Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac Juin 2021 Métropole Jour 1 **Correction © https://labolycee.org**

EXERCICE 1 MISSIONS SUR LA LUNE (10 points)

Données :

- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ m^3 ·kg^{-1}·s^{-2} ;
- masse de la Terre : $M_T = 5{,}97\times10^{24}$ kg ;
- masse de la Lune : $M_L = 7{,}34\times10^{22}$ kg ;
- masse du vaisseau Apollo 11 avec son module lunaire : $m_1 = 4{,}50\times10^4$ kg ;
- rayon de la Terre : $R_T = 6{,}37\times10^3$ km ;
- rayon de la Lune : $R_L = 1{,}73\times10^3$ km ;
- intensité de pesanteur terrestre : $g_T = 9{,}81$ m·s^{-2}.

1. Décollage depuis la Terre de la mission Apollo 11

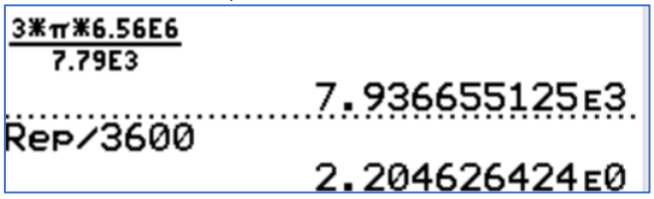
… Elle met en orbite le vaisseau Apollo 11 qui effectue alors 1,5 tour autour de la Terre, afin de permettre la vérification de tous les paramètres du vol. Le vaisseau Apollo 11 est ensuite transféré sur une nouvelle trajectoire grâce au dernier étage de la fusée, qui va le mener à proximité de la Lune.
Pour toute cette partie, l'étude est effectuée dans le référentiel géocentrique dont l'origine est le centre de la Terre et dont les axes pointent vers des étoiles fixes ; le référentiel est supposé galiléen. La valeur de la vitesse du vaisseau Apollo 11 sur son orbite supposée circulaire de rayon $6{,}56\times10^3$ km vaut $v_h = 7{,}79\times10^3$ m·s^{-1}.

1.1. Calculer la valeur de la durée passée en orbite terrestre par l'équipage dans le vaisseau Apollo 11.

(0,5pt) Le vaisseau effectue 1,5 tour autour de la Terre, il parcourt donc la distance d égale à 1,5 fois le périmètre de son orbite de rayon $r = 6{,}56\times10^3$ km et ceci à la vitesse $v_h = 7{,}79\times10^3$ m·s^{-1}.

$$v_b = \frac{d}{\Delta t} = \frac{1{,}5\times 2\pi r}{\Delta t} \text{ donc } \Delta t = \frac{3\pi r}{v_b}$$

$$\Delta t = \frac{3\times\pi\times 6{,}56\times10^3\times10^3\,\text{m}}{7{,}79\times10^3\ \text{m.s}^{-1}} = 7{,}9\times10^3\ \text{s} = 2{,}2\ \text{h}$$

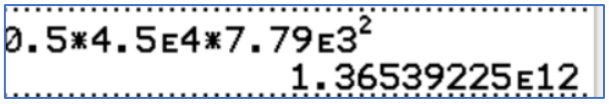


1.2. La valeur de l'énergie potentielle de pesanteur du vaisseau Apollo 11 en orbite terrestre est $E_p = -2{,}74\times10^{12}$ J, l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur étant prise nulle à grande distance de la Terre.

(0,5pt) 1.2.1. Calculer la valeur de l'énergie cinétique E_c du vaisseau en orbite terrestre.

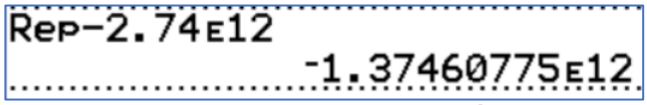
$$E_C = \frac{1}{2}.m_1.v_b^2$$

$E_C = 0{,}500 \times 4{,}50\times10^4 \times (7{,}79\times10^3)^2 = 1{,}37\times10^{12}$ J



(0,5pt) 1.2.2. En déduire la valeur de l'énergie mécanique E_m du vaisseau en orbite terrestre.

$E_m = E_C + E_P$
$E_m = 1{,}37\times10^{12} - 2{,}74\times10^{12} = -1{,}37\times10^{12}$ J



1.3. La valeur de l'énergie mécanique E_{m0} du vaisseau Apollo 11 avant le décollage est : $E_{m0} = -2{,}81\times10^{12}$ J.

(0,5pt) 1.3.1. Déterminer l'énergie minimale que doit fournir Saturn V pour mettre en orbite terrestre le vaisseau Apollo 11. Conclure, sachant que la fusée Saturn V est un lanceur qui a la capacité de fournir une énergie de l'ordre de 5×10^{12} J pour mettre un corps en orbite autour de la Terre.

La fusée doit permettre de passer d'une énergie $E_{m0} = -2{,}81\times10^{12}$ J au sol à une énergie $E_m = -1{,}37\times10^{12}$J en orbite terrestre.
La fusée fournit donc $E = E_m - E_{m0}$
$E = -1{,}37\times10^{12} - (-2{,}81\times10^{12}) = 1{,}44\times10^{12}$ J $< 5\times10^{12}$ J donc Saturn V a bien la capacité de mettre le vaisseau en orbite terrestre.

(0,5pt) 1.3.2. Expliquer pourquoi l'énergie cinétique du vaisseau avant le décollage n'est pas nulle dans le référentiel géocentrique.

