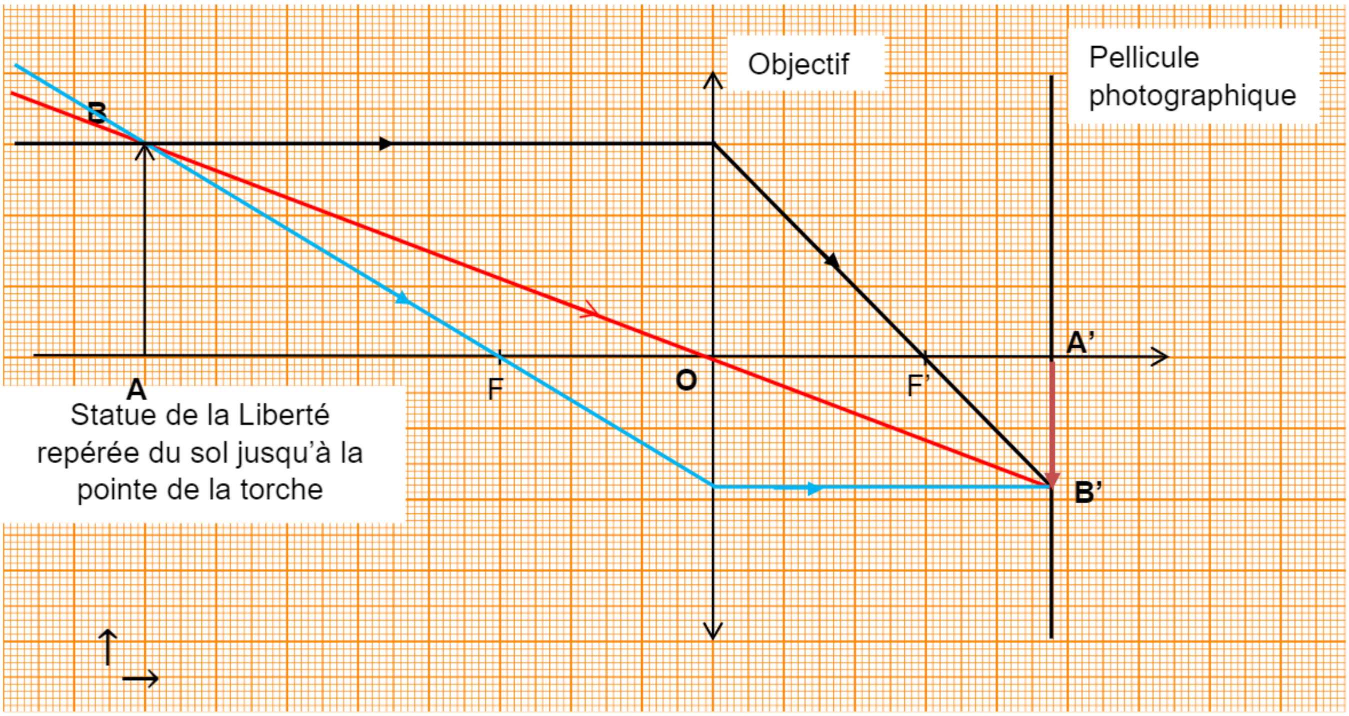
De la Première Spé PC à la Terminale Spé PC

Devoir de vacances Physique-Chimie – CORRECTION

Exercice 1 :Photographie argentique (Optique, oxydoréduction, grandeurs molaires & stœchiométrie)

1.1 (*voir ci-dessous*)

1.2



1.3 L'image est **renversée** (dans le sens contraire de l'objet) et **réelle** (on peut la récupérer sur la pellicule photographique). L'image est également **réduite** (plus petite que l'objet).

1.4 On cherche $\overline{OA'}$. La relation de conjugaison permet d'écrire : $\overline{OA'} = \frac{\overline{OF'}\times\overline{OA}}{\overline{OA}+\overline{OF'}}$

=> AN : $\overline{OA'} = \frac{5{,}00\times10^{-2}m\times(-250m)}{5{,}00\times10^{-2}m-250m} = 5{,}00 \times 10^{-2}m = 5{,}00cm$. On constate que $\overline{OA'} = \overline{OF'}$, donc le point A' est confondu avec le point F'.

1.5 Par définition :$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$=> AN :$\gamma = \frac{5{,}00\times10^{-2}m}{-250m} = -2{,}00 \times 10^{-4}$.

