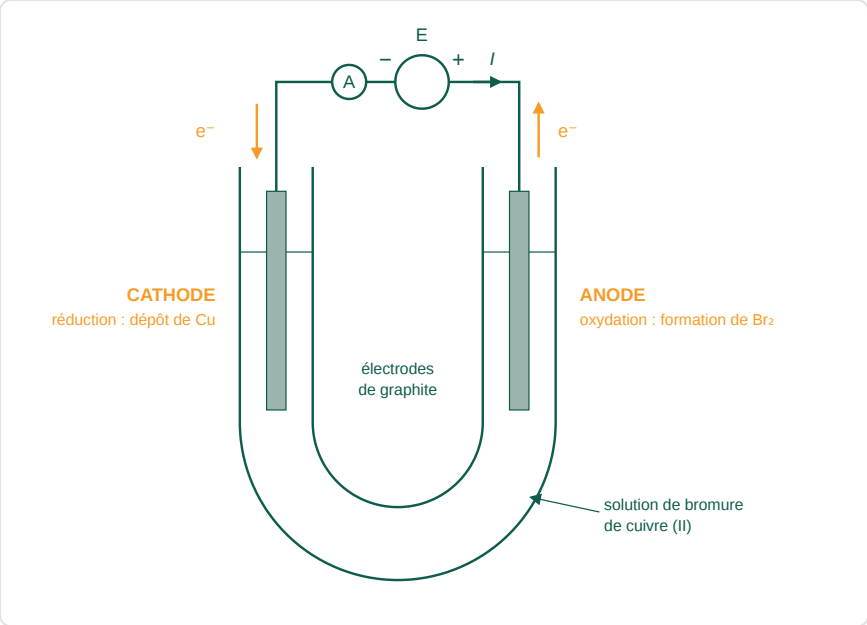
Dans les fils, les électrons circulent en sens inverse du courant I : ils sortent de la borne $-$ du générateur et rentrent par sa borne $+$.

L'électrode reliée à la borne $-$ (à gauche, côté ampèremètre) reçoit les électrons : une réduction s'y produit, c'est la cathode.

L'électrode reliée à la borne $+$ (à droite) cède des électrons au circuit : une oxydation s'y produit, c'est l'anode.

Électrode de gauche (borne $-$) : **cathode** ; électrode de droite (borne $+$) : **anode**.

MÉTHODE
Les définitions ne changent jamais : anode = oxydation, cathode = réduction. Ce qui change, c'est la polarité : dans un électrolyseur l'anode est reliée à la borne $+$ du générateur, dans une pile l'anode est le pôle $-$.



3.1.1 · Annexe complétée : nom des électrodes et sens de circulation des électrons

3.1.2 Écrire la demi-équation de la réaction qui a lieu à l'anode.

À l'anode a lieu une oxydation. Le seul réducteur présent en solution est l'ion bromure, du couple $\mathrm{Br_2\,(aq)\ /\ Br^-\,(aq)}$.

$$\mathrm{2\,Br^-\,(aq) = Br_2\,(aq) + 2\,e^-}$$

PIÈGE
Dans une oxydation, les électrons sont du côté des produits. Les écrire à gauche revient à décrire une réduction.

3.1.3 Écrire la demi-équation de la réaction qui a lieu à la cathode.

À la cathode a lieu une réduction. L'oxydant présent en solution est l'ion cuivre (II), du couple $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq)\ /\ Cu\,(s)}$.

$$\mathrm{Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Cu\,(s)}$$

COMPRENDRE
On observe donc un dépôt de cuivre métallique rouge sur l'électrode de graphite reliée à la borne $-$.

3.1.4 Écrire l'équation de la réaction d'électrolyse.

Les deux demi-équations mettent en jeu le même nombre d'électrons (2) : on les additionne membre à membre.

$$\mathrm{Cu^{2+}\,(aq) + 2\,Br^-\,(aq) = Cu\,(s) + Br_2\,(aq)}$$

COMPRENDRE
C'est exactement la réaction de la partie 2, de constante $K_2 \approx 0$, qui ne se produit pas seule.

3.1.5 La transformation associée à la réaction d'électrolyse est-elle spontanée ou forcée ? Aucune justification n'est demandée.

La transformation est **forcée**.

COMPRENDRE
Le générateur apporte de l'énergie électrique et impose le sens de circulation des électrons : le système évolue dans le sens inverse du sens spontané, Q_r s'éloigne de K_2.