Le référentiel géocentrique a son origine au centre de la Terre, or le vaisseau posé au sol tourne par rapport à cette origine. En une journée, le vaisseau fait un tour autour de cette origine. Il tourne à la même vitesse que la Terre sur elle-même.
Ainsi la vitesse du vaisseau est non nulle et donc son énergie cinétique n'est pas nulle.

2. Michael Collins en orbite autour de la Lune lors de la mission Apollo 11

Le vaisseau Apollo 11 se trouve au voisinage de la Lune à une altitude h_L = 110 km par rapport au sol lunaire. À cet instant, le module lunaire se détache du vaisseau emportant à son bord les deux astronautes Buzz Aldrin et Neil Armstrong vers le sol lunaire. Le troisième astronaute Michael Collins reste seul en orbite dans le vaisseau qui est animé d'un mouvement supposé circulaire uniforme dans le référentiel d'étude centré sur la Lune et supposé galiléen. Libéré de son module, le vaisseau possède alors une masse m_2 qui n'est plus que de $3{,}0\times10^4$ kg environ.
Les deux astronautes restent 21 h et 36 min sur le sol lunaire.

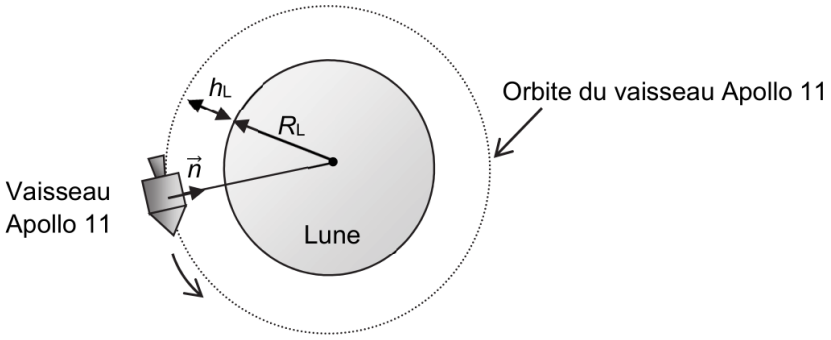


Figure 1. Vaisseau en orbite lunaire à une altitude h_L

On note $\vec{n}$ un vecteur unitaire choisi dans la direction vaisseau – centre de la Lune et dans le sens du vaisseau Apollo 11 vers la Lune (cf. figure 1). On considère que le vaisseau n'est soumis qu'à l'attraction de la Lune.

(1pt) 2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ du vaisseau Apollo 11 à l'altitude h_L dans le référentiel d'étude.

Deuxième loi de Newton : $\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m.\vec{a}$.

Le vaisseau n'est soumis qu'à l'attraction gravitationnelle exercée par la Lune

$$\overrightarrow{F_{L/A}} = \frac{G.M_L.m}{(R_L+h_L)^2}.\vec{n}$$

$$m.\vec{a} = \frac{G.M_L.m}{(R_L+h_L)^2}.\vec{n}$$

$$\vec{a} = \frac{G.M_L}{(R_L+h_L)^2}.\vec{n}$$

(1pt) 2.2. Montrer que la norme de la vitesse v du vaisseau Apollo 11 à l'altitude h_L a pour expression : $v = \sqrt{\frac{G\,M_L}{(R_L+h_L)}}$

Dans le repère de Frenet, l'accélération d'un système en mouvement circulaire a pour expression

$\vec{a} = \frac{dv}{dt}.\overrightarrow{u_\tau} + \frac{v^2}{R}\overrightarrow{u_n}$ où R est le rayon de la trajectoire.

Dans le cas étudié le mouvement est uniforme donc $\frac{dv}{dt} = 0$, et ici $R = R_L + h_L$; de plus $\vec{n} = \overrightarrow{u_n}$.

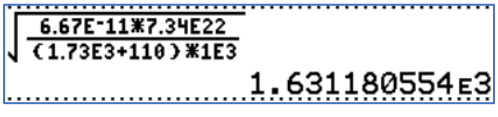
Alors $\vec{a} = \frac{v^2}{R_L+h_L}\vec{n}$.

En comparant les deux expressions de l'accélération, on obtient $\frac{v^2}{R_L+h_L} = \frac{G.M_L}{(R_L+h_L)^2}$

$$v^2 = \frac{G.M_L}{(R_L+h_L)^2}.(R_L+h_L)$$

$$v = \sqrt{\frac{G.M_L}{(R_L+h_L)}}$$

valeur non demandée :



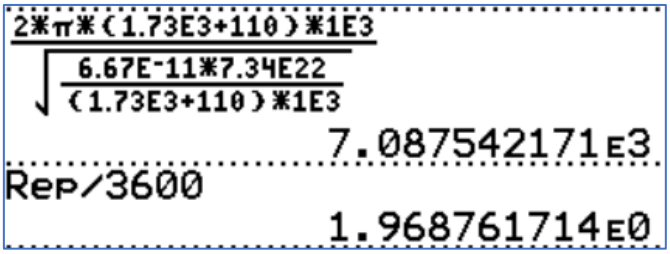
(1,5 pt) 2.3. Calculer la valeur de la période de révolution *T* du vaisseau Apollo 11, puis déterminer celle du nombre de tours autour de la Lune qu'a fait l'astronaute Michael Collins pendant le séjour des deux autres astronautes sur la Lune.

Pendant la durée *T*, le vaisseau parcourt la trajectoire du vaisseau, soit le périmètre du cercle de rayon $R_L + h_L$.