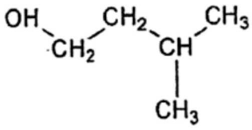
1.6 La statue de la liberté a une hauteur$\overline{AB} = 93{,}0m$. On peut donc déterminer sa dimension sur la pellicule à l'aide de la relation de grandissement : $\overline{A'B'} = \gamma \times \overline{AB}$

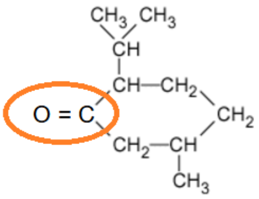
=> AN : $\overline{A'B'} = -2{,}00 \times 10^{4} \times 93{,}0m = -0{,}0186m = -18{,}6mm$. Comme la hauteur de l'image est inférieure aux dimensions du négatif (24,0×36,0 mm), la statue de la liberté **pourra apparaître en entier** sur la photo.

Exercice 2 : Menthone (chimie organique : familles, nomenclature, synthèse, extraction, rendement, spectroscopie IR)

1 **a**. Le menthol possède un **groupe caractéristique hydroxyle –OH**, donc il fait bien partie de la famille des alcools.

b. Cette molécule s'appelle le 3-méthylbutan-1-ol (chaîne principale à 4 carbones, grpe caractéristique hydroxyle en première position, ramification méthyle au carbone n°3)





2

3

On peut justifier que le menthol subit une oxydation en écrivant la demi-équation de cette réaction.

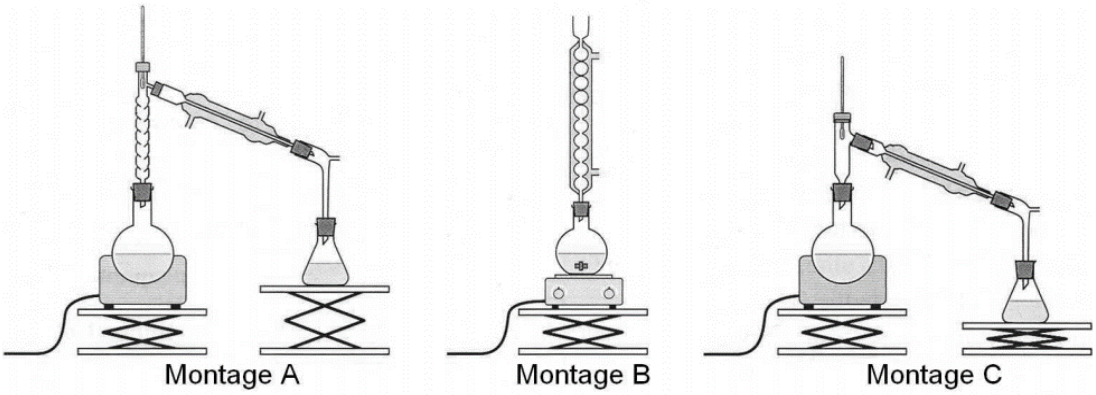
Couple Ox/Réd : Menthone/Menthol

$C_{10}H_{18}O$ / $C_{10}H_{20}O$

=> demi-équation d'oxydation : $C_{10}H_{20}O = C_{10}H_{18}O + 2\ e^- + 2\ H^+$

Réducteur Oxydant

4



4.1 C'est le **montage B qui convient** pour faire un chauffage à reflux. Le montage A est un montage de **distillation fractionnée**, le montage C est un montage de **distillation simple**.

4.2 L'usage du chauffe-ballon permet de chauffer le milieu réactionnel (*chauffage*) et l'usage d'un réfrigérant à boule permet de liquéfier les vapeurs qui s'échappent du ballon et qui retombent donc en gouttelettes dans le milieu réactionnel (*à reflux*).