3.2.1 Calculer la quantité d'électricité Q qui a traversé la solution de bromure de cuivre (II).

Données utiles $I = 1{,}00\ \text{A}$; $\Delta t = 1\ \text{h} = 3600\ \text{s}$

L'intensité est constante : $Q = I \times \Delta t$, avec Δt en secondes.

$$Q = 1{,}00 \times 3600$$

$$\boxed{Q = 3{,}60 \times 10^{3}\ \text{C}}$$

PIÈGE
Laisser la durée en heures. Le coulomb est un ampère-seconde : $1\ \text{C} = 1\ \text{A} \cdot \text{s}$.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme l'intensité $I = 1{,}00$ A ; la durée « 1 heure » est considérée comme exacte.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

1.00×3600

≈ 3600

3.2.2 Calculer la quantité de matière (en mol) d'électrons qui a été mise en jeu.

Données utiles $Q = 3{,}60 \times 10^{3}$ C (3.2.1) ; $1\ \text{faraday} = 96\,500\ \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$

Le faraday $\mathcal{F}$ est la valeur absolue de la charge d'une mole d'électrons : $Q = n(\text{e}^-) \times \mathcal{F}$.

$$n(\text{e}^-) = \frac{Q}{\mathcal{F}} = \frac{3{,}60 \times 10^{3}}{96\,500}$$

$$\boxed{n(\text{e}^-) = 3{,}73 \times 10^{-2}\ \text{mol}}$$

COMPRENDRE
Le faraday se retrouve avec les autres données : $\mathcal{F} = N_A \times e = 6{,}02 \times 10^{23} \times 1{,}602 \times 10^{-19} \approx 9{,}64 \times 10^{4}\ \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{3.60 \times 10^{3}}{96\,500}$

≈ 0.0373057

$6.02 \times 10^{23} \times 1.602 \times 10^{-19}$

≈ 96440.4

3.2.3 Calculer la quantité de matière (en mol) de cuivre qui s'est formée.

Données utiles $n(\text{e}^-) = 3{,}73 \times 10^{-2}$ mol (3.2.2)

À la cathode : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\,\text{e}^- = \text{Cu}(\text{s})$.

Pour un avancement x, il se forme $n(\text{Cu}) = x$ mol de cuivre et il circule $n(\text{e}^-) = 2x$ mol d'électrons. Donc :

$$n(\text{Cu}) = \frac{n(\text{e}^-)}{2} = \frac{I \times \Delta t}{2\,\mathcal{F}} = \frac{3{,}60 \times 10^{3}}{2 \times 96\,500}$$

$$\boxed{n(\text{Cu}) = 1{,}87 \times 10^{-2}\ \text{mol}}$$

PIÈGE
Écrire $n(\text{Cu}) = n(\text{e}^-)$: il faut deux électrons pour déposer un atome de cuivre. Ne pas non plus multiplier par 2 au lieu de diviser.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{3.60 \times 10^{3}}{2 \times 96\,500}$

≈ 0.01865285

3.2.4 Calculer la masse de cuivre obtenue.

Données utiles $n(\text{Cu})$ (3.2.3) ; $M(\text{Cu}) = 63{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \times M(\text{Cu}) = \frac{I \times \Delta t}{2\,\mathcal{F}} \times M(\text{Cu})$$

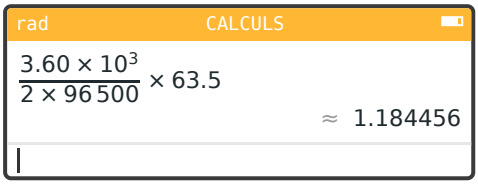
$$m(\text{Cu}) = \frac{3{,}60 \times 10^{3}}{2 \times 96\,500} \times 63{,}5$$

$$\boxed{m(\text{Cu}) = 1{,}18\ \text{g}}$$

MÉTHODE

Reprendre la valeur non arrondie de $n(\text{Cu})$ gardée en mémoire dans la calculatrice. Avec la valeur arrondie $1{,}87 \times 10^{-2}$ mol, on trouverait $1{,}19$ g.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Corrosion et protection des métaux

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

1.1 Quels ions sont apparus aux extrémités du clou (zone bleue) et dans sa partie centrale (zone rose) ?

D'après les tests du tableau, l'hexacyanoferrate (III) devient bleu en présence d'ions fer (II), et la phénolphtaléine rosit en présence d'ions hydroxyde.

Extrémités (zone bleue) : ions $\mathrm{Fe^{2+}(aq)}$; partie centrale (zone rose) : ions $\mathrm{HO^-(aq)}$.

MÉTHODE
Le gel contient les deux réactifs tests : chaque couleur observée se lit directement dans le tableau des tubes 1 à 3.

1.2 Écrire la demi-équation électronique traduisant la transformation du métal fer aux extrémités du clou.

Le fer métallique se transforme en ions fer (II) : il cède des électrons, c'est une oxydation.

$$\mathrm{Fe(s) = Fe^{2+}(aq) + 2\,e^-}$$

PIÈGE
Écrire $\mathrm{Fe^{3+}}$: le test bleu met en évidence l'ion fer (II), pas l'ion fer (III).

1.3 À partir de la demi-équation de réduction du dioxygène dissous, en déduire l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui se produit à la surface du clou.

La réduction du dioxygène consomme 4 électrons, l'oxydation d'un atome de fer en libère 2 : on multiplie la demi-équation du fer par 2, puis on additionne.

$$\mathrm{Fe(s) = Fe^{2+}(aq) + 2\,e^-} \quad (\times 2)$$

$$\mathrm{O_2(dissous) + 2\,H_2O(l) + 4\,e^- = 4\,HO^-(aq)}$$

$$\mathrm{2\,Fe(s) + O_2(dissous) + 2\,H_2O(l) = 2\,Fe^{2+}(aq) + 4\,HO^-(aq)}$$

MÉTHODE
Autant d'électrons cédés que captés : ils ne doivent plus apparaître dans l'équation finale. Vérifier ensuite les charges : 0 à gauche, $2\times 2-4=0$ à droite.

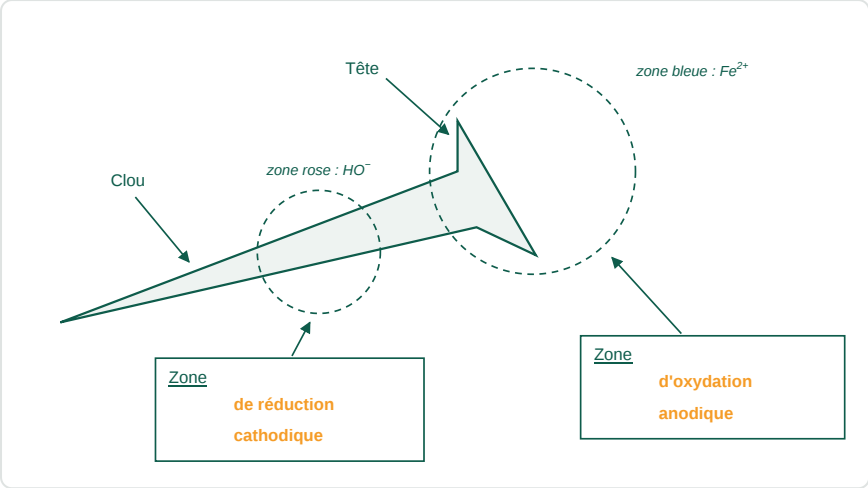
1.4 Compléter la figure 1 de l'annexe en indiquant les zones d'oxydation et de réduction, puis les zones anodique et cathodique.

À la tête du clou, le fer est oxydé : c'est la zone d'oxydation, donc la zone anodique.

Dans la partie centrale, le dioxygène est réduit : c'est la zone de réduction, donc la zone cathodique.

Tête : zone d'oxydation, anodique ; partie centrale : zone de réduction, cathodique.

COMPRENDRE
L'anode est toujours le siège de l'oxydation, la cathode celui de la réduction, dans une pile comme dans un électrolyseur. Les électrons circulent dans le métal du clou, de la tête vers le centre.



1.4 · Figure 1 de l'annexe complétée

2.1 Dans la boîte de Pétri (2), le clou est entouré d'une zone rose et la lame de zinc d'une zone blanche. Lequel des deux métaux est oxydé ? Justifier.

Le précipité blanc autour de la lame révèle des ions $\mathrm{Zn}^{2+}(\mathrm{aq})$: $\mathrm{Zn}(\mathrm{s}) = \mathrm{Zn}^{2+}(\mathrm{aq}) + 2\,\mathrm{e}^-$.

Aucune zone bleue n'apparaît autour du clou : il ne s'est pas formé d'ions Fe^{2+}.

C'est le zinc qui est oxydé ; le fer ne l'est pas.

COMPRENDRE
La zone rose autour de tout le clou montre que le dioxygène est réduit à la surface du fer, grâce aux électrons venus du zinc par le contact entre les deux métaux.

2.2 Expliquer pourquoi les constructeurs de bateaux fixent des blocs de zinc sur la coque en acier des navires.

L'eau de mer est un milieu humide et salé qui favorise la corrosion du fer de l'acier. Comme dans la boîte (2), lorsque le zinc est en contact avec le fer, c'est le zinc qui s'oxyde à sa place.

Les blocs de zinc se corrodent à la place de la coque en acier, qui est ainsi protégée.

COMPRENDRE
On parle d'anode sacrificielle : le bloc de zinc est consommé peu à peu et doit être remplacé régulièrement.

2.3.1 Le voltmètre (COM sur la coque en acier, V sur le bloc de zinc) indique -320 mV. En déduire les polarités de la pile {coque en acier, eau de mer, bloc de zinc}.

Données utiles $U = -320$ mV

Le voltmètre mesure $U = V_{\mathrm{Zn}} - V_{\mathrm{acier}}$ (borne V moins borne COM).

$U < 0$ donc $V_{\mathrm{Zn}} < V_{\mathrm{acier}}$: le zinc est au potentiel le plus bas.

Pôle $-$: le bloc de zinc ; pôle $+$: la coque en acier.

PIÈGE
Inverser les bornes : un voltmètre affiche une valeur positive seulement si sa borne V est reliée au pôle $+$. Ici la valeur est négative, donc la borne V est sur le pôle $-$.

2.3.2 La protection de la coque est-elle assurée ? Justifier.

Au pôle $-$ d'une pile, les électrons partent vers le circuit extérieur : il s'y produit une oxydation. C'est donc le zinc qui est oxydé, $\mathrm{Zn}(\mathrm{s}) = \mathrm{Zn}^{2+}(\mathrm{aq}) + 2\,\mathrm{e}^-$, et non le fer de la coque, qui reçoit les électrons.

Oui : le zinc est l'anode de la pile, il s'oxyde à la place de l'acier.

3.1 Compléter la figure 2 de l'annexe : lieu du dépôt de zinc, demi-équation sur la plaque de fer, sens de déplacement des électrons, polarités du générateur, demi-équation sur la lame de zinc.

Le zinc doit se déposer sur la plaque de fer : les ions zinc y sont réduits, $\mathrm{Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Zn\,(s)}$.

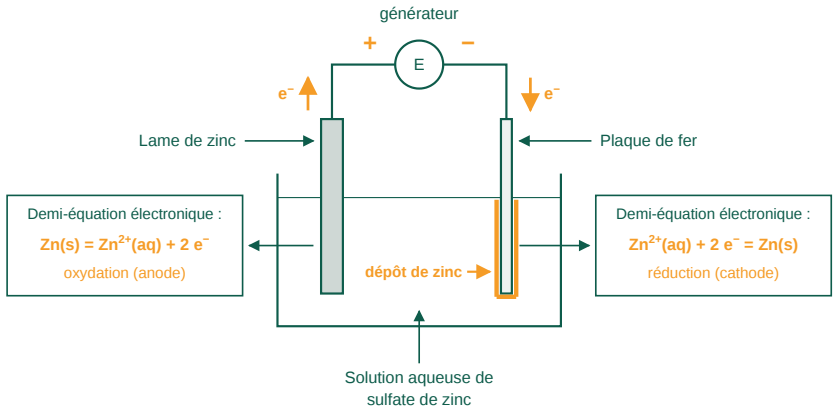
Cette réduction consomme des électrons : ils arrivent sur la plaque de fer, qui est donc reliée au pôle $-$ du générateur.

La lame de zinc est reliée au pôle $+$, qui attire les électrons : le zinc y est oxydé, $\mathrm{Zn\,(s) = Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^-}$.

Dépôt sur la plaque de fer (cathode, pôle $-$) ; électrons de la lame de zinc vers le pôle $+$, puis du pôle $-$ vers la plaque de fer.

PIÈGE
Raisonner comme pour une pile. Dans une électrolyse, le générateur impose le sens du courant : l'électrode reliée à son pôle $-$ est la cathode.

COMPRENDRE
Chaque ion $\mathrm{Zn^{2+}}$ consommé sur le fer est remplacé par un ion formé à la lame de zinc : la concentration du bain reste constante, la lame de zinc s'amincit.



3.1 · Figure 2 de l'annexe complétée

3.2.1 Calculer la masse de zinc à déposer.

Données utiles $V = 1{,}0 \times 10^3\ \mathrm{cm^3}$; $\rho = 7{,}14\ \mathrm{g \cdot cm^{-3}}$

$$m = \rho \times V$$

$$m = 7{,}14 \times 1{,}0 \times 10^3 = 7{,}1 \times 10^3\ \mathrm{g}$$

$$\boxed{m = 7{,}1 \times 10^3\ \mathrm{g} = 7{,}1\ \mathrm{kg}}$$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme V et I, les données les moins précises. On garde $7{,}14 \times 10^3$ g dans les calculs suivants pour ne pas cumuler les arrondis.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$7.14 \times 1.0 \times 10^3$

$\approx$ 7140

3.2.2 En déduire la quantité d'électrons (en mol) devant traverser le circuit.

Données utiles $m = 7{,}14 \times 10^3$ g (3.2.1) ; $M = 65{,}4\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

D'après $\mathrm{Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Zn\,(s)}$, il faut 2 moles d'électrons pour déposer 1 mole de zinc :

$$n(\mathrm{e^-}) = 2\,n(\mathrm{Zn}) = \frac{2\,m}{M}$$

$$n(\mathrm{e^-}) = \frac{2 \times 7{,}14 \times 10^3}{65{,}4} = 218\ \mathrm{mol}$$

$$\boxed{n(\mathrm{e^-}) = 2{,}2 \times 10^2\ \mathrm{mol}}$$

PIÈGE
Oublier le facteur 2 : la quantité d'électrons est le double de la quantité de zinc déposée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{2 \times 7.14 \times 10^3}{65.4}$

$\approx$ 218.3486

3.2.3 En déduire la durée de l'électrolyse.

Données utiles $n(\mathrm{e}^-) = 218$ mol (3.2.2) ; $I = 1{,}0$ kA ; $F = 96\,500$ C · mol^{-1}

La charge qui traverse le circuit s'écrit $Q = n(\mathrm{e}^-) \times F$ et $Q = I \times \Delta t$, d'où

$$\Delta t = \frac{n(\mathrm{e}^-) \times F}{I}$$

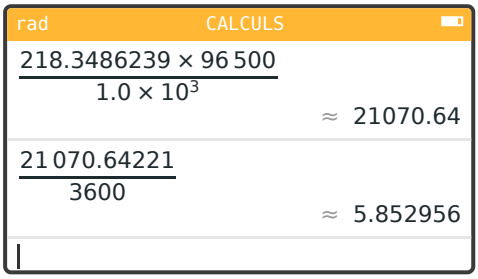
$$\Delta t = \frac{218 \times 96\,500}{1{,}0 \times 10^3} = 2{,}1 \times 10^4 \text{ s}$$

$\Delta t = 2{,}1 \times 10^4$ s, soit environ $5{,}9$ h.

PIÈGE
Laisser l'intensité en kA : $I = 1{,}0 \times 10^3$ A, sinon la durée est mille fois trop grande.

COMPRENDRE
Le faraday $F = N_A \times e$ est la charge d'une mole d'électrons : $6{,}02 \times 10^{23} \times 1{,}60 \times 10^{-19} \approx 9{,}63 \times 10^4$ C · mol^{-1}.

À LA CALCULATRICE



étude de satellites d'observation

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

1.1.1 Représenter sur la figure 1 la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite S. Donner son expression vectorielle en représentant le vecteur unitaire choisi.

La force est appliquée en S, portée par la droite (TS) et dirigée vers T (voir figure).

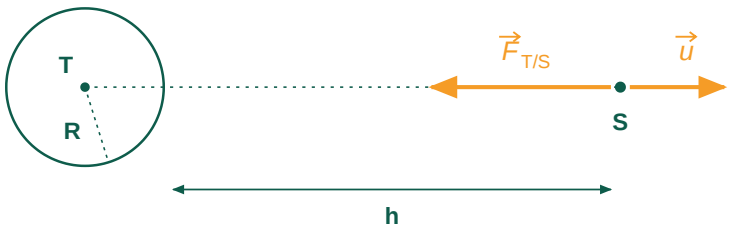
On choisit le vecteur unitaire $\vec{u}$ de direction (TS), orienté de T vers S.

La distance entre les centres est $TS = R + h$:

$$\overrightarrow{F}_{T/S} = -G\,\frac{m\,M}{(R+h)^2}\,\vec{u}$$

PIÈGE

Écrire h^2 au dénominateur : la distance d se mesure entre les centres, soit $R + h$. Le signe dépend du sens choisi pour $\vec{u}$: il doit traduire une force attractive.



1.1.1 · Figure 1 de l'annexe complétée : force et vecteur unitaire tracés en orange

1.1.2 Calculer la valeur de cette force.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ USI ; $m = 8200$ kg ; $M = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg ; $R = 6{,}38 \times 10^{3}$ km ; $h = 800$ km

$R + h = 6{,}38 \times 10^6 + 0{,}80 \times 10^6 = 7{,}18 \times 10^6$ m.

$$F_{T/S} = G\,\frac{m\,M}{(R+h)^2} = \frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 8200 \times 5{,}98 \times 10^{24}}{(7{,}18 \times 10^6)^2}$$

$$F_{T/S} = 6{,}34 \times 10^4 \text{ N}$$

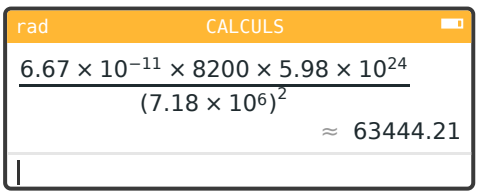
PIÈGE

Laisser R et h en kilomètres : avec G en unités SI, les distances sont en mètres. L'erreur multiplie le résultat par 10^6.

COMPRENDRE

G, M et R sont donnés avec trois chiffres significatifs : les résultats de l'exercice en gardent trois.

À LA CALCULATRICE



1.2 En considérant la seule action de la Terre, établir l'expression vectorielle de l'accélération du satellite dans le référentiel géocentrique, en fonction de M, h et R.

Système {satellite}, de masse m constante ; référentiel géocentrique supposé galiléen ; seule force : $\overrightarrow{F}_{T/S}$.

Deuxième loi de Newton : $\overrightarrow{F}_{T/S} = m\,\vec{a}$, soit $-G\,\frac{m\,M}{(R+h)^2}\,\vec{u} = m\,\vec{a}$.

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

COMPRENDRE

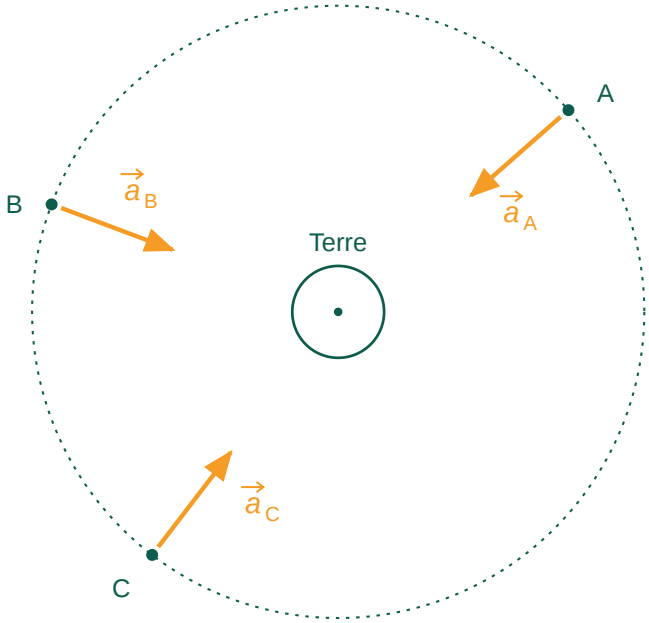
La masse m se simplifie : l'accélération, donc le mouvement, ne dépend pas de la masse du satellite. La constante G figure forcément dans l'expression, même si l'énoncé ne la cite pas.

1.3 Sur la figure 2, représenter, sans souci d'échelle, le vecteur accélération aux positions A, B et C du satellite.

D'après 1.2, $\vec{a}$ est colinéaire à $\vec{u}$ et de sens opposé : en chaque point il est porté par le rayon et dirigé vers le centre de la Terre. Sa valeur $\dfrac{GM}{(R+h)^2}$ est la même partout sur l'orbite.

Trois vecteurs de même longueur, d'origines A, B et C, pointant vers le centre de la Terre.

PIÈGE
Tracer $\vec{a}$ tangent à la trajectoire, comme une vitesse, ou avec des longueurs différentes : l'altitude est constante, donc la valeur de l'accélération aussi.



1.3 · Figure 2 de l'annexe complétée : accélération dirigée vers le centre de la Terre, même longueur en A, B et C

1.4 Montrer que, pour un mouvement circulaire (admis uniforme), la vitesse du satellite a pour expression $v = \sqrt{\dfrac{GM}{R+h}}$.

Pour un mouvement circulaire uniforme de rayon $R+h$, l'accélération est centripète, de valeur $a = \dfrac{v^2}{R+h}$.

En égalant avec la valeur trouvée en 1.2 :

$$\frac{v^2}{R+h} = \frac{GM}{(R+h)^2} \quad \text{donc} \quad v^2 = \frac{GM}{R+h}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

MÉTHODE
Satellite en orbite circulaire : 1) deuxième loi de Newton pour obtenir $\vec{a}$; 2) accélération centripète v^2/r ; 3) égalité des deux valeurs. On en tire v, puis T.

1.5 Calculer la vitesse du satellite en $\mathrm{km \cdot s^{-1}}$.

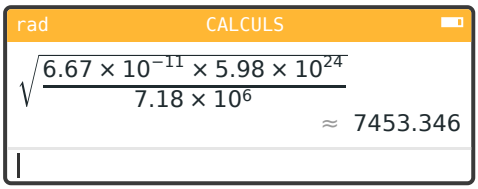
Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ USI ; $M = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg ; $R + h = 7{,}18 \times 10^{6}$ m (1.1.2)

$$v = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}98 \times 10^{24}}{7{,}18 \times 10^{6}}} = 7{,}45 \times 10^{3}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

$v = 7{,}45\ \mathrm{km \cdot s^{-1}}$

PIÈGE
La formule donne des $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$: il reste à diviser par 1000 pour répondre dans l'unité demandée.

À LA CALCULATRICE



1.6 Donner l'expression de la période de révolution du satellite en fonction de sa vitesse et de R et h, puis calculer sa valeur.

Données utiles v (1.5) ; $R + h = 7{,}18 \times 10^{6}$ m

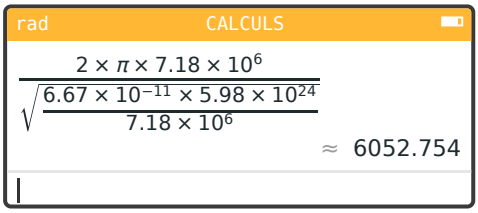
Pendant une période T, le satellite parcourt à vitesse constante la circonférence $2\pi(R+h)$: $v = \dfrac{2\pi(R+h)}{T}$, donc

$$T = \frac{2\pi\,(R+h)}{v} = \frac{2\pi \times 7{,}18 \times 10^{6}}{7{,}453 \times 10^{3}}$$

$T = 6{,}05 \times 10^{3}$ s, soit environ 1 h 41 min.

PIÈGE
Reprendre la valeur arrondie $7{,}45 \times 10^{3}$ donne $6{,}06 \times 10^{3}$ s. On garde la valeur de v en mémoire dans la calculatrice et on n'arrondit qu'à la fin.

À LA CALCULATRICE



2.1 Donner les trois conditions à remplir par METEOSAT 8 pour qu'il soit géostationnaire.

Pour rester immobile par rapport au sol, le satellite doit :

- décrire une orbite circulaire située dans le plan de l'équateur terrestre ;
- tourner dans le même sens que la Terre autour de l'axe des pôles ;
- avoir une période de révolution égale à la période de rotation propre de la Terre (1436 min).

Orbite circulaire équatoriale, même sens de rotation que la Terre, période de 1436 min.

COMPRENDRE
ENVISAT ne peut pas être géostationnaire : son orbite passe par les pôles et sa période (1.6) est bien plus courte que 1436 min.

2.2 À partir des réponses 1.4 et 1.6, établir l'expression de la constante $K = \dfrac{T^2}{r^3}$ en fonction de G et M, puis calculer K en unités SI.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ USI ; $M = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg

Avec $r = R + h$: $T = \dfrac{2\pi r}{v}$ (1.6), donc $T^2 = \dfrac{4\pi^2 r^2}{v^2}$. Or $v^2 = \dfrac{G\,M}{r}$ (1.4), d'où

$$T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{G\,M} \quad \text{soit} \quad K = \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G\,M}$$

$$K = \frac{4\pi^2}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}98 \times 10^{24}}$$

$$\boxed{K = \frac{4\pi^2}{G\,M} = 9{,}90 \times 10^{-14}\ \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}}$$

COMPRENDRE
K ne dépend que de la masse M de l'astre attracteur : la même constante vaut pour ENVISAT, METEOSAT 8 et l'orbite de transfert.

À LA CALCULATRICE

rad — CALCULS

$$\frac{4 \times \pi^2}{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}} \approx 9.897664 \times 10^{-14}$$

2.3 En déduire, pour METEOSAT 8, la valeur de $R + H$, puis celle de H.

Données utiles K (2.2) ; période : 1436 min ; $R = 6{,}38 \times 10^3$ km

Satellite géostationnaire : $T = 1436 \times 60 = 86\,160$ s.

Troisième loi de Kepler : $\dfrac{T^2}{(R+H)^3} = K$, donc $R + H = \sqrt[3]{\dfrac{T^2}{K}}$.

$$R + H = \sqrt[3]{\frac{86\,160^2}{9{,}898 \times 10^{-14}}} = 4{,}22 \times 10^7\ \text{m}$$

$H = 4{,}22 \times 10^7 - 6{,}38 \times 10^6 = 3{,}58 \times 10^7$ m.

$\boxed{R + H = 4{,}22 \times 10^4 \text{ km et } H = 3{,}58 \times 10^4 \text{ km, valeur voisine des 36 000 km annoncés.}}$

PIÈGE
Laisser la période en minutes, ou annoncer $4{,}22 \times 10^4$ km comme altitude : c'est le rayon de l'orbite, il faut encore retrancher R.

À LA CALCULATRICE

rad — CALCULS

$$1436 \times 60 = 86\,160$$

$$\sqrt[3]{\frac{86\,160^2}{9.898 \times 10^{-14}}} \approx 4.217172 \times 10^7$$

$$4.22 \times 10^7 - 6.38 \times 10^6 \approx 3.582 \times 10^7$$

2.4.1 Calculer la longueur r du demi-grand axe de l'orbite de transfert.

Données utiles altitude du périgée P : 200 km ; altitude de l'apogée A : 36 000 km ; $R = 6{,}38 \times 10^3$ km

Le grand axe PA traverse la Terre de part en part : sa longueur est la somme de l'altitude de P, du diamètre terrestre et de l'altitude de A.

$$2r = 200 + 2 \times 6{,}38 \times 10^3 + 36\,000 = 48\,960\ \text{km}$$

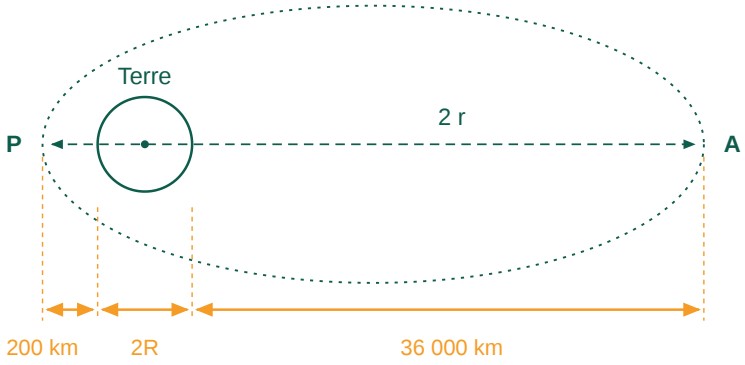
$$\boxed{r = 24\,480\ \text{km} \approx 2{,}45 \times 10^4\ \text{km}}$$

PIÈGE
Oublier le diamètre de la Terre, ou n'ajouter qu'un seul rayon : les altitudes sont comptées depuis le sol, de chaque côté de la planète.

À LA CALCULATRICE

rad — CALCULS

$$\frac{200 + 2 \times 6.38 \times 10^3 + 36\,000}{2} \approx 24480$$



2.4.1 · Figure 3 de l'annexe (sans souci d'échelle) : décomposition du grand axe $PA = 2r$

2.4.2 À l'aide de la troisième loi de Kepler, en déduire la période T du satellite sur cette orbite de transfert.

Données utiles K (2.2) ; $r = 2{,}448 \times 10^7$ m (2.4.1)

La constante K est la même pour toute orbite autour de la Terre :
$\frac{T^2}{r^3} = K$, donc $T = \sqrt{K\,r^3}$.

$$T = \sqrt{9{,}898 \times 10^{-14} \times (2{,}448 \times 10^7)^3}$$

$T = 3{,}81 \times 10^4$ s, soit environ 10 h 35 min.

COMPRENDRE

Le demi-grand axe de l'orbite de transfert est plus petit que le rayon de l'orbite géostationnaire : la période est donc plus courte que 1436 min, ce que le calcul confirme.

À LA CALCULATRICE