$v = \dfrac{2\pi.(R_L + h_L)}{T}$ soit $T = \dfrac{2\pi.(R_L + h_L)}{v}$

Et $v = \sqrt{\dfrac{G.M_L}{(R_L + h_L)}}$ donc $T = \dfrac{2\pi.(R_L + h_L)}{\sqrt{\dfrac{G.M_L}{(R_L + h_L)}}}$

$T = \dfrac{2\pi \times (1{,}73 \times 10^3 + 110) \times 10^3}{\sqrt{\dfrac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 7{,}34 \times 10^{22}}{(1{,}73 \times 10^3 + 110) \times 10^3}}}$ = 7,09×10³ s

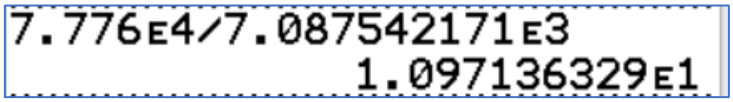


T = 1,97 h

Le séjour sur le sol lunaire a duré Δt = 21h36min = 21×3600 + 36×60 = 7,776×10⁴ s

Le nombre de tours est égal à $N = \dfrac{\Delta t}{T}$

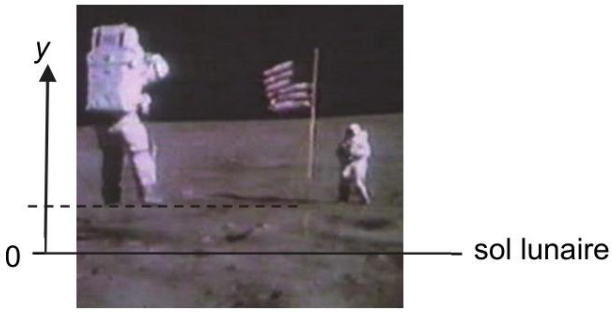
$N = \dfrac{7{,}776 \times 10^4}{7{,}0875 \times 10^3}$ = 11,0 tours



3. Saut de John Young lors de la mission Apollo 16

Lors de la mission Apollo 16 en 1972, l'astronaute John Young fait un grand saut vertical. Cette scène a été filmée et la vidéo est exploitée grâce à un logiciel de pointage.

Une image de cette vidéo présentée ci-contre montre John Young au point le plus haut du saut, ses pieds étant alors situés à 60 cm au-dessus du sol.



Source : NASA

On choisit l'axe O*y* vertical, orienté vers le haut, l'origine O de cet axe étant situé au niveau du sol lunaire. On repère la position de John Young selon cet axe en pointant la position de ses pieds image par image.

La courbe *y*(*t*) donnée ci-dessous représente l'évolution de la position de John Young en fonction du temps pendant son saut sur la Lune. L'origine des dates, *t* = 0 s, est prise au début du saut.

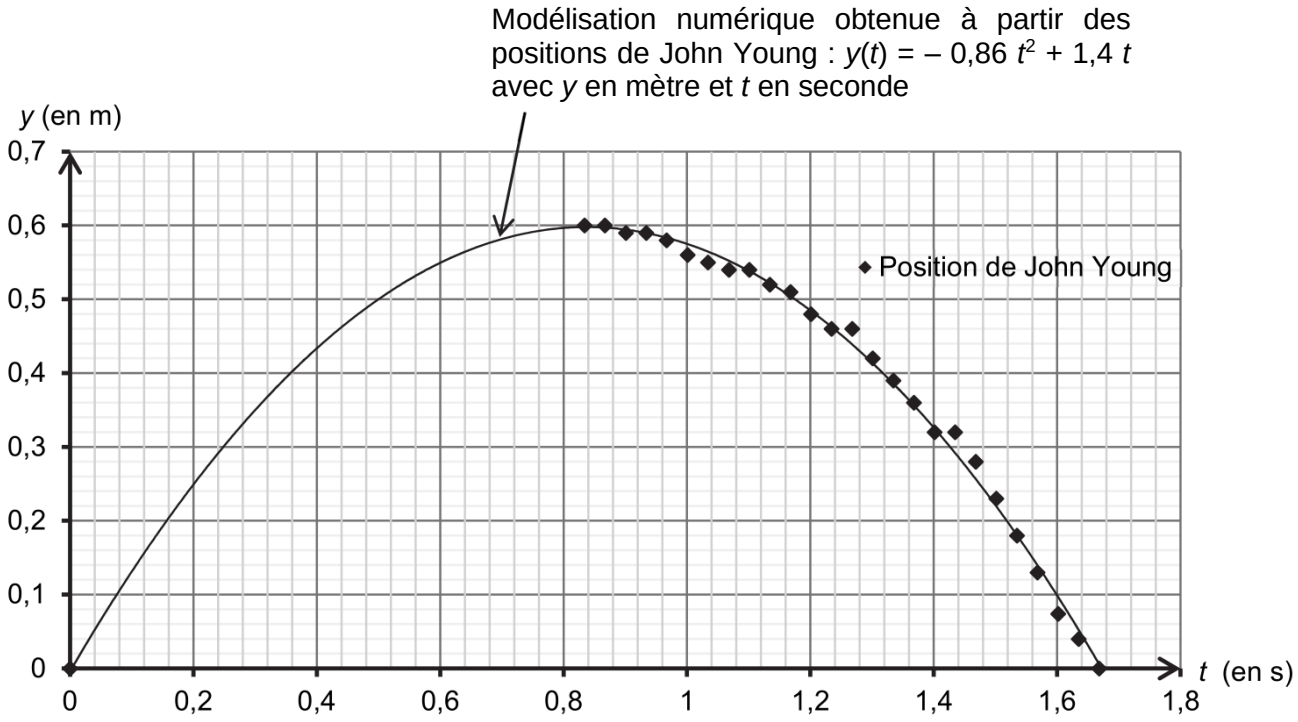


Figure 2. Évolution de la position *y* des pieds de John Young en fonction du temps *t* pendant son saut sur la Lune

En l'absence d'atmosphère sur la Lune, on considère que le saut de John Young est une chute libre verticale.

(1,25pt) 3.1. En utilisant la modélisation numérique, déterminer l'expression numérique de la vitesse $v_y(t)$ de John Young. Calculer la valeur de la vitesse initiale v_{0y} de John Young.

$$v_y(t) = \frac{dy(t)}{dt}$$

$v_y(t) = -0{,}86 \times 2.t + 1{,}4 = -1{,}72.t + 1{,}4$

$v_{0y} = v_y(t = 0) = -1{,}72 \times 0 + 1{,}4 = 1{,}4$ m.s^{-1}

(1,25pt) 3.2. Montrer que la valeur de l'intensité de la pesanteur lunaire g_L est d'environ 1,7 m·s^{-2}.

Système : centre d'inertie de John Young de masse *m* Référentiel : Sol lunaire

Le système n'est soumis qu'à l'attraction gravitationnelle de la Lune que l'on assimile à la force poids.

Deuxième loi de Newton : $\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = \vec{P} = m.\vec{a}$

$m.\overrightarrow{g_L} = m.\vec{a}$

$\overrightarrow{g_L} = \vec{a}$

Par projection suivant l'axe vertical orienté vers le haut

$g_{Ly} = a_y$

Or $a_y = \frac{dv_y(t)}{dt}$

$g_{Ly} = -1{,}72$

$g = \sqrt{g_{Ly}^{\ 2}}$

$g = 1{,}72$ m.s^{-2} = 1,7 m.s^{-2} si on ne conserve que deux chiffres significatifs.

(1,5pt) 3.3. John Young, avec son scaphandre, a une masse totale d'environ 150 kg et il parvient pourtant à faire un saut vertical de 60 cm sur la Lune. Déterminer les valeurs de la hauteur et de la durée d'un saut vertical qu'aurait réalisé John Young avec son équipement sur la Terre avec la vitesse initiale v_{0y} dans le cadre du modèle de la chute libre. Commenter.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

La modélisation de la hauteur y sur la Lune est $y(t) = -0{,}86\,t^2 + 1{,}4\,t$

Elle est de la forme $y(t) = -\frac{1}{2}.g_L.t^2 + v_{0y}.t$.

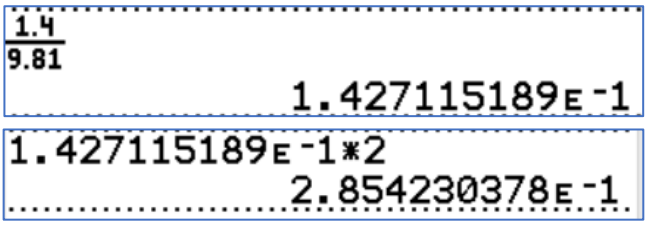
Ainsi sur Terre, on aurait $y(t) = -\frac{1}{2}.g_T.t^2 + v_{0y}.t$

Lorsqu'il atteint sa hauteur maximale, alors sa vitesse verticale est nulle $v_y(t) = \frac{dy(t)}{d} = -g_T.t + v_{0y} = 0$.

$g_T.t = v_{0y}$

$t = \frac{v_{0y}}{g_T}$

$t = \frac{1{,}4}{9{,}81} = 0{,}14$ s



Ceci est la durée de sa montée, il faut la multiplier par deux pour obtenir la durée totale du saut.

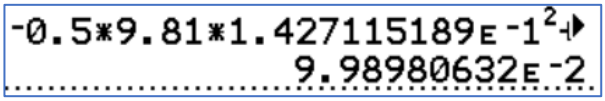
Ainsi John Young aurait sauté pendant 0,29 s sur Terre.

Par lecture graphique sur la figure 2, sur la Lune, la durée du saut était de 1,68 s.

Donc une durée bien plus longue.

Hauteur : $y(t) = -\frac{1}{2}.g_T.t^2 + v_{0y}.t$ avec $t = 0{,}14$ s

$y(t) = -\frac{1}{2} \times 9{,}81 \times 0{,}1427^2 + 1{,}4 \times 0{,}1427 = 0{,}10$ m



Le saut sur Terre est bien moins haut que sur la Lune.

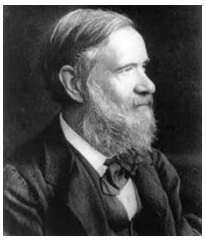
Environ 6 fois moins haut, tout comme la valeur de l'intensité du champ de pesanteur lunaire face à celle du champ terrestre.

Bac Juin 2021 Métropole **Correction © https://labolycee.org**

EXERCICE A SYNTHÈSE DE CANNIZZARO (5 points)

En 1853, le chimiste italien Stanislao Cannizzaro développe une synthèse qui porte son nom, permettant d'obtenir l'alcool benzylique et l'ion benzoate à partir du benzaldéhyde. L'ion benzoate est transformé en acide benzoïque par acidification. L'acide benzoïque est une espèce chimique utilisée comme conservateur dans l'industrie agro-alimentaire et l'alcool benzylique, quant à lui, est utilisé comme antiseptique dans l'industrie pharmaceutique.

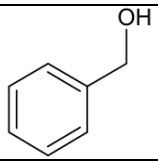
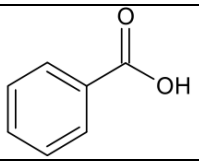
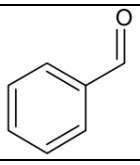
L'objectif de cet exercice est d'étudier la synthèse de Cannizzaro, puis les techniques permettant d'isoler et de contrôler la pureté des produits obtenus.



Stanislao Cannizzaro
Source : Wikipedia

Données :

- Espèces chimiques :

Nom	Alcool benzylique	Acide benzoïque	Benzaldéhyde
Formule topologique			
Formule semi-développée	$C_6H_5–CH_2–OH$	$C_6H_5–COOH$	$C_6H_5–CHO$
Température de fusion	– 15°C	122°C	– 26°C

- couples oxydant / réducteur :
  - ion benzoate / benzaldéhyde : $C_6H_5–COO^-$(aq) / $C_6H_5–CHO$ (aq) en milieu basique ;
  - benzaldéhyde / alcool benzylique : $C_6H_5–CHO(\ell)$ / $C_6H_5–CH_2–OH(\ell)$;
- densité de l'éther diéthylique liquide à 25°C par rapport à l'eau liquide : $d_{éther} = 0,71$;
- pK_A à 25°C du couple acide benzoïque $C_6H_5–COOH$(aq) / ion benzoate $C_6H_5–COO^-$(aq) : 4,2.

1. Modélisation de la synthèse de Cannizzaro

La synthèse de Cannizzaro peut être modélisée par une réaction d'oxydo-réduction dans laquelle un même réactif, le benzaldéhyde, est à la fois l'oxydant et le réducteur ; on parle alors de réaction de dismutation. L'équation de la réaction est la suivante :

$2\ C_6H_5–CHO\ (\ell) + HO^-\ (aq) \rightarrow C_6H_5–COO^-\ (aq) + C_6H_5–CH_2–OH\ (\ell)$

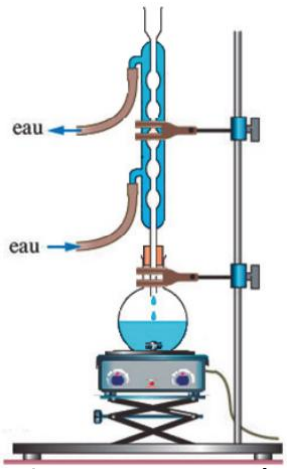
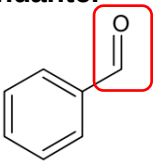


Figure 1. Montage à reflux choisi pour optimiser la synthèse de Cannizzaro

(0,5pt) 1.1. Recopier la formule topologique du benzaldéhyde, entourer le groupe caractéristique et nommer la famille fonctionnelle correspondante.

Famille des aldéhydes



(0,5pt) 1.2. Justifier, en identifiant les couples oxydant / réducteur, que la réaction modélisant la synthèse de Cannizzaro est une dismutation.

Le sujet indique qu'une dismutation a lieu lorsqu'un même réactif, ici le benzaldéhyde, est à la fois l'oxydant et le réducteur.

Au regard des couples oxydant/réducteur, on remarque que l'acide benzoïque est un oxydant pour le couple benzaldéhyde / alcool benzylique : $C_6H_5–CHO(\ell)$ / $C_6H_5–CH_2–OH(\ell)$

et un réducteur pour le couple ion benzoate / benzaldéhyde : $C_6H_5–COO^-(aq)$ / $C_6H_5–CHO$ (aq).

(0,5pt) 2. Optimisation de la synthèse de Cannizzaro

Pour réaliser la synthèse de Cannizzaro, on mélange dans un ballon une solution d'hydroxyde de potassium et du benzaldéhyde commercial, puis on agite vigoureusement. On choisit de travailler avec une solution concentrée d'hydroxyde de potassium et d'utiliser le montage de la figure 1. Justifier ces choix expérimentaux pour optimiser la synthèse.

Solution concentrée d'hydroxyde de potassium :

La concentration en réactif est un facteur cinétique. En augmentant la concentration, on augmente la vitesse de disparition du benzaldéhyde.

On peut aussi penser qu'ainsi l'hydroxyde de potassium est introduit en excès, ce qui permet d'augmenter le rendement de la synthèse.

Utilisation d'un montage de chauffage à reflux

Le chauffage permet d'augmenter la température du milieu réactionnel. Or la température est un facteur cinétique, là encore en augmentant la température on augmente la vitesse de disparition du benzaldéhyde.

Le réfrigérant à boules en refroidissant les vapeurs évite les pertes de matière.

Agitation vigoureuse :

Elle facilite le mélange entre réactifs et donc permet d'optimiser la synthèse.

3. Séparation et contrôle de la pureté des produits de la synthèse

En fin de réaction, on verse le contenu du ballon dans une ampoule à décanter et on réalise une extraction liquide-liquide en utilisant de l'éther diéthylique comme solvant extracteur. Après décantation, on distingue une phase aqueuse et une phase organique non-miscibles que l'on sépare l'une de l'autre.

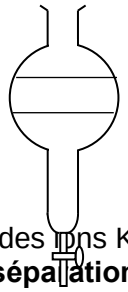
La phase organique est traitée ensuite grâce à un dispositif qui permet d'évaporer l'éther diéthylique présent et de récupérer un produit A sous forme liquide.

La phase aqueuse est placée dans un grand bécher placé dans un bain d'eau et de glace. On y verse goutte-à-goutte une solution concentrée d'acide chlorhydrique jusqu'à ce que le pH soit inférieur à 2. On observe la formation d'un solide correspondant au produit B.

- solubilité des espèces chimiques dans l'eau et l'éther diéthylique :

Espèce chimique / Solvant	Alcool benzylique	Acide benzoïque	Ion benzoate	Benzaldéhyde
Eau	Insoluble	Peu soluble (solubilité : 2,9 $g·L^{-1}$ à 20°C et 1,7 $g·L^{-1}$ à 0°C)	Très soluble	Insoluble
Éther diéthylique	Soluble	Soluble	Insoluble	Soluble

(0,75pt) 3.1. Effectuer un schéma légendé de l'ampoule à décanter en précisant les phases présentes et leurs compositions respectives après décantation.



Phase supérieure :

phase organique

éther diéthylique contenant l'alcool benzylique $C_6H_5–CH_2–OH$ (ℓ) (= produit A)

Phase inférieure :

phase aqueuse

eau contenant l'ion benzoate $C_6H_5–COO^-(aq)$ (et des ions $HO^-(aq)$ en excès et des ions $K^+(aq)$).

(0,5pt) 3.2. Justifier l'utilisation de l'éther diéthylique pour effectuer la séparation des produits de la synthèse.

Les deux produits sont facilement séparés grâce à ce solvant car l'un y est soluble (l'alcool benzylique) mais l'autre non (l'ion benzoate).

(0,25pt) 3.3. Justifier que l'on veuille obtenir un pH inférieur à 2 pour la phase aqueuse.
On souhaite obtenir de l'acide benzoïque C_6H_5–CHO (aq) mais la phase aqueuse est tout d'abord basique et elle contient la base conjuguée C_6H_5–COO^-(aq).
En diminuant le pH en dessous de 2 celui-ci devient alors inférieur au pKa = 4,2. Ainsi l'acide benzoïque va prédominer.

(0,5pt) 3.4. Donner l'intérêt du bain d'eau et de glace.
Le tableau de données montre que la solubilité de l'acide benzoïque diminue quand la température diminue. Ainsi on récupérera plus d'acide benzoïque (produit B) sous forme solide à froid.

(0,5pt) 3.5. Citer une technique permettant d'isoler le produit B de la phase aqueuse.
Il suffit de procéder à une filtration, le solide sera recueilli dans le filtre.

Une chromatographie sur couche mince des produits A et B obtenus est réalisée sous une hotte aspirante. Tous les produits sont dissous à 1 % dans le dichlorométhane. La plaque est révélée à l'aide d'une lampe UV et le chromatogramme obtenu est présenté sur la figure 2.

(1) : produit A
(2) : alcool benzylique commercial
(3) : produit B
(4) : acide benzoïque commercial
(5) : benzaldéhyde commercial

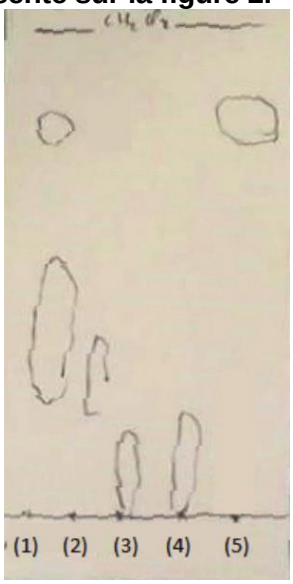


Figure 2. Chromatogramme obtenu

(0,25pt) 3.6. En utilisant le chromatogramme, conclure sur l'efficacité de l'étape de séparation des produits obtenus.
Les taches issues de A ou de B ne sont pas à la même hauteur, or une même espèce chimique migre à la même hauteur sur la plaque. Donc A et B ne contiennent pas les mêmes espèces.
On peut dire que A et B ont bien été séparés.

(0,75pt) 3.7. En utilisant le chromatogramme, conclure sur la pureté des produits obtenus.
Le produit A conduit à la formation de 2 taches. Il contient donc deux espèces chimiques. Il n'est pas pur.
(non demandé : il contient de l'alcool benzylique et du benzaldéhyde qui n'aurait pas réagi totalement).
Le produit B conduit à la formation d'une unique tache. Il est pur. Il contient uniquement de l'acide benzoïque.

Juin 2021 Métropole Sujet 1 Spécialité physique chimie
Correction © https://labolycee.org
Exercice B DEGRÉ D'HYDRATATION DU CHLORURE DE MAGNÉSIUM (5 points)

1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la dissolution de la poudre du sachet dans l'eau.
$MgC\ell_2$ (s) $\rightarrow$ Mg^{2+}(aq) + 2 $C\ell^-$(aq)

2. Décrire précisément un protocole expérimental à mettre en œuvre pour préparer 100,0 mL de solution aqueuse S_2 à partir de la solution aqueuse S_1.

Le facteur de dilution est $F = 5$

Or $F = \frac{C_{mère}}{C_{fille}} = \frac{V_{fille}}{V_{mère}}$ Soit $V_{mère} = \frac{V_{fille}}{F}$ $V_{mère} = \frac{100}{5}$ = 20 mL

On va prélever un volume $V_{mère}$ = 20 mL de la solution mère S_1 à l'aide d'une pipette jaugée de 20 mL munie d'un pipeteur.
On verse cette solution dans une fiole jaugée de 100 mL et on ajoute un peu d'eau distillée.
On agite puis on complète jusqu'au trait de jauge. La solution fille S_2 est prête.

3. Les ions magnésium Mg^{2+} et nitrate NO_3^- sont des espèces spectatrices lors du titrage. Indiquer la signification de l'adjectif « spectatrice » donné à ces espèces.

Des ions spectateurs (ou des espèces spectatrices) sont des ions présents dans une solution mais qui ne participent pas à la réaction chimique.

4. En utilisant les conductivités molaires ioniques, justifier l'allure de la courbe obtenue et déterminer la valeur du volume à l'équivalence du titrage.
Déterminons comment évolue la concentration en quantité des ions en solution au cours du titrage :

Ions présents	Mg^{2+}	$C\ell^-$	Ag^+	NO_3^-
Evolution de la concentration avant l'équivalence	**Constante** (car ion spectateur présent dans le bécher)	**Diminue** (réagit avec les ions Ag^+ versés)	**Nulle** (réagit avec les ions $C\ell^-$ du bécher)	**Augmente** (ion spectateur versé avec les ions argent)
Evolution de la concentration après l'équivalence		**Nulle** (tous les ions chlorure ont réagi avec les ions argent)	**Augmente** (les ions argent sont versés mais ne réagissent plus)	

D'après la loi de Kohlrausch : $\sigma = \sum_i \lambda_i . [X_i]$

La conductivité dépend de la concentration en quantité des ions, or avant l'équivalence la concentration en quantité des ions chlorure diminue mais celle des ions nitrate augmente. Or $\lambda(C\ell^-) > \lambda(NO_3^-)$
Donc $\lambda(C\ell^-).[C\ell^-]$ diminue plus vite que $\lambda(NO_3^-).[NO_3^-]$ augmente, la conductivité σ diminue, la première demi-droite est décroissante.
Après l'équivalence les concentrations en quantité augmentent ou restent constantes, la conductivité augmente et on observe une demi-droite croissante.
Le volume à l'équivalence correspond à l'abscisse du point d'intersection des deux droites, soit $V_{éq}$ = 9,0 mL.

5. Calculer la concentration en ions chlorure $C\ell^-$ dans la solution S_1, puis montrer que la masse de chlorure de magnésium $MgC\ell_2$, dans le sachet analysé, est de m($MgC\ell_2$) = 10,8 g.

À l'équivalence les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.
$n(C\ell^-)_{présent} = n(Ag+)_{versé}$
$[C\ell^-]_{S2}.V_2 = C_S.V_{éq}$
$[C\ell^-]_{S2} = \frac{C_S.V_{éq}}{V_2}$

Or la solution S_1 a été diluée 5 fois soit $[C\ell^-]_{S1} = 5.[C\ell^-]_{S2} = 5.\frac{C_S.V_{éq}}{V_2}$

$[C\ell^-]_{S1} = 5 \times \frac{5,0 \times 10^{-2} \times 9,0}{10,0}$ = 0,225 mol.L^{-1}

Or $MgC\ell_2$ (s) $\rightarrow$ Mg^{2+}(aq) + 2 $C\ell^-$(aq)

donc $n_{MgCl_2} = \frac{n_{Cl^-}}{2}$

$$n_{MgCl_2} = \frac{\left[C\ell^-\right]_{S_1}.V}{2}$$ on pose V = 1,00 L

$m_{MgCl_2} = n_{MgCl_2}.M_{MgCl_2}$

$$m_{MgCl_2} = \frac{\left[C\ell^-\right]_{S_1}.V.M}{2}$$

$$m_{MgCl_2} = \frac{0,225 \times 1,00 \times 95,3}{2} = 10,7 \text{ g}$$

On trouve une valeur très proche de celle annoncée de 10,8 g.

La différence peut être due à la détermination approximative du volume équivalent.

6. En déduire le degré d'hydratation du chlorure de magnésium étudié. Conclure.

Le sachet a une masse de 20,3 g, dont 10,8 g de $MgCl_2$

La masse d'eau est de 20,3 – 10,8 = 9,5 g d'eau.

Soit $n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}}$

$$n_{H_2O} = \frac{9,5}{18} = 0,53 \text{ mol}$$

Pour une mole de $MgC\ell_2$ (s) on a x mol d'eau (formule $MgC\ell_2$, x H_2O)

Pour $n_{MgCl_2} = \frac{\left[C\ell^-\right]_{S_1}.V}{2} = \frac{0,225 \times 1,00}{2}$, on a $n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}}$ = 0,53 mole d'eau.

Par proportionnalité, 1×0,53 = x × (0,225/2)

$$x = \frac{0,53}{\frac{0,225}{2}} = 4,7$$

On retrouve la valeur annoncée de 4,5 à 4% près ((4,7–4,5)/4,5)×100.

Bac métropole juin 2021 Sujet 1 **Spécialité physique chimie**

Correction © https://labolycee.org

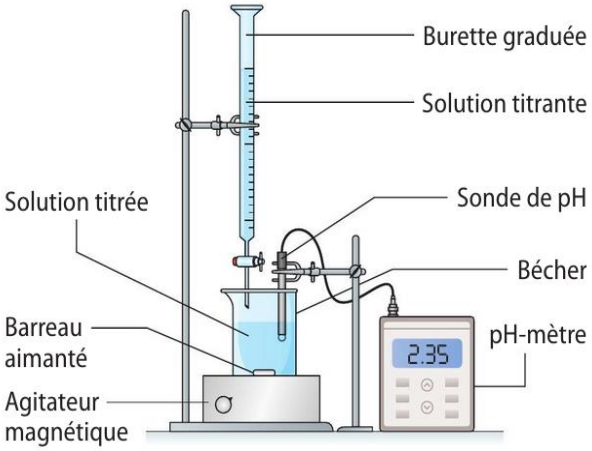
EXERCICE C – LE POMELO

1. Acidité titrable d'un jus de pomelo

1.1 Déterminer graphiquement la valeur du pH du jus de pomelo frais et filtré. Commenter. (0,5 point)

Graphiquement, le pH du jus de pomelo frais se lit à l'abscisse 0 mL, alors que l'on n'a pas encore versé d'hydroxyde de sodium, il vaut pH = 2,9. Cette boisson est très acide.

1.2 Schématiser et légender le montage permettant de réaliser ce titrage. (0,75 point)



1.3.1 Choisir, dans la liste des indicateurs colorés acido-basiques, celui qui peut être utilisé pour réaliser le titrage suivi par colorimétrie de l'acidité du jus de pomelo. Justifier. (0,5 point)

Le point d'équivalence semble se situer autour de pH = 8. Le seul indicateur coloré permettant de signaler que ce pH (donc l'équivalence) a été dépassé est le rouge de crésol. Les autres ont une zone de virage à des valeurs de pH trop faibles, ce qui résulterait en un changement de couleur sans que l'équivalence ait été atteinte.

1.3.2 (0,25 point) Le changement de couleur observé est du jaune vers le rouge.

1.4 En exploitant la courbe du titrage (figure 1), déterminer l'acidité titrable du jus de pomelo. Commenter. (1,5 point)

Il faut utiliser la courbe de pH et utiliser la méthode des tangentes pour trouver le point d'équivalence. Il se trouve à pH = 8,4 et survient à $V_{B,eq}$ = 10,4 mL d'hydroxyde de sodium.

Comme l'équation est : $H_3A\ (aq) + 3\ HO^-\ (aq) \rightarrow A^{3-}\ (aq) + 3\ H_2O\ (\ell)$ alors

$$\frac{n_A}{1} = \frac{n_{B,éq}}{3} <=> \frac{C_A V_A}{1} = \frac{C_B V_{B,éq}}{3} <=> C_A = \frac{C_B V_{B,éq}}{3V_A}$$

L'acidité titrable, également appelée concentration en masse , s'écrit donc :

$$acidité titrable = C_A \times M(C_6H_8O_7) = M(C_6H_8O_7) \times \frac{C_B V_{B,éq}}{3V_A}$$

application numérique $acidité titrable = 192.0 \times \frac{0{,}50 \times 10{,}4.10^{-3}}{3 \times 20{,}0.10^{-3}} = 1{,}66.10^1 g.L^{-1}$

2. Détermination de la quantité d'acide ascorbique dans un jus de pomelo

2.1. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière en diiode restant dans le mélange final. (0,25 point)

À la fin de la réaction, d'après la courbe de la figure 2, la concentration en I_2 vaut $c_{I2,f}$ = 1,15 mmol.L^{-1} car A = 0,11.

...et en déduire la quantité de diiode qui a réagi avec l'acide ascorbique du jus de pomelo. (0,75 point)

Comme 5,0 mL de jus ont été mélangés avec 5,0 mL de solution de I_2, le mélange a un volume de 10,0 mL au total.

Il en résulte que la quantité de matière de I_2 à l'état final vaut : $n_{I2,f} = c_{I2,f} . V$

$n_{I2,f} = 1{,}15\times10^{-3} \times 10{,}0\times10^{-3} = 1{,}15\times10^{-5}$mol

La quantité de matière de I_2 à l'état initial vaut : $n_{I2,i} = c_{I2,i} . V$

$n_{I2,i} = 8{,}0\times10^{-3} \times 5{,}0\times10^{-3} = 4{,}0\times10^{-5}$mol.

La quantité de diiode qui a réagi vaut donc :

$n_{max} = n_{I2,i} - n_{I2,f}$

$n_{max} = 4{,}0\times10^{-5} - 1{,}15\times10^{-5} = 2{,}9\times10^{-5}$mol

2.2. Montrer que la valeur de la concentration en acide ascorbique du jus frais de pomelo est environ égale à 6×10^{-3} mol.L^{-1} . (0,5 point)

On nous dit que l'acide ascorbique est le réactif limitant donc à l'état final : $n_{acide,i} - x_{max} = 0$

Alors $n_{acide,i} = x_{max}$, de plus d'après l'équation de la réaction il a disparu autant d'acide qu'il a disparu de diiode donc $x_{max} = n_{max}$

$n_{acide,i} = 2{,}9\times10^{-5}$mol

Par définition, $c_{jus,AA} = \frac{n_{acide,i}}{V_{jus}} = \frac{2{,}9.10^{-5}}{5{,}0.10^{-3}} = 5{,}7.10^{-3} mol.L^{-1}$ ce qui est proche de la valeur proposée.

2.3 Calculer le volume de jus de pomelo nécessaire pour couvrir totalement les besoins journaliers en acide ascorbique d'un adulte. Commenter. (0,5 point)

Calculons d'abord la concentration en masse d'acide ascorbique dans le jus de pomelo.

$c_{masse,AA} = c_{jus,AA} \times M_{AA} = 5{,}7.10^{-3} \times 176{,}0 = 1{,}0 g.L^{-1}$

On en déduit qu'il faut boire 0,1 L de jus pour un apport de 0,100g. Cette dose peut donc être atteinte en buvant moins d'un verre de jus de pomelo.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.