4.3 Construisons le tableau d'avancement de la réaction de synthèse :

Équation de réaction		$2MnO_4^-{}_{(aq)}$ + 5 $C_9H_{18}CHOH_{(s)}$+ 6 $H^+{}_{(aq)}$ □ 2 $Mn^{2+}{}_{(aq)}$ + $5C_9H_{18}CO_{(l)}$+ $8H_2O_{(l)}$					
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière					
État initial	0	n_1	n_2	excès	0	0	Solvant
État intermédiaire	x	$n_1 - 2x$	$n_2 - 5x$	excès	$2x$	$5x$	Solvant
État final	x_f	$n_1 - 2x_f$	$n_2 - 5x_f$	excès	$2x_f$	$5x_f$	Solvant

• Si l'ion permanganate est limitant, alors d'après le tableau d'avancement on peut écrire :

$$n_1 - 2x_f = 0 \Leftrightarrow x_f = \frac{n_1}{2} \Leftrightarrow x_f = \frac{c \times V}{2} = \frac{0,50 mol.L^{-1} \times 200 \times 10^{-3} L}{2} = 0,99 mol$$

• Si le menthol est limitant, alors d'après le tableau d'avancement on peut écrire :

$$n_2 - 5x_f = 0 \Leftrightarrow x_f = \frac{n_2}{5} = \frac{m}{5 \times M_{menthol}} = \frac{15,6g}{5 \times 156 g.mol^{-1}} = 0,0200 mol$$

Le **menthol aboutissant à l'avancement final le plus faible**, c'est lui qui est le réactif limitant.

$\Rightarrow x_f = 0{,}0200 mol$.

4.4 Par définition : $m_{th} = n_{th} \times M_{menthone}$ soit donc $m_{th} = 5x_f \times M_{menthone}$ d'après le tableau d'avancement.
=> AN : $m_{th} = 5 \times 0{,}0200 mol \times 154 g.mol^{-1} = 15{,}4 g$.

5 Pour extraire la menthone du milieu réactionnel, il faut un solvant **non miscible avec l'eau** et dans lequel la **menthone présente une très bonne solubilité**. Le dichlorométhane et le cyclohexane conviennent. Mais comme l'énoncé indique que la phase organique surnage, cela implique que le solvant extracteur est **moins dense que l'eau**. Il s'agit donc du **cyclohexane** de densité 0,78.

6

6.1 La menthone comportant une double liaison C=O de sa fonction cétone, on doit repérer **une bande de forte intensité entre 1650 et 1730 cm^{-1}**. Ce qui est bien le cas dans le spectre fourni.

6.2 Par définition : $\eta = \frac{n_{exp}}{n_{th}}$ soit donc aussi $\eta = \frac{m_{exp}}{m_{th}} \Leftrightarrow \eta = \frac{10{,}3g}{15{,}4g} = 66{,}9\%$

Le rendement est bien inférieur à 100%.
Deux hypothèses peuvent l'expliquer :

- La transformation du menthol en menthone n'est pas totale ($x_f < x_{max}$).
- L'extraction par le solvant n'a pas été efficace.

Exercice 3 : Bleu patenté (Dosage spectrophotométrique, dilution)

1. Le spectre d'absorption du bleu patenté montre que cette espèce chimique présente **un maximum d'absorption pour un rayonnement de longueur d'onde 640nm**. Cela correspond à la couleur orange d'après le cercle chromatique. Le bleu patenté sera donc perçu avec la **couleur complémentaire du orange**, à l'opposé du orange dans le cercle chromatique, donc **bleu**.

2. D'après les indications du tableau, le facteur de dilution vaudra : $F = \frac{c_0}{c_2} = \frac{10}{2{,}5} = 4$. SI on veut préparer un volume $V = 100{,}0 mL$ de solution S_2, il faudra donc prélever un volume $V_0 = \frac{V}{F} = \frac{100{,}0 mL}{4} = 25{,}00 mL$.

=> Protocole :

- prélever 25,0 mL de solution S_0 à l'aide d'une pipette jaugée préalablement rincée avec la solution S_0 ;
- Vider la pipette dans une fiole jaugée de 100,0 mL ;
- Compléter la fiole avec de l'eau distillée en deux étapes, en agitant la fiole à la fin de chaque ajout.

3. La loi de Beer-Lambert dit que **l'absorbance** d'une solution colorée **est proportionnelle à la concentration** en espèce colorée : **A = k.c**. Comme le graphe A = f(c) est modélisable par une droite passant par l'origine, l'équation de la droite est donc de la forme A = k.c, donc **il obéit bien à la loi de Beer-Lambert**.

4. Choisissons le cas d'un adulte qui pèse 80 kg. Alors d'après les indications de l'énoncé sur la DJA, il peut ingérer en une journée une masse de bleu patenté $m_{max} = 80 kg \times 2{,}5 mg.kg^{-1} = 2{,}0 \times 10^2 mg$.
D'après le dosage par étalonnage, on peut déterminer le coefficient directeur k de la droite A = f(c), en choisissant le point de coordonnées (7,5 µmol.L-1 ; 1,2) : $k = \frac{1{,}2}{7{,}5 \mu mol.L^{-1}} = 0{,}16 L.\mu mol^{-1}$.

Donc pour la solution, puisque $A_S = 0{,}75$, on peut en déduire que $c_S = \frac{A_S}{k} = \frac{0{,}75}{0{,}16 L.\mu mol^{-1}} = 4{,}7 \mu mol.L^{-1}$.

Or cette solution *S* est issue d'un sirop de menthe dilué 10 fois. Donc en réalité $c_{sirop} = c_S \times 10 = 47 \mu mol.L^{-1}$.

On peut donc en déduire le volume de sirop V_{max} consommable :

$$V_{max} = \frac{n_{max}}{c_{sirop}} = \frac{m_{max}}{M_{bleu} \times c_{sirop}} = \frac{200 \times 10^{-3} g}{560{,}7 g.mol^{-1} \times 47 \times 10^{-6} mol.L^{-1}} = 7{,}6 L.$$

En considérant que cet adulte se prépare un verre de sirop en diluant 5 fois le sirop de la bouteille, alors le volume total de boisson qu'il peut boire est $V_{total} = 5 \times V_{max} = 5 \times 7{,}6 L = 38 L$.
Si chaque verre préparé contient $V_{verre} = 200 mL$ de sirop dilué, alors le nombre de verres que cet adulte peut consommer en une journée est : $N_{verre} = \frac{V_{total}}{V_{verre}} = \frac{38 L}{0{,}200 L} = 1{,}9 \times 10^2 verres$, soit environ **190 verres** !

Cet adulte **ne risque donc pas de dépasser la DJA** concernant le bleu patenté en consommant du sirop de menthe, car il semble assez improbable qu'il arrive à boire autant de verre en une journée. Quand bien même il essaierait, il semble que c'est surtout l'**apport excessif de sucre** qui pourrait s'avérer dangereux, puisque c'est l'ingrédient principal de ce sirop d'après les indications de composition visibles sur l'étiquette !

Exercice 4 : Teneur en fer (Oxydoréduction, dosage par titrage, incertitudes)

1. Comme les ions Fe^{2+} sont réducteurs, et que les peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ et permanganate MnO_4^- sont oxydants, alors la transformation qui a lieu est une **réaction d'oxydoréduction**.

2.a. $Fe^{2+}_{(aq)} = Fe^{3+}_{(aq)} + 1\ e^-$ x2
$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- = 2\ SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ x1

$\mathbf{2\ Fe^{2+}_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 2\ Fe^{3+}_{(aq)} + 2\ SO_4^{2-}{}_{(aq)}}$

2.b. $Fe^{2+}_{(aq)} = Fe^{3+}_{(aq)} + 1\ e^-$ x5
$MnO_4^-{}_{(aq)} + 8\ H^+ + 5\ e^- = Mn^{2+}_{(aq)} + 4\ H_2O_{(l)}$ x1

$\mathbf{5\ Fe^{2+}_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)} + 8\ H^+ \rightarrow 5\ Fe^{3+}_{(aq)} + Mn^{2+}_{(aq)} + 4\ H_2O_{(l)}}$

3. A l'équivalence les réactifs ont été **introduits en proportions stœchiométriques**, cela correspond donc au moment où il y a un **changement de réactif limitant**.

4. La solution titrée a une couleur verte due aux ions Fe^{2+} à peine perceptible d'après l'énoncé. La décoloration totale signalant leur disparition totale à l'équivalence ne sera donc facilement perceptible.
Si l'on utilise le peroxodisulfate comme réactif titrant, nous ne pourrons pas non plus constater de changement de couleur à l'équivalence. En effet, le peroxodisulfate est incolore d'après son spectre d'absorption, et le sulfate produit par la réaction support du titrage est lui-même incolore d'après les données.
En revanche, en utilisant le permanganate qui a une couleur violette d'après son spectre d'absorption et le cercle chromatique, alors un changement de couleur permettra de repérer l'équivalence. Avant l'équivalence, le réactif titrant étant limitant, chaque ion permanganate violet versé est consommé, et aboutit à la production d'un ion manganèse Mn^{2+} incolore : le système chimique reste donc incolore (ou vert très pâle) tant que l'équivalence n'est pas atteinte. Mais dès qu'elle l'est, chaque ion permanganate versé en plus restera dans le système chimique car les ions Fe^{2+} auront été intégralement consommés : on pourra donc **repérer l'équivalence** par **la persistance d'une coloration violette du système chimique**.

5. Pour réaliser une dilution, il faut utiliser une **pipette jaugée** (ou graduée) permettant de prélever la solution mère et une **fiole jaugée** de contenance adapté au facteur de dilution. Puisque ici on souhaite diluer d'un facteur $F = 5$ la solution mère, il faut choisir un ensemble d'une pipette et d'une fiole respectant la relation : $F = 5 = \frac{V_{fiole}}{v_{pipette}}$. On peut donc choisir l'ensemble **{pipette 10,0 mL + fiole 50,0 mL}** ou **{pipette 20,0 mL + fiole 100,0 mL}**.

6. Dans le cas des verreries de capacités 100 mL, 50 mL et 10 mL, il ne s'agit d'une verrerie ne permettant une **lecture des volumes qu'à 1 mL près (au mieux)**. Dans le cas des verreries de capacités 100,0 mL, 50,0 mL et 10,0 mL, il ne s'agit de verreries permettant une **lecture des volumes à 0,1 mL près**.

7.a. Comme on souhaite prélever un volume de 10,0 mL, donc précis à 0,1 mL près, alors il faudra faire ce prélèvement avec de la verrerie précise à 0,1 mL près => la **pipette jaugée de 10,0 mL**.
7.b.

8.a. Il faut calculer la valeur moyenne des volumes équivalents : $\overline{V_E} = 10{,}77mL$. En tenant compte de l'incertitude-type de type A, on peut donc écrire le résultat suivant de la manière générale suivante : $V_E = \overline{V_E} \pm u(V_E)$, soit donc $V_E = (10{,}77 \pm 0{,}08)mL$
8.b. On aurait pu déterminer l'incertitude-type sur le volume équivalent par une incertitude-type **de type B**, c'est-à-dire en ne faisant qu'**une seule mesure du volume équivalent** et en lisant l'indication de cette incertitude donnée par le constructeur de la burette (*généralement* $\pm 0{,}1mL$) ou estimée par l'expérimentateur. Cette méthode est toutefois plus aléatoire et moins précise.

9. A l'équivalence les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques, donc, d'après la stœchiométrie de l'équation de réaction support du titrage, on peut écrire : $\frac{n_{(Fe2^+)i}}{5} = \frac{n_{(MnO4^-)versé}}{1}$, soit donc $n_{(Fe2^+)i} = 5.n_{(MnO4^-)versé}$.
Par définition, la concentration en masse en ions ferreux dans l'échantillon est $C_{m(Fe2+)} = \frac{m_{Fe2+}}{V}$ soit donc $C_{m(Fe2+)} = \frac{n_{(Fe2+)i} \times M_{Fe}}{V} = \frac{5.n_{(MnO4-)versé} \times M_{Fe}}{V} = \frac{5.[MnO_4^-] \times V_E \times M_{Fe}}{V}$

=> AN : $C_{m(Fe2+)} = \frac{5\times0{,}020mol.L^{-1}\times10{,}77mL\times56{,}0g.mol^{-1}}{10{,}0mL} = 6{,}0g.L^{-1}$=> Cela est **conforme** est aux indications du fabriquant.

Exercice 5 : Ballon sonde (Ondes, forces et variation du vecteur-vitesse ; 45 minutes environ)

1. Il existe également les **ondes mécaniques**, qui contrairement aux ondes électromagnétiques nécessitent un milieu matériel pour se propager. Le son est une onde mécanique.

2. $c = \lambda \times \nu$

3. $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3{,}0\times10^{8}m.s^{-1}}{403{,}2\times10^{6}Hz} = 0{,}74m.$ Cela correspond effectivement aux UHF dans laquelle le ballon doit émettre, donc les lycéens ont bien choisi la fréquence.

On considère le ballon juste après le décollage, étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen. On néglige les frottements exercés par l'air.
Le système {ballon + nacelle + hélium} est soumis à deux forces :

- son poids, noté $\vec{P}$;
- la poussée d'Archimède, notée $\vec{F}$, verticale, dirigée vers le haut telle que sa norme *F* = 50 N.

4. $m = m_{enveloppe} + m_{nacelle} + m_{hélium} = 4{,}6kg.$

5. Par définition, $P = m.g$=> $P = 4{,}6kg \times 9{,}81N.kg^{-1} = 45N$

6. $\vec{P}$aura donc une longueur de 4,5 cm et$\vec{A}$aura une longueur de 5,0 cm.

7. Le vecteur$\Sigma\vec{F}$est donc **vertical**, vers le **haut**. Comme$\vec{P}$et$\vec{A}$sont colinéaires mais opposés, on peut en déduire que$\Sigma\vec{F} = 5N.$

8. $\Delta v = v_3 - v_1 = 3{,}2m.s^{-1} - 1{,}1m.s^{-1} = 2{,}1m.s^{-1}.$

9. D'après la relation approchée de la seconde loi de Newton, on peut écrire que :$\Sigma\vec{F} = m \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$, soit donc$\Sigma F = m \times \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta v = \frac{\Sigma F\times\Delta t}{m}$

=> AN :$\Delta v = \frac{(50N-45N)\times(3{,}0s-1{,}0s)}{4{,}6kg} = 2{,}2m.s^{-1} \approx 2{,}1m.s^{-1}.$

Exercice 6 : Physique du parachutisme (Aspects énergétiques du mouvement)

1. D'après le document 1, on peut voir que l'énergie cinétique de la boule augmente puis se stabilise. Donc, d'après la relation exprimant l'énergie cinétique E_c d'un système en fonction de masse m et de sa vitesse v : $E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2$, on peut en déduire que la vitesse de la boule a**ugmente puis se stabilise**.

2. L'énergie cinétique maximale atteinte est, d'après le document 1 $E_{c(max)} = 2{,}5J$. On peut donc en déduire v_{max}:

$v_{max} = \sqrt{\frac{2\times E_{c(max)}}{m}}$ => AN : $v_{max} = \sqrt{\frac{2\times 2{,}5J}{0{,}400kg}} = 3{,}5m.s^{-1}$.

Cette vitesse maximale est approximativement atteinte à partir de l'instant $t_0 = 0{,}4s$.

3. Par définition : $E_{pp} = m.g.z$, donc $\Delta E_{pp} = m.g.\Delta z \Leftrightarrow \Delta z = \frac{\Delta E_{pp}}{m.g}$. Entre l'instant t_0 = 0,4 s et l'instant t_f = 1,3 s, on peut lire sur le doc 2 que $\Delta E_{pp} = -12J$ (*l'énergie potentielle de pesanteur diminue de 12J*), donc

$\Delta z = \frac{-12J}{0{,}400kg\times 9{,}81N.kg^{-1}} = -3{,}1m$ (*la bille chute donc de 3,1 m à vitesse constante*).

4. L'énergie mécanique est d'abord **constante jusqu'à t' = 0,3 s environ.** Puis **elle diminue jusqu'à t_f**. On peut donc en conclure que les forces de frottement ne sont **plus négligeables à partir de l'instant t'** et non pas à partir de t_0 comme l'indiquait l'hypothèse de travail.

5. Sur le document 2, on peut estimer que, entre t_0 et t_f : $\Delta E_{m(t0\rightarrow tf)} = -12J$.

6. D'après le théorème de l'énergie mécanique, et sachant que le poids est une force conservative, on peut écrire que : $\Delta E_{m(t0\rightarrow tf)} = W_{\vec{f}}$. Or $W_{\vec{f}} = \vec{f}\cdot\overrightarrow{AB}$. avec $\overrightarrow{AB}$ le vecteur déplacement de la boule au cours de sa chute entre le point A d'où elle est lâchée et le point B au sol. On peut donc en déduire que $\|\overrightarrow{AB}\| = |\Delta z|$. Comme $\vec{f}$ est orienté verticalement vers le haut et $\overrightarrow{AB}$ verticalement vers le bas, alors l'angle formé par ces deux vecteurs vaut 180°. On en déduit donc que : $W_{\vec{f}} = -f.|\Delta z|$. Donc $f = \frac{-W_{\vec{f}}}{|\Delta z|} = \frac{\Delta E_{m(t0\rightarrow tf)}}{|\Delta z|} = \frac{-(-12J)}{3{,}1m} = 3{,}9N$

7. Puisque le mouvement est rectiligne uniforme dans le référentiel terrestre au cours de cette phase, alors, d'**après la 1ère loi de Newton** (*le principe d'inertie*), on peut en déduire **les frottements compensent le poids** de la boule, soit donