Corrigé complet — Bac S 2009 Métropole (ancien programme)

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

Ex 1	**Spécialité : Détection d'exoplanètes** Télescope de Newton · Diamètre apparent · Système afocal · Grossissement · Troisième loi de Kepler · Méthode des transits	4 pts	52 min	14 questions	p. 2
Ex 2	**Le synthol(R)** Groupes caractéristiques · Acide faible et taux d'avancement final · Dilution · Indicateur coloré · Titrage conductimétrique · Équivalence	6,5 pts	1 h 18	16 questions	p. 7
Ex 3	**Frottements avec l'air: qu'en dit la NASA?** Champ de pesanteur uniforme · Poussée d'Archimède · Deuxième loi de Newton · Chute verticale avec frottements · Vitesse limite · Énergie cinétique et puissance	5,5 pts	1 h 05	13 questions	p. 13
Ex 4	**Airbag et condensateur, quel rapport?** Circuit RC série · Charge d'un condensateur · Constante de temps · Capacité et géométrie du condensateur · Relation entre intensité et charge · Capteur capacitif	4 pts	52 min	12 questions	p. 18

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.

Spécialité : Détection d'exoplanètes

Bac S 2009 Métropole (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

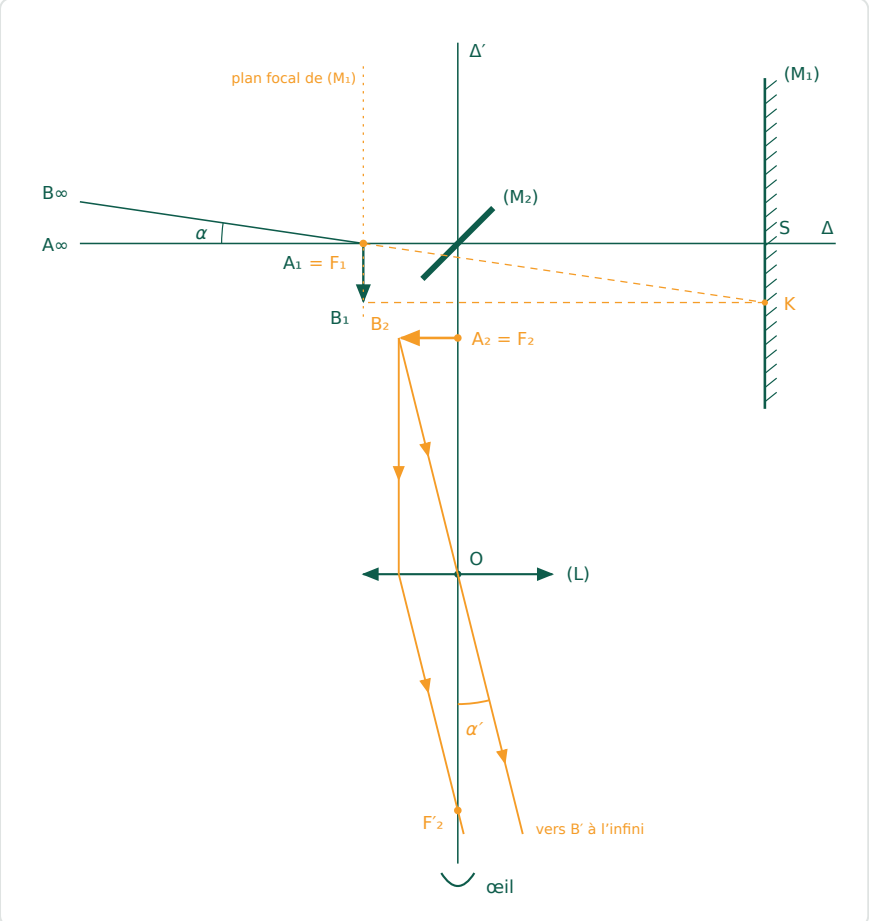
1.1 Indiquer, en justifiant, la position du foyer F_1 du miroir primaire sur la figure 3 de l'annexe.

L'objet AB est à l'infini : le miroir sphérique (M_1) en donne une image A_1B_1 située dans son plan focal.

Le point A est sur l'axe optique Δ, donc son image A_1 est le foyer lui-même.

F_1 est confondu avec A_1, sur l'axe Δ (voir la figure).

COMPRENDRE
Tout se passe comme pour une lentille convergente : des rayons parallèles à l'axe convergent au foyer après réflexion, et $SF_1 = f_1$.



1.1 · Figure 3 de l'annexe complétée (questions 1.1, 1.3.1, 1.4.2 et 1.5.1) : en orange, ce que l'élève ajoute

1.2 Donner l'expression du diamètre apparent α en fonction de A_1B_1 et f_1 (α petit, en radians).

Le rayon issu de B_∞ qui passe par F_1 fait l'angle α avec Δ. Il atteint le miroir en K et repart parallèlement à Δ, donc $SK = A_1B_1$.

Dans le triangle F_1SK, rectangle en S : $\tan\alpha = \dfrac{SK}{SF_1} = \dfrac{A_1B_1}{f_1}$.

Comme α est petit, $\tan\alpha = \alpha$:

$$\alpha = \frac{A_1B_1}{f_1} \text{ (en radians)}$$

PIÈGE
Les deux longueurs doivent être dans la même unité, et la relation $\tan\alpha = \alpha$ n'est valable qu'avec α en radians.

1.3.1 Indiquer sur la figure 3 la position de l'image A_2B_2 de A_1B_1 donnée par le miroir plan (M_2).

Un miroir plan donne d'un objet une image symétrique par rapport à son plan.

(M_2) est incliné de 45° : le symétrique de A_1 (sur Δ) est A_2, sur Δ′, à la même distance du miroir, et A_2B_2 est perpendiculaire à Δ′.

A_2B_2 est le symétrique de A_1B_1 par rapport au plan de (M_2) (voir la figure de la question 1.1).

MÉTHODE
Pour construire le symétrique d'un point, tracer la perpendiculaire au miroir passant par ce point et reporter la même distance de l'autre côté.

1.3.2 Quelle relation existe-t-il entre les longueurs A_1B_1 et A_2B_2 ?

La symétrie par rapport à un plan conserve les longueurs.

$A_2B_2 = A_1B_1$

1.4.1 Le réglage étant afocal, où se trouve l'image définitive $A'B'$ donnée par l'oculaire ?

A_2B_2 est dans le plan focal objet de l'oculaire (L) : A_2 est confondu avec F_2.

L'image définitive $A'B'$ se forme à l'infini.

COMPRENDRE
C'est l'intérêt du réglage afocal : l'œil regarde une image à l'infini, donc sans accommoder, ce qui évite la fatigue.

1.4.2 Justifier la réponse précédente en traçant deux rayons caractéristiques issus de B_2 et traversant l'oculaire (L).

Depuis B_2, on trace (en orange sur la figure de la question 1.1) :

- le rayon passant par le centre optique O, qui n'est pas dévié ;
- le rayon parallèle à Δ′, qui ressort en passant par le foyer image F_2' .

Les deux rayons émergents sont parallèles entre eux : ils se coupent à l'infini, où se forme B'.

PIÈGE
F_2' doit être placé à la même distance de O que F_2, de l'autre côté de la lentille. Mal placé, il donne des rayons émergents qui ne sont plus parallèles.

1.5.1 Faire figurer sur la figure 3 le diamètre apparent α' sous lequel le couple est vu à travers le télescope.

A' est à l'infini dans la direction de Δ′ ; B' est à l'infini dans la direction des rayons émergents.

α' est l'angle entre l'axe Δ′ et les rayons qui sortent de l'oculaire (voir la figure de la question 1.1).

1.5.2 Exprimer α' en fonction de A_2B_2 et de f_2 (α' petit, en radians).

Le rayon B_2O n'est pas dévié : l'angle $\widehat{A_2OB_2}$ est égal à α' (angles opposés par le sommet).

Dans le triangle OA_2B_2, rectangle en A_2, avec $OA_2 = OF_2 = f_2$: $\tan\alpha' = \dfrac{A_2B_2}{f_2}$.

$\alpha' = \dfrac{A_2B_2}{f_2}$ (en radians)

1.5.3 Montrer que le grossissement $G_r = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$ s'écrit $G_r = \dfrac{f_1}{f_2}$, puis calculer sa valeur.

Données utiles $f_1 = 1200$ mm ; $f_2 = 30$ mm ; $\alpha = \dfrac{A_1B_1}{f_1}$ (1.2) ; $A_2B_2 = A_1B_1$ (1.3.2) ; $\alpha' = \dfrac{A_2B_2}{f_2}$ (1.5.2)

$$G_r = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A_2B_2}{f_2} \times \frac{f_1}{A_1B_1}$$

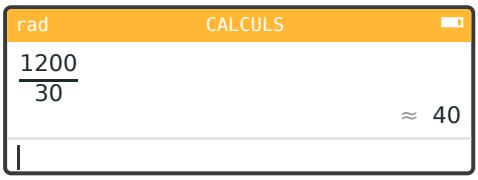
Comme $A_2B_2 = A_1B_1$, il reste $G_r = \dfrac{f_1}{f_2}$.

$$G_r = \frac{1200}{30}$$

$$\boxed{G_r = \frac{f_1}{f_2} = 40 \text{ (sans unité)}}$$

COMPRENDRE
C'est la même expression que pour la lunette astronomique afocale : le miroir primaire joue le rôle de l'objectif. Un oculaire de plus courte focale grossit davantage.

À LA CALCULATRICE



1.6.1 Estimer la valeur du diamètre apparent α sous lequel le couple étoile - exoplanète est vu à l'œil nu.

Données utiles distance planète - étoile $d = 0{,}045$ u.a ; distance à la Terre $D = 153$ a.l ; 1 u.a $= 150 \times 10^6$ km ; 1 a.l $= 9{,}5 \times 10^{15}$ m

Le segment étoile - planète, de longueur d, est vu depuis la Terre à la distance D : $\tan\alpha = \dfrac{d}{D}$, et α est petit, donc $\alpha = \dfrac{d}{D}$.

En mètres : $d = 0{,}045 \times 150 \times 10^6 \times 10^3 = 6{,}75 \times 10^9$ m et $D = 153 \times 9{,}5 \times 10^{15} = 1{,}45 \times 10^{18}$ m.

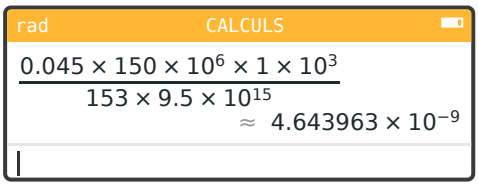
$$\alpha = \frac{6{,}75 \times 10^9}{1{,}45 \times 10^{18}}$$

$$\boxed{\alpha = 4{,}6 \times 10^{-9} \text{ rad}}$$

PIÈGE
L'unité astronomique est donnée en kilomètres, l'année de lumière en mètres : sans le facteur 10^3, le résultat est mille fois trop petit.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme 0,045 u.a et $9{,}5 \times 10^{15}$ m, les données les moins précises.

À LA CALCULATRICE



1.6.2 Calculer la valeur du diamètre apparent α' sous lequel le couple est vu à travers le télescope.

Données utiles $G_r = 40$ (1.5.3) ; $\alpha = 4{,}6 \times 10^{-9}$ rad (1.6.1)

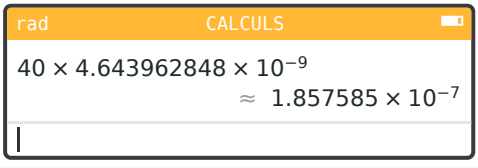
D'après la définition du grossissement : $\alpha' = G_r \times \alpha$.

$$\alpha' = 40 \times 4{,}64 \times 10^{-9}$$

$$\boxed{\alpha' = 1{,}9 \times 10^{-7} \text{ rad}}$$

PIÈGE
Reprendre la valeur non arrondie de α : avec $4{,}6 \times 10^{-9}$, on trouve $1{,}84 \times 10^{-7}$, arrondi à tort à $1{,}8 \times 10^{-7}$ rad.

À LA CALCULATRICE



1.6.3 Montrer que, même sans l'éblouissement dû à l'étoile, Léa et Julie n'auraient pas pu séparer l'étoile et sa planète.

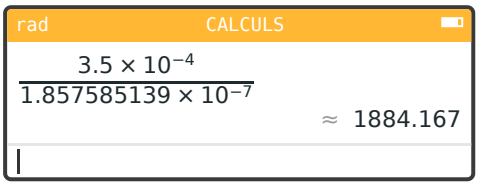
Données utiles deux points sont discernables si l'angle est au moins égal à $3{,}5 \times 10^{-4}$ rad ; $\alpha' = 1{,}9 \times 10^{-7}$ rad (1.6.2)

$1{,}9 \times 10^{-7}\ \text{rad} < 3{,}5 \times 10^{-4}\ \text{rad}$: l'angle sous lequel le couple est vu dans le télescope est environ 1900 fois plus petit que le plus petit angle que l'œil sépare.

$\alpha' \ll 3{,}5 \times 10^{-4}$ rad : l'étoile et sa planète se confondent en un seul point, elles ne sont pas séparées.

COMPRENDRE
Il faudrait un grossissement d'environ $40 \times 1900 \approx 75\,000$, hors de portée d'un télescope d'amateur : d'où le recours à une méthode indirecte.

À LA CALCULATRICE



2.1 D'après la figure 5, quelle est la période de révolution T de la planète HD 209458 b ? L'exprimer en secondes.

Données utiles 1 jour = 86 400 s

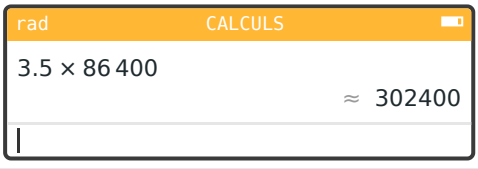
La luminosité chute à chaque passage de la planète devant l'étoile. Deux chutes successives ont lieu aux dates $t_1 = 2{,}0$ j et $t_2 = 5{,}5$ j.

$T = t_2 - t_1 = 3{,}5$ j, soit $T = 3{,}5 \times 86\,400$ s.

$T = 3{,}5\ \text{j} = 3{,}0 \times 10^5$ s

COMPRENDRE
La lecture graphique donne deux chiffres significatifs. La durée d'une chute (environ 0,1 j) est celle du transit, pas la période.

À LA CALCULATRICE



2.2 Avec la troisième loi de Kepler, calculer le demi-grand axe a de l'orbite de la planète, puis comparer à la distance moyenne planète - étoile du document 1.

Données utiles $T = 3{,}5 \times 86\,400$ s (2.1) ; $M = 1{,}057 \times M_S$; $M_S = 2{,}00 \times 10^{30}$ kg ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ S.I. ; $d = 0{,}045$ u.a ; 1 u.a $= 150 \times 10^6$ km

$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$ donne $a^3 = \frac{G\,M\,T^2}{4\pi^2}$, soit $a = \sqrt[3]{\frac{G\,M\,T^2}{4\pi^2}}$, où M est la masse de l'étoile.

Avec $M = 1{,}057 \times 2{,}00 \times 10^{30} = 2{,}114 \times 10^{30}$ kg et $T = 3{,}024 \times 10^5$ s :

$$a = \sqrt[3]{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 2{,}114 \times 10^{30} \times (3{,}024 \times 10^5)^2}{4\pi^2}}$$

soit $a = 6{,}9 \times 10^9$ m.

Document 1 : $d = 0{,}045 \times 150 \times 10^6 = 6{,}75 \times 10^6$ km, soit environ $6{,}8 \times 10^6$ km.

L'écart relatif est d'environ 2 %, inférieur à l'incertitude de lecture de T.

$a = 6{,}9 \times 10^9$ m $= 6{,}9 \times 10^6$ km : valeur en accord avec la distance moyenne du document 1.

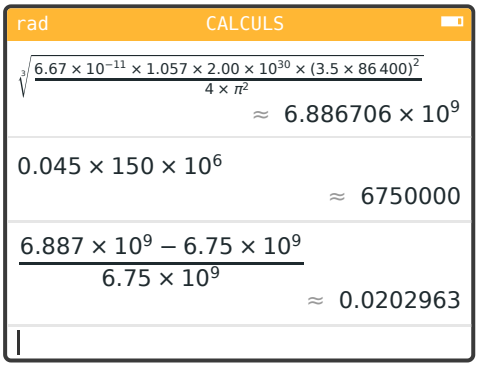
PIÈGE

Utiliser la masse de l'étoile, pas celle de la planète : M_J et M_b ne servent pas ici. T doit être en secondes pour obtenir a en mètres.

MÉTHODE

Isoler a^3 avant de passer aux nombres, puis prendre la racine cubique avec la puissance $1/3$ entre parenthèses à la calculatrice.

À LA CALCULATRICE



Le synthol(R)

Bac S 2009 Métropole (ancien programme) · Exercice 2 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Attribuer à l'acide salicylique, au résorcinol et au vératrole le numéro de la molécule qui leur correspond.

- La molécule n°2 porte un groupe carboxyle $-CO_2H$, caractéristique des acides carboxyliques : c'est l'acide salicylique.
- La molécule n°3 porte deux groupes hydroxyle $-OH$: c'est le résorcinol.
- La molécule n°1 n'a ni groupe carboxyle ni groupe hydroxyle (deux groupes $-OCH_3$) : par élimination, c'est le vératrole.

Vératrole : n°1 ; acide salicylique : n°2 ; résorcinol : n°3.

PIÈGE
La molécule n°2 possède aussi un groupe hydroxyle, mais un seul. C'est le groupe carboxyle qui la désigne comme acide salicylique.

1.2.1 Écrire l'équation de la réaction de l'acide salicylique AH avec l'eau.

L'acide AH cède un ion H^+ à l'eau, qui joue le rôle de base :

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

COMPRENDRE
Le signe « = » est la notation de l'ancien programme pour une transformation non totale. Aujourd'hui, on écrit une double flèche $\rightleftharpoons$ pour un acide faible dans l'eau.

1.2.2 Construire le tableau d'évolution du système et le compléter avec des expressions littérales.

Avancement et quantités de matière en mol :

État	Avancement	AH	H_2O	A^-	H_3O^+
initial	0	n_0	solvant	0	0
en cours	x	$n_0 - x$	solvant	x	x
final (équilibre)	$x_{éq}$	$n_0 - x_{éq}$	solvant	$x_{éq}$	$x_{éq}$

À l'équilibre : $n(AH) = n_0 - x_{éq}$ et $n(A^-) = n(H_3O^+) = x_{éq}$.

PIÈGE
Écrire x_{max} dans la dernière ligne. La transformation n'est pas supposée totale : l'état final est un état d'équilibre, d'avancement $x_{éq}$.

1.2.3 Donner la relation entre l'avancement à l'équilibre $x_{éq}$, V_0 et le pH de la solution.

D'après le tableau, $n(H_3O^+)_{éq} = x_{éq}$, donc $[H_3O^+]_{éq} = \dfrac{x_{éq}}{V_0}$.

Par définition du pH : $[H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH}$ (en $mol \cdot L^{-1}$).

$$x_{éq} = 10^{-pH} \times V_0$$

COMPRENDRE
On néglige les ions H_3O^+ apportés par l'autoprotolyse de l'eau : à pH 2,6, ils sont en quantité infime devant ceux que fournit l'acide.

1.2.4 Calculer l'avancement à l'équilibre $x_{éq}$ pour la solution préparée.

Données utiles $pH = 2{,}6$; $V_0 = 100{,}0\ mL = 0{,}1000\ L$; relation de la question 1.2.3

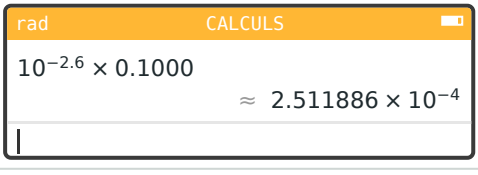
$$x_{éq} = 10^{-pH} \times V_0 = 10^{-2{,}6} \times 0{,}1000$$

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

PIÈGE
Laisser V_0 en millilitres. La concentration 10^{-pH} est en $mol \cdot L^{-1}$: le volume doit être en litres.

COMPRENDRE
Le pH n'est donné qu'au dixième : le résultat ne mérite pas plus de deux chiffres significatifs, même si V_0 en compte quatre.

À LA CALCULATRICE



1.2.5 Définir le taux d'avancement à l'équilibre, calculer sa valeur et dire si la transformation est totale.

Données utiles $x_{éq} = 2{,}5 \times 10^{-4}$ mol (1.2.4) ; $n_0 = 7{,}20 \times 10^{-4}$ mol

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

L'eau est le solvant, en large excès : AH est le réactif limitant. Si la transformation était totale, $n_0 - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = n_0$.

$$\tau = \frac{x_{éq}}{n_0} = \frac{2{,}5 \times 10^{-4}}{7{,}20 \times 10^{-4}} = 0{,}35$$

$\tau = 0{,}35 = 35\ \%$; $\tau < 1$: la transformation n'est pas totale, l'acide salicylique est un acide faible.

MÉTHODE
Pour juger si une transformation est totale, comparer τ à 1 : $\tau = 1$ signifie totale, $\tau < 1$ signifie limitée. Un taux se donne sans unité ou en pourcentage.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{2.5 \times 10^{-4}}{7.20 \times 10^{-4}}$ ≈ 0.3472222

2.1 Calculer la quantité de matière d'acide salicylique contenue dans $V_A = 100{,}0$ mL de Synthol, puis vérifier que sa concentration est $c_A = 7{,}23 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données utiles notice : 0,0105 g d'acide salicylique pour 100 g de solution ; $\rho = 0{,}950\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M_A = 138\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse de 100,0 mL de solution : $m_{sol} = \rho \times V_A = 0{,}950 \times 100{,}0 = 95{,}0$ g.

Masse d'acide salicylique, par proportionnalité avec la notice : $m_A = \dfrac{0{,}0105 \times 95{,}0}{100} = 9{,}98 \times 10^{-3}$ g.

Quantité de matière : $n_A = \dfrac{m_A}{M_A} = \dfrac{9{,}98 \times 10^{-3}}{138} = 7{,}23 \times 10^{-5}$ mol.

Concentration : $c_A = \dfrac{n_A}{V_A} = \dfrac{7{,}23 \times 10^{-5}}{0{,}1000}$

$n_A = 7{,}23 \times 10^{-5}$ mol et $c_A = 7{,}23 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: c'est la valeur annoncée.

PIÈGE
Confondre 100 g et 100 mL de solution. La notice donne une composition pour 100 g ; or 100,0 mL de Synthol ne pèsent que 95,0 g.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.0105 \times 0.950 \times 100.0}{100}$ ≈ 0.009975

$\dfrac{\frac{0.0105 \times 0.950 \times 100.0}{100}}{138}$ ≈ 7.228261×10^{-5}

$\dfrac{7.23 \times 10^{-5}}{0.1000}$ ≈ 7.23×10^{-4}

2.2.1 Définir l'équivalence, puis écrire la relation entre la quantité d'acide salicylique $n_i(\mathrm{C_7H_6O_3})$ et la quantité d'ions hydroxyde $n(\mathrm{HO^-})$ versée pour l'atteindre.

À l'équivalence, les réactifs ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques de la réaction support du dosage : l'acide et les ions hydroxyde versés sont tous deux entièrement consommés. C'est aussi le moment où le réactif limitant change.

D'après l'équation, une mole d'acide réagit avec une mole d'ions hydroxyde, donc $n_i(\mathrm{C_7H_6O_3}) - x_E = 0$ et $n(\mathrm{HO^-}) - x_E = 0$.

À l'équivalence : $n_i(\mathrm{C_7H_6O_3}) = n(\mathrm{HO^-})_{\text{versé}}$

PIÈGE
Définir l'équivalence par « le pH vaut 7 » ou « les concentrations sont égales ». La définition porte sur des quantités de matière en proportions stœchiométriques.

2.2.2 Donner un encadrement de la concentration c_B de la solution d'hydroxyde de sodium pour que le volume équivalent V_{BE} soit compris entre 5,0 mL et 20,0 mL.

Données utiles $n_A = 7{,}23 \times 10^{-5}$ mol dans $V_A = 100{,}0$ mL (2.1)

À l'équivalence : $n_A = c_B \times V_{BE}$, donc $c_B = \dfrac{n_A}{V_{BE}}$. Plus V_{BE} est grand, plus c_B est petite.

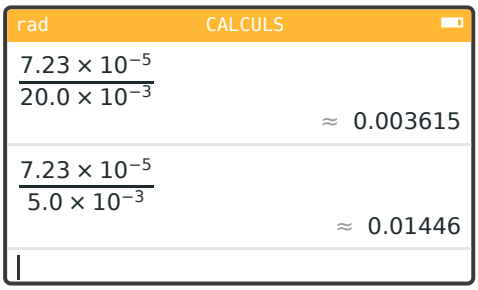
Pour $V_{BE} = 20{,}0$ mL : $c_B = \dfrac{7{,}23 \times 10^{-5}}{20{,}0 \times 10^{-3}} = 3{,}6 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

Pour $V_{BE} = 5{,}0$ mL : $c_B = \dfrac{7{,}23 \times 10^{-5}}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 1{,}4 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

$3{,}6 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}} \leqslant c_B \leqslant 1{,}4 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

PIÈGE
Associer la plus petite concentration au plus petit volume. c_B et V_{BE} varient en sens inverse : la borne 5,0 mL donne la concentration maximale.

À LA CALCULATRICE



2.2.3 Décrire, en le justifiant, le protocole de préparation de 50,0 mL de solution de concentration $c_B = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à partir de la solution S_0, en précisant la verrerie.

Données utiles $c_0 = 1{,}0 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_B = 50{,}0\ \text{mL}$

Il s'agit d'une dilution : la quantité de soluté prélevée dans S_0 se retrouve dans la solution préparée, soit $c_0 \times V_p = c_B \times V_B$.

$$V_p = \frac{c_B \times V_B}{c_0} = \frac{1{,}0 \times 10^{-2} \times 50{,}0}{1{,}0 \times 10^{-1}} = 5{,}0\ \text{mL}$$

Protocole :

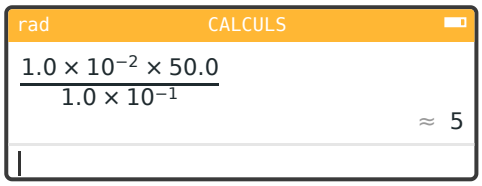
- verser un peu de S_0 dans un bécher et y prélever 5,0 mL avec une pipette jaugée de 5,0 mL munie d'une propipette ;
- les introduire dans une fiole jaugée de 50,0 mL ;
- ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher et agiter ;
- compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et homogénéiser.

On prélève $V_p = 5{,}0\ \text{mL}$ de S_0 (pipette jaugée) que l'on dilue dans une fiole jaugée de 50,0 mL : dilution au dixième.

PIÈGE
Citer une éprouvette graduée ou un bécher pour mesurer les volumes. Une dilution précise exige de la verrerie jaugée : pipette pour le prélèvement, fiole pour le volume final.

COMPRENDRE
La valeur $1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ est bien dans l'encadrement de la question 2.2.2 : le volume équivalent attendu est voisin de 7 mL.

À LA CALCULATRICE



2.3.1 a. Le pH à l'équivalence vaut environ 7 : choisir, en justifiant, l'indicateur coloré adapté. b. Quel composant du Synthol peut gêner l'observation du changement de couleur ? Justifier.

Données utiles zones de virage : hélianthine 3,1 – 4,4 ; bleu de bromothymol 6,0 – 7,6 ; phénolphtaléine 8,2 – 10,0

a. Un indicateur coloré convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence. Seule celle du bleu de bromothymol (6,0 – 7,6) contient la valeur 7 : on choisit le bleu de bromothymol.

b. Le Synthol contient un colorant, le jaune de quinoléine (E104) : la solution dosée est déjà jaune. Or le bleu de bromothymol passe du jaune au bleu. La teinte du colorant se superpose à celle de l'indicateur et le virage (vers un vert-bleu) devient difficile à repérer.

a. Bleu de bromothymol. b. Le jaune de quinoléine (E104), qui colore la solution.

MÉTHODE
Choix d'un indicateur : 1) repérer le pH à l'équivalence ; 2) retenir l'indicateur dont la zone de virage encadre cette valeur ; 3) vérifier que la solution dosée n'est pas elle-même colorée.

2.3.2 D'après le texte introductif, quelle espèce présente en quantité importante dans le Synthol déconseille un dosage pH-métrique ?

Les électrodes du pH-mètre ne sont adaptées qu'aux solutions aqueuses. Or le solvant du Synthol n'est pas de l'eau seule : il contient une grande proportion d'éthanol (titre alcoolique de 34,5 % en volume). Les valeurs de pH mesurées dans ce milieu ne seraient pas fiables.

L'éthanol, présent à 34,5 % en volume.

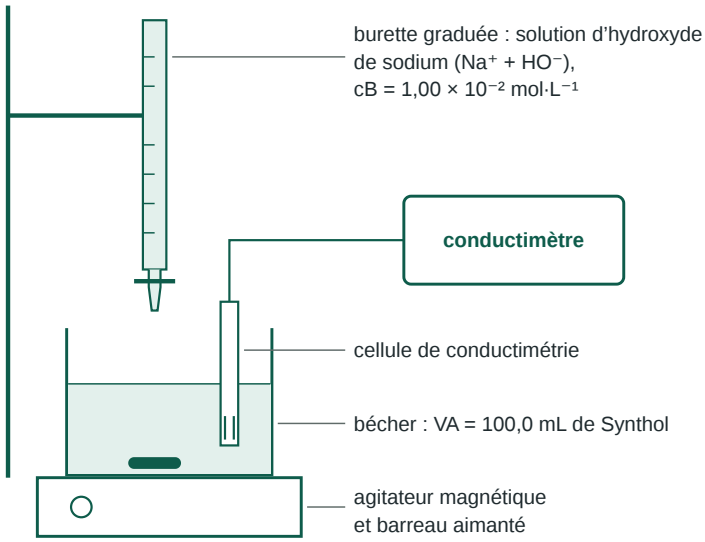
2.4 Faire un schéma légendé du dispositif de titrage conductimétrique.

Le schéma doit faire apparaître :

- la burette graduée contenant la solution titrante d'hydroxyde de sodium, $c_B = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- le bécher contenant la solution titrée : $V_A = 100{,}0\ \text{mL}$ de Synthol ;
- la cellule de conductimétrie plongée dans la solution et reliée au conductimètre ;
- l'agitateur magnétique et son barreau aimanté.

Schéma ci-contre : burette (solution titrante), bécher (Synthol), cellule reliée au conductimètre, agitation magnétique.

PIÈGE
Oublier de nommer les solutions et de dire où elles se trouvent, ou dessiner un pH-mètre. La légende compte autant que le dessin.



2.4 · Dispositif du titrage conductimétrique

2.5.1 Expliquer pourquoi la conductivité augmente après l'équivalence.

Après l'équivalence, tout l'acide salicylique a été consommé : les ions hydroxyde HO^- versés ne réagissent plus. Ils s'accumulent dans le bécher, avec les ions sodium Na^+ qui les accompagnent.

Le volume étant considéré constant, les concentrations $[\text{HO}^-]$ et $[\text{Na}^+]$ augmentent, alors que celle des ions $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3^-$ ne varie plus. D'après $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$, la conductivité augmente.

Après l'équivalence, les ions Na^+ et HO^- ajoutés s'accumulent : σ augmente.

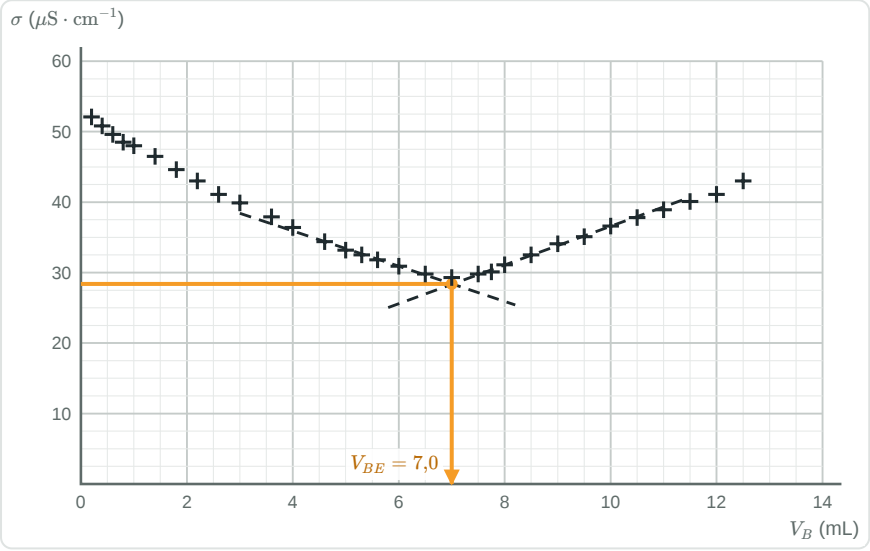
PIÈGE
N'évoquer que les ions hydroxyde. Chaque ajout apporte aussi des ions sodium, spectateurs mais conducteurs : ils contribuent à σ avant comme après l'équivalence.

2.5.2 Déterminer graphiquement, à l'aide des tangentes aux deux portions de courbe proches de l'équivalence, le volume V_{BE} d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

Données utiles figure 1 de l'annexe

On trace la tangente à la portion décroissante (points entre 4,5 et 6 mL) et la tangente à la portion croissante (points entre 8 et 10 mL). L'équivalence correspond à la rupture de pente : son abscisse est celle du point d'intersection des deux tangentes.

$V_{BE} \approx 7{,}0$ mL



2.5.2 · Figure 1 de l'annexe complétée : tangentes et lecture de V_{BE}

PIÈGE
Lire l'abscisse du point de mesure le plus bas. Près de l'équivalence, la courbe est arrondie : c'est l'intersection des deux tangentes qui donne V_{BE}.

COMPRENDRE
La lecture se fait à quelques dixièmes de millilitre près : toute valeur comprise entre 6,8 et 7,2 mL, cohérente avec le tracé rendu sur l'annexe, est acceptable.

2.5.3 Calculer la concentration en acide salicylique de la solution dosée et la comparer à la valeur de la question 2.1.

Données utiles $c_B = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} ; $V_{BE} = 7{,}0$ mL (2.5.2) ; $V_A = 100{,}0$ mL ; $c_A = 7{,}23 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1} (2.1)

À l'équivalence (2.2.1) : $n_i(C_7H_6O_3) = n(HO^-)_{versé}$, soit $c_{A,exp} \times V_A = c_B \times V_{BE}$.

$$c_{A,exp} = \frac{c_B \times V_{BE}}{V_A} = \frac{1{,}00 \times 10^{-2} \times 7{,}0}{100{,}0} = 7{,}0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

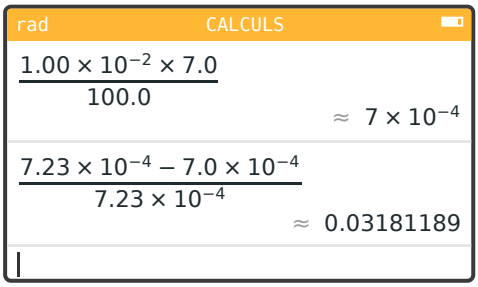
Écart relatif avec la valeur tirée de la notice :
$\dfrac{7{,}23 \times 10^{-4} - 7{,}0 \times 10^{-4}}{7{,}23 \times 10^{-4}} \approx 3\ \%$.

$c_{A,exp} = 7{,}0 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1}, à environ 3 % de la valeur de la notice : le dosage confirme la teneur indiquée.

COMPRENDRE
Les deux volumes peuvent rester en millilitres : leur rapport est sans unité. Le résultat a deux chiffres significatifs, comme V_{BE}, lu sur le graphique.

MÉTHODE
« Comparer » deux valeurs, c'est calculer un écart relatif et le commenter. Ici, l'écart est de l'ordre de l'incertitude de lecture de V_{BE} (0,2 mL sur 7 mL, soit 3 %).

À LA CALCULATRICE



Frottements avec l'air: qu'en dit la NASA?

Bac S 2009 Métropole (ancien programme) · Exercice 3 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1 Rappeler ce que signifie le caractère uniforme du champ de pesanteur.

Dans la région de l'espace étudiée, le vecteur $\vec{g}$ est le même en tout point : même direction (la verticale), même sens (vers le bas) et même valeur.

Champ uniforme : $\vec{g}$ est un vecteur constant, de valeur $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ partout.

PIÈGE
« Uniforme » qualifie l'espace (même vecteur en tout point), pas le temps. Dire seulement « g garde la même valeur » est incomplet : direction et sens comptent aussi.

2 Donner les caractéristiques de la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ qui s'exerce sur le système.

La poussée d'Archimède est l'opposé du poids du volume d'air déplacé par les ballons : $\vec{\Pi} = -\rho_{\text{air}}\, V\, \vec{g}$.

- Point d'application : le centre d'inertie G du système.
- Direction : verticale.
- Sens : vers le haut (opposé à $\vec{k}$).
- Valeur : $\Pi = \rho_{\text{air}}\, V\, g$.

$$\vec{\Pi} = -\rho_{\text{air}}\, V\, g\, \vec{k}$$

PIÈGE
La masse volumique est celle du fluide déplacé (l'air), pas celle de l'objet, et V est le volume du système immergé.

COMPRENDRE
Avec $V \approx 7$ L, la masse d'air déplacée vaut $8{,}4$ g, à comparer aux 22 g du système : ici la poussée d'Archimède n'est pas négligeable devant le poids.

3 Montrer que la vitesse v vérifie l'équation différentielle (1) avec le modèle 1, puis l'équation (2) avec le modèle 2.

Système {grappe de ballons}, de masse m ; référentiel terrestre supposé galiléen.

Forces : poids $\vec{P} = m\, g\, \vec{k}$; poussée d'Archimède $\vec{\Pi} = -\rho_{\text{air}}\, V\, g\, \vec{k}$; frottements $\vec{f}_1 = -A\, \eta_{\text{air}}\, v\, \vec{k}$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f}_1 = m\, \vec{a}$.

Projection sur l'axe Oz orienté vers le bas, avec $a_z = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$:

$$m\,\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = m\, g - \rho_{\text{air}}\, V\, g - A\, \eta_{\text{air}}\, v$$

En factorisant $m\, g$ dans les deux premiers termes, on obtient l'équation (1).

Modèle 2 : seule la force de frottement change, $\vec{f}_2 = -B\, \rho_{\text{air}}\, v^2\, \vec{k}$. La même projection donne $m\,\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = m\, g - \rho_{\text{air}}\, V\, g - B\, \rho_{\text{air}}\, v^2$, soit l'équation (2).

(1) : $m\,\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = m\, g\left(1 - \dfrac{V\, \rho_{\text{air}}}{m}\right) - A\, \eta_{\text{air}}\, v$; (2) : même premier terme, puis $-\,B\, \rho_{\text{air}}\, v^2$

PIÈGE
L'axe est orienté vers le bas : le poids est positif, la poussée d'Archimède et les frottements sont négatifs. Une erreur de signe ici fausse toute la suite.

MÉTHODE
Toujours dans cet ordre : système, référentiel, bilan des forces, deuxième loi de Newton sous forme vectorielle, puis projection sur l'axe. Le signe de chaque terme vient du sens de la force par rapport à $\vec{k}$.

4.1 Déduire des équations différentielles l'expression littérale de l'accélération initiale a_0 en fonction de m, V, g et ρ_{air}.

Le système est lâché sans vitesse initiale : $v(0) = 0$. Le terme de frottement de l'équation (1) est donc nul à $t = 0$:

$$m\,a_0 = m\,g\left(1 - \frac{V\,\rho_{\text{air}}}{m}\right)$$

$$\boxed{a_0 = g\left(1 - \frac{V\,\rho_{\text{air}}}{m}\right)}$$

COMPRENDRE
Les deux modèles donnent le même a_0, car les frottements s'annulent quand $v = 0$. L'accélération initiale ne permet donc pas de choisir entre eux.

4.2 Vérifier par une méthode graphique, sur la figure 2 de l'annexe, que l'accélération initiale a_0 est de l'ordre de $6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

L'accélération est la dérivée de la vitesse : a_0 est le coefficient directeur de la tangente à la courbe $v(t)$ à l'origine.

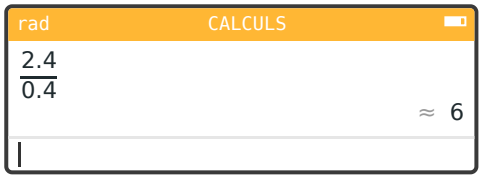
On trace cette tangente : elle passe par l'origine et par le point $(0{,}4\ \text{s}; 2{,}4\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1})$.

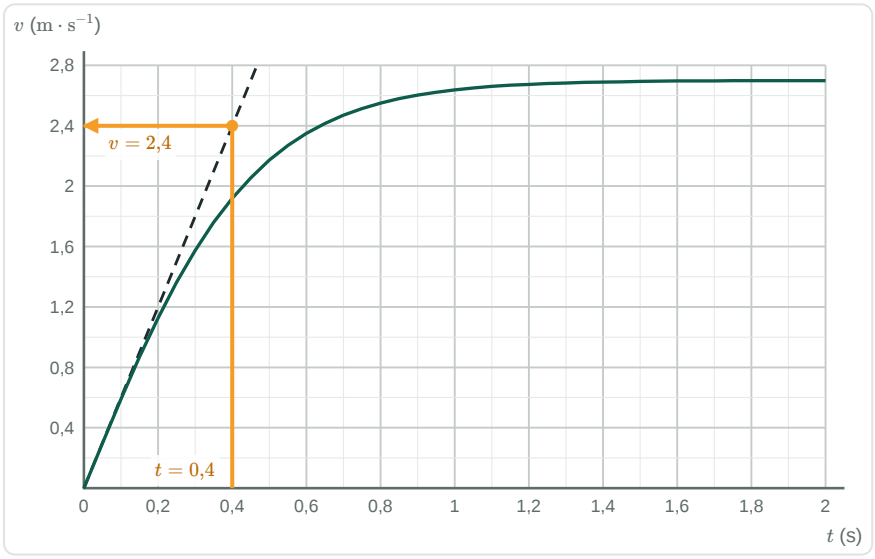
$$a_0 = \frac{2{,}4 - 0}{0{,}4 - 0} = 6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

$\boxed{a_0 \approx 6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}\text{, valeur attendue.}}$

PIÈGE
Ne pas calculer v/t avec un point de la courbe : c'est la tangente à l'origine qu'il faut tracer, et choisir sur elle deux points éloignés.

À LA CALCULATRICE





4.2 · Figure 2 : tangente à l'origine, qui passe par le point (0,4 s ; 2,4 m·s⁻¹)

4.3 Retrouver cette valeur par un calcul, sachant que le volume V du système est de l'ordre de 7 L.

Données utiles $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $V \approx 7$ L ; $\rho_{\text{air}} = 1{,}2\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; $m = 22$ g ; expression de a_0 (4.1)

Le rapport $\dfrac{V\,\rho_{\text{air}}}{m}$ est sans unité si V est en L, ρ_{air} en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ et m en g.

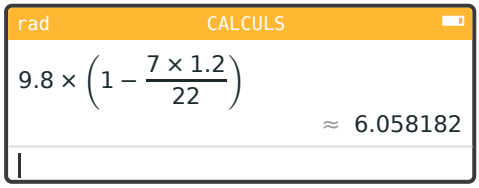
$$a_0 = 9{,}8 \times \left(1 - \frac{7 \times 1{,}2}{22}\right) = 6{,}1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

$\boxed{a_0 \approx 6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}\text{ : le calcul confirme la valeur lue sur le graphique.}}$

PIÈGE
Mélanger les unités, par exemple V en L avec ρ_{air} en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. En unités SI : $V = 7 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$ et $m = 22 \times 10^{-3}$ kg.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : V n'est connu qu'avec un seul chiffre (« de l'ordre de 7 L »). Le résultat ne peut pas être plus précis : on retient $6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

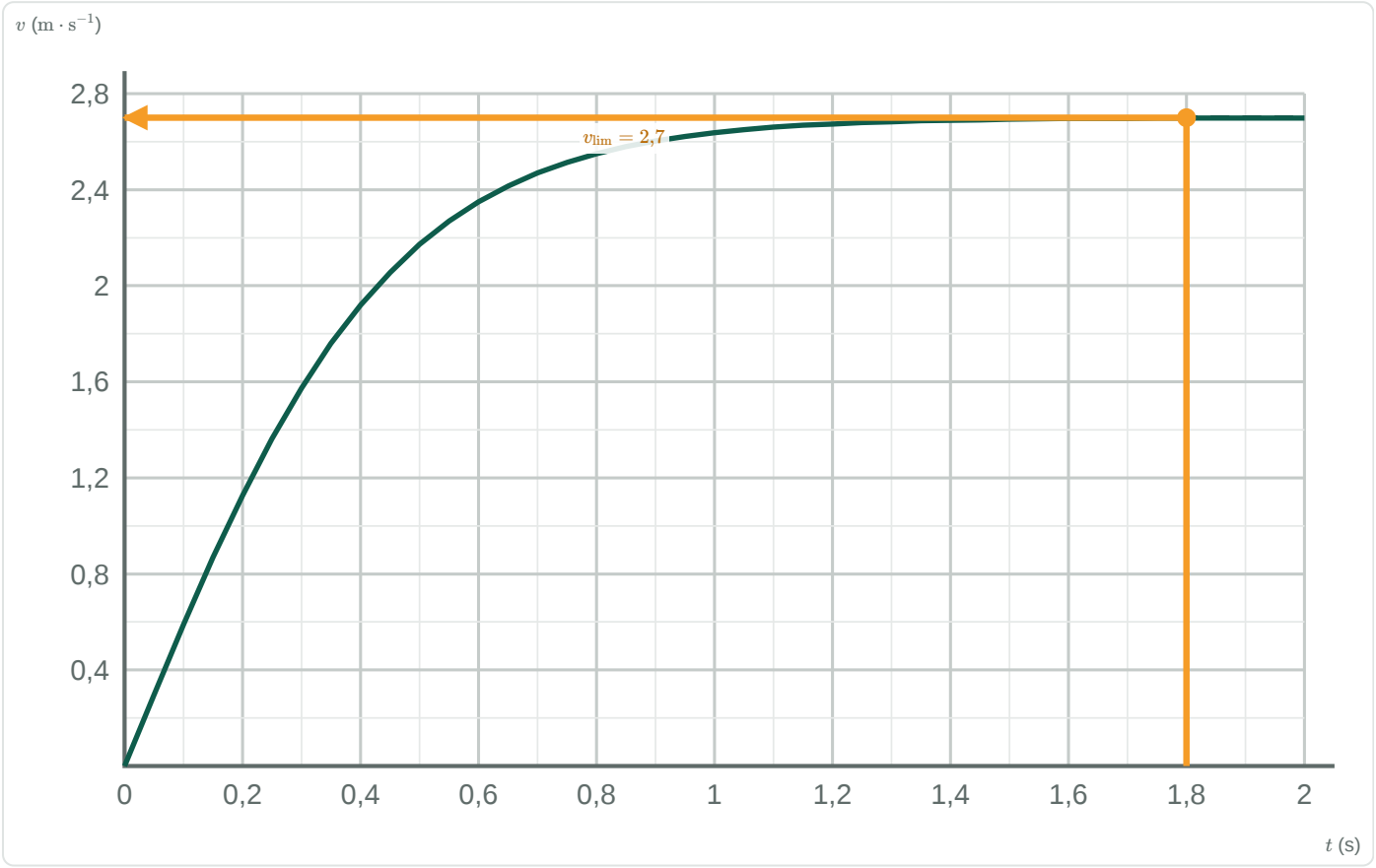
À LA CALCULATRICE



5.1 Déterminer graphiquement, sur la figure 2 de l'annexe, la valeur de la vitesse limite v_{lim}, en faisant apparaître la construction.

Aux grandes dates, la courbe $v(t)$ tend vers une asymptote horizontale. On la trace : son ordonnée est la vitesse limite.

$$v_{\text{lim}} = 2{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$



5.1 · Figure 2 : asymptote horizontale et lecture de la vitesse limite

5.2 À l'aide de l'équation différentielle, démontrer l'expression de la vitesse limite $v_{\text{lim},1}$ dans le cas du modèle 1.

Quand la vitesse limite est atteinte, v est constante : $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = 0$.

L'équation (1) s'écrit alors

$$0 = m\,g\left(1 - \frac{V\,\rho_{\text{air}}}{m}\right) - A\,\eta_{\text{air}}\,v_{\text{lim},1}$$

On isole $v_{\text{lim},1}$:

$$v_{\text{lim},1} = \frac{m\,g\left(1 - \dfrac{V\,\rho_{\text{air}}}{m}\right)}{A\,\eta_{\text{air}}}$$

MÉTHODE

Régime permanent : écrire que la dérivée est nulle dans l'équation différentielle, sans la résoudre. Avec l'équation (2), la même démarche donne $v_{\text{lim},2}^2$, d'où une racine carrée.

5.3 Calculer la valeur approchée de $v_{\text{lim},1}$ à partir des données de l'énoncé.

Données utiles $m = 22 \times 10^{-3}$ kg ; $g = 9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $V \approx 7$ L ; $\rho_{\text{air}} = 1{,}2\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; $A \approx 1 \times 10^{1}$ m ; $\eta_{\text{air}} = 2 \times 10^{-5}\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

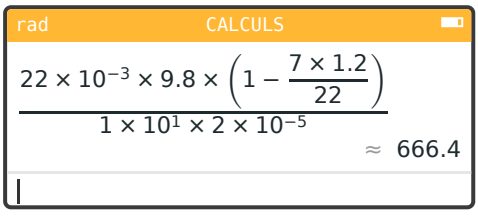
La masse en facteur de g est en kg ; le rapport entre parenthèses, sans unité, se calcule en L et en g.

$$v_{\text{lim},1} = \frac{22 \times 10^{-3} \times 9{,}8 \times \left(1 - \dfrac{7 \times 1{,}2}{22}\right)}{1 \times 10^{1} \times 2 \times 10^{-5}} = 6{,}7 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v_{\text{lim},1} \approx 7 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (un seul chiffre significatif, comme A et η_{air})

PIÈGE
Laisser $m = 22$ g au numérateur donne une vitesse mille fois trop grande. Seul le rapport $V\rho_{\text{air}}/m$ peut garder les grammes et les litres.

À LA CALCULATRICE



5.4 Sachant que $v_{\text{lim},2} = 2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, comparer les deux vitesses limites à la valeur expérimentale et en déduire le modèle le plus adapté.

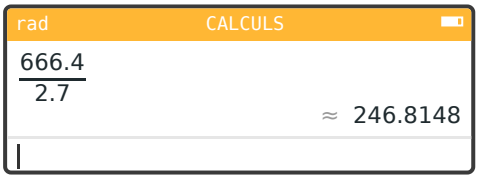
Données utiles $v_{\text{lim}} = 2{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (5.1) ; $v_{\text{lim},1} \approx 7 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (5.3) ; $v_{\text{lim},2} = 2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$v_{\text{lim},1}$ est environ 250 fois plus grande que la vitesse limite mesurée, alors que $v_{\text{lim},2}$ est du même ordre de grandeur que $2{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Le modèle 2 (force proportionnelle à v^2) est le plus adapté à la chute de la grappe de ballons.

COMPRENDRE
L'accord n'est pas parfait (2 contre $2{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) car B et V ne sont connus qu'approximativement. On compare des ordres de grandeur, ce qui suffit pour écarter le modèle 1.

À LA CALCULATRICE



6.1 Citer les noms des formes d'énergie que possède la navette en orbite autour de la Terre.

La navette est en mouvement par rapport à la Terre et se trouve en altitude.

Énergie cinétique (liée à sa vitesse) et énergie potentielle de pesanteur (liée à son altitude) ; leur somme est l'énergie mécanique.

6.2 Dans la phrase « il faut dissiper 2 térajoules en 2000 secondes, soit 1 mégawatt moyen », nommer les deux grandeurs physiques dont les valeurs sont soulignées.

Le joule est l'unité d'énergie, le watt l'unité de puissance.

« 2 térajoules » : une énergie ; « 1 mégawatt » : une puissance (moyenne).

6.3 En ne tenant compte que de la variation de vitesse, calculer les deux grandeurs précédentes à partir des données du texte, puis dire si les résultats sont en accord avec ceux de l'élève.

Données utiles $m = 70\ \text{t} = 70 \times 10^3\ \text{kg}$; $v_i = 28\,000\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; $v_f = 400\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; $\Delta t = 2\,000\ \text{s}$

Conversions : $v_i = \dfrac{28\,000}{3{,}6} = 7{,}78 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $v_f = \dfrac{400}{3{,}6} = 111\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Variation d'énergie cinétique : $\Delta E_c = \dfrac{1}{2} m \left(v_f^2 - v_i^2\right)$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 70 \times 10^3 \times \left[\left(\frac{400}{3{,}6}\right)^2 - \left(\frac{28\,000}{3{,}6}\right)^2\right] = -2{,}1 \times 10^{12}\ \text{J}$$

L'énergie à dissiper est donc $E = |\Delta E_c| = 2{,}1$ TJ : accord avec les « 2 térajoules » de l'élève.

Puissance moyenne : $P = \dfrac{E}{\Delta t} = \dfrac{2{,}1 \times 10^{12}}{2\,000} = 1{,}1 \times 10^9\ \text{W} = 1{,}1 \times 10^3$ MW.

Désaccord pour la puissance : elle vaut environ 1 gigawatt, soit mille fois plus que le « 1 mégawatt » annoncé.

$E \approx 2{,}1 \times 10^{12}$ J $= 2{,}1$ TJ (accord) ; $P \approx 1{,}1 \times 10^9$ W $\approx 1 \times 10^3$ MW (l'élève s'est trompé d'un facteur 1 000).

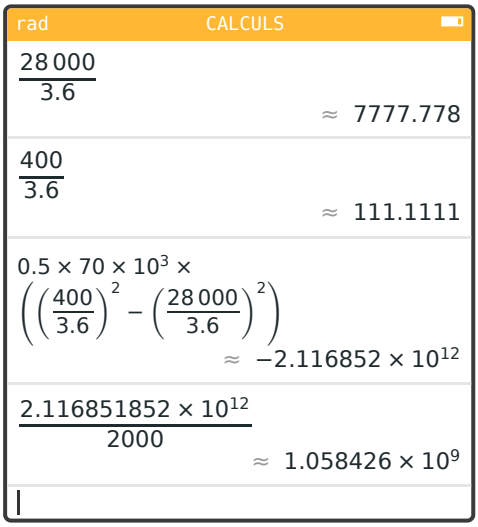
PIÈGE

Oublier de convertir les vitesses en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et la masse en kg. La vitesse étant au carré, l'erreur de conversion est elle-même élevée au carré.

COMPRENDRE

ΔE_c est négative : la navette cède cette énergie à l'air sous forme de chaleur. La vitesse finale ne compte presque pas : v_f^2 est environ 5 000 fois plus petit que v_i^2.

À LA CALCULATRICE



Airbag et condensateur, quel rapport?

Bac S 2009 Métropole (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Sur la figure 5, identifier, en justifiant qualitativement, la courbe représentant la tension aux bornes du condensateur et celle représentant l'intensité du courant.

Le condensateur est déchargé à $t = 0$: $q(0) = 0$, donc $u_C(0) = \dfrac{q(0)}{C} = 0$. La tension u_C part de zéro puis augmente pendant la charge : c'est la courbe (a).

L'intensité est maximale à la fermeture de K, puis elle décroît et s'annule quand le condensateur est chargé : c'est la courbe (b).

Courbe (a) : tension u_C ; courbe (b) : intensité i.

COMPRENDRE
La tension aux bornes d'un condensateur ne subit jamais de saut : elle garde juste après la fermeture la valeur nulle qu'elle avait juste avant. L'intensité, elle, peut passer brutalement de 0 à 0,50 A.

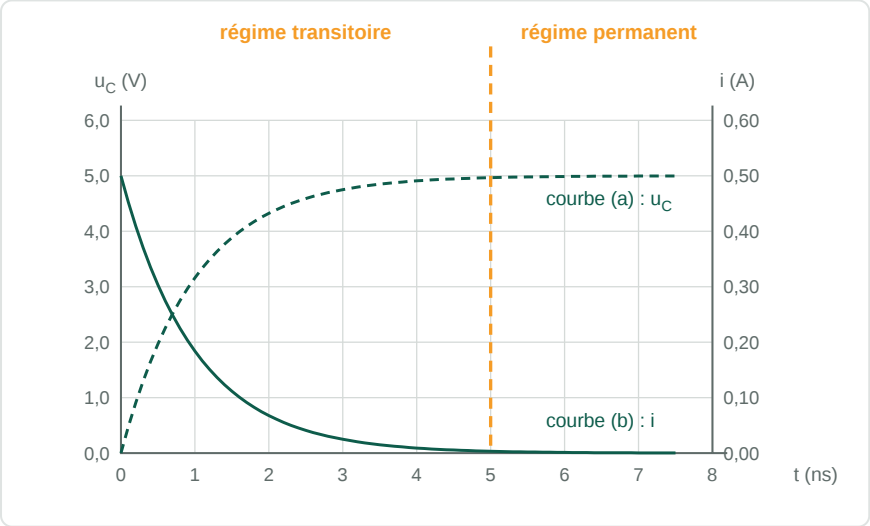
1.2 Délimiter de façon approximative et qualifier, sur la figure 5 de l'annexe, les deux régimes de fonctionnement du circuit.

Tant que u_C et i varient, le régime est **transitoire** : jusqu'à $t \approx 5$ ns environ.

Ensuite, u_C et i gardent des valeurs constantes : le régime est **permanent**.

Régime transitoire pour $0 < t < 5$ ns environ, régime permanent au-delà (voir l'annexe complétée).

MÉTHODE
La frontière se place là où les courbes se confondent avec leurs asymptotes, soit vers 5τ (charge effectuée à plus de 99 %). Une limite tracée entre 4 et 6 ns est acceptée.



1.2 · Figure 5 de l'annexe complétée : les deux régimes (en orange)

1.3 Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps du dipôle RC. Comparer cette valeur à la durée d'un choc, de l'ordre de 200 ms.

Données utiles figure 5, courbe (a) ; durée du choc $\Delta t \approx 200$ ms

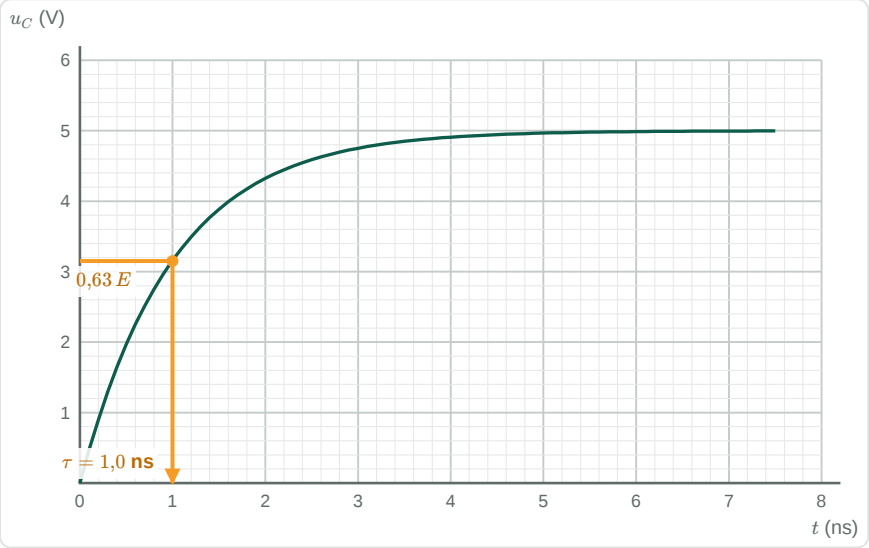
En régime permanent, la courbe (a) donne $u_C = E = 5{,}0$ V. À la date $t = \tau$, le condensateur est chargé à 63 % :

$u_C(\tau) = 0{,}63 \times E = 0{,}63 \times 5{,}0 = 3{,}2$ V

Sur la courbe (a), cette tension est atteinte à la date $t = 1{,}0$ ns, donc $\tau = 1{,}0$ ns $= 1{,}0 \times 10^{-9}$ s.

Comparaison : $\dfrac{\Delta t}{\tau} = \dfrac{200 \times 10^{-3}}{1{,}0 \times 10^{-9}} = 2 \times 10^{8}$

$\tau = 1{,}0$ ns : la constante de temps est environ 2×10^{8} fois plus petite que la durée d'un choc.



1.3 · Lecture de la constante de temps sur la courbe (a)

COMPRENDRE
Le condensateur se charge de façon quasi instantanée à l'échelle du choc : pendant le choc, le circuit reste à chaque instant en régime permanent. La lecture graphique ne permet que deux chiffres significatifs.

MÉTHODE
Autre lecture possible : la tangente à l'origine de la courbe (a) coupe l'asymptote $u_C = E$ à la date $t = \tau$. Sur la courbe (b), τ est la date où i vaut 37 % de sa valeur initiale.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

0.63×5.0 ≈ 3.15

$\dfrac{200 \times 10^{-3}}{1.0 \times 10^{-9}}$ ≈ 2×10^{8}

1.4 Donner l'expression littérale de cette constante de temps. En déduire un ordre de grandeur de la valeur de la résistance R.

Données utiles $C = 100$ pF $= 100 \times 10^{-12}$ F ; $\tau = 1{,}0 \times 10^{-9}$ s (1.3)

Pour un dipôle RC série : $\tau = RC$, donc $R = \dfrac{\tau}{C}$.

$$R = \frac{1{,}0 \times 10^{-9}}{100 \times 10^{-12}} = 10\ \Omega$$

$\tau = RC$; ordre de grandeur de la résistance : $R \approx 10\ \Omega$.

PIÈGE
Laisser C en picofarads ou τ en nanosecondes : la relation $\tau = RC$ exige des secondes, des ohms et des farads.

COMPRENDRE
Vérification par la courbe (b) : à $t = 0$, $u_C = 0$, donc toute la tension E est aux bornes de R et $R = \dfrac{E}{i(0)} = \dfrac{5{,}0}{0{,}50} = 10\ \Omega$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.0 \times 10^{-9}}{100 \times 10^{-12}}$ ≈ 10

1.5.1 Déterminer graphiquement, sur la figure 5, les valeurs de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en régime permanent.

En régime permanent, la courbe (a) se confond avec l'asymptote horizontale d'ordonnée 5,0 V (axe de gauche) et la courbe (b) avec l'axe des abscisses (axe de droite).

En régime permanent : $u_C = 5{,}0\ \text{V} = E$ et $i = 0\ \text{A}$.

PIÈGE
Lire chaque courbe sur son propre axe : tension à gauche, intensité à droite. La courbe (b) part de la même hauteur que le palier de (a), mais elle se lit 0,50 A et non 5,0.

1.5.2 En déduire, en régime permanent, la valeur de la charge q du condensateur définie sur la figure 4.

Données utiles $C = 100 \times 10^{-12}$ F ; $u_C = 5{,}0$ V (1.5.1)

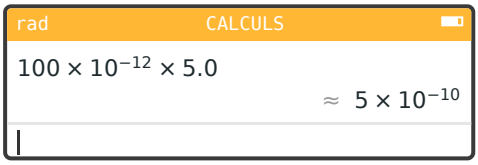
La charge de l'armature désignée par q sur la figure 4 est $q = C\,u_C$, avec $u_C = E$ en régime permanent :

$$q = C\,E = 100 \times 10^{-12} \times 5{,}0 = 5{,}0 \times 10^{-10}\ \text{C}$$

$q = 5{,}0 \times 10^{-10}$ C, soit 0,50 nC.

COMPRENDRE
Sur la figure 4, la flèche u_C pointe vers l'armature qui porte q : avec cette convention, $q = C\,u_C$ sans signe moins. L'autre armature porte la charge opposée $-q$.

À LA CALCULATRICE



2.1 D'après le texte encadré, comment se nomment les parties de l'accéléromètre correspondant aux armatures mobile et fixe ?

Le texte décrit deux pièces complémentaires qui ne se touchent pas : l'une, fixe, forme le cadre ; l'autre se déplace à l'intérieur de ce cadre lors d'un choc.

Armature mobile : le peigne mobile ; armature fixe : le cadre.

2.2.1 Parmi les deux expressions proposées de la capacité C en fonction de la distance d entre les armatures, a) $C = k \cdot d$ et b) $C = \dfrac{k}{d}$, choisir en justifiant celle qui peut convenir.

Lors du choc, les armatures se rapprochent (d diminue) et la capacité augmente : C est une fonction décroissante de d.

Avec $C = k \cdot d$, la capacité diminuerait en même temps que d. Avec $C = \dfrac{k}{d}$, elle augmente quand d diminue.

Seule la proposition b) peut convenir : $C = \dfrac{k}{d}$.

2.2.2 Donner l'expression de la tension u_C aux bornes du condensateur et de la charge q du condensateur avant le choc, en fonction de E.

La résistance étant considérée comme nulle, la tension à ses bornes est nulle : le condensateur est branché directement aux bornes d'un générateur de tension E. La loi des mailles donne $u_C = E$.

La charge est alors $q = C\,u_C$.

Avant le choc : $u_C = E$ et $q = C\,E$.

COMPRENDRE
Même sans négliger R, on aurait $u_C = E$ avant le choc : le circuit est en régime permanent, $i = 0$, donc la tension $R\,i$ aux bornes de la résistance est nulle.

2.2.3 Justifier que la tension aux bornes du condensateur n'est pas modifiée par le choc. En déduire que le choc a pour effet de faire augmenter la charge q du condensateur.

Le condensateur reste relié aux bornes de la pile, dont la force électromotrice E ne dépend pas de la position des armatures. Comme la résistance est nulle, on a à chaque instant $u_C = E$: la tension n'est pas modifiée par le choc.

Or $q = C\,u_C = C\,E$. Pendant le choc, C augmente alors que E reste constante.

$u_C = E$ reste constante et C augmente, donc $q = C\,E$ augmente pendant le choc.

PIÈGE
Raisonner à charge constante. Le condensateur n'est pas isolé : c'est la tension qui est imposée par la pile, et la charge qui s'ajuste.

2.3 Sur le schéma de la figure 6 de l'annexe, indiquer le sens de déplacement des électrons dans le circuit engendré par la variation de charge q du condensateur.

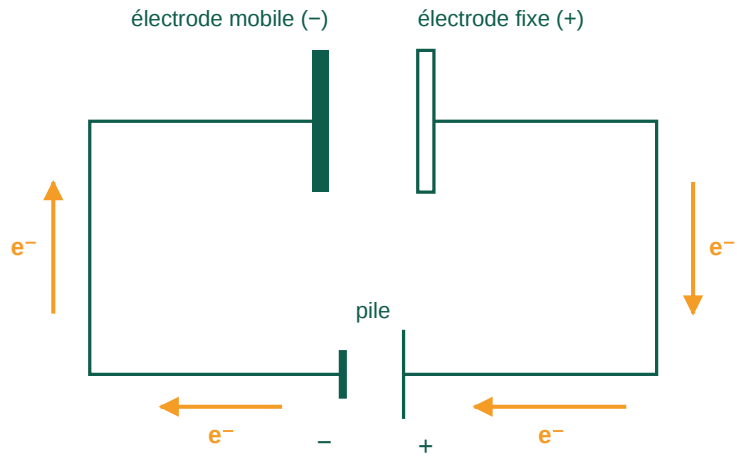
L'électrode fixe, reliée à la borne $+$ de la pile, porte la charge $q > 0$; l'électrode mobile, reliée à la borne $-$, porte $-q$.

Quand q augmente, l'électrode fixe perd des électrons et l'électrode mobile en gagne autant.

Les électrons quittent l'électrode fixe, traversent les fils et la pile, et arrivent sur l'électrode mobile.

PIÈGE
Faire traverser aux électrons l'espace entre les deux électrodes : c'est un isolant. Ils circulent uniquement dans les fils et la pile.

COMPRENDRE
Le courant, de sens conventionnel opposé à celui des électrons, sort de la borne $+$ de la pile et arrive sur l'électrode fixe, comme lors de la charge initiale.



2.3 · Figure 6 schématisée : sens de déplacement des électrons pendant le choc (en orange)

2.4 Donner la relation entre l'intensité i du courant et la charge q du condensateur. Choisir l'affirmation qui convient : le gonflage de l'airbag est commandé par la détection d'une variation a) de tension aux bornes du condensateur, b) d'intensité du courant dans le circuit, c) de tension aux bornes du générateur.

Avec les orientations de la figure 4 (le courant arrive sur l'armature qui porte q) : $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$.

Hors choc, q est constante, donc $i = 0$. Pendant le choc, q augmente : $\dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} > 0$, un courant apparaît dans le circuit.

En revanche, la tension aux bornes du générateur reste égale à E, et celle aux bornes du condensateur aussi (2.2.3) : les propositions a) et c) sont écartées.

$i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$; proposition b) : le circuit détecte une variation d'intensité du courant.

COMPRENDRE

L'intensité est d'autant plus grande que la charge varie vite, donc que le choc est brutal. Un déplacement lent du peigne produit un courant trop faible pour déclencher l'airbag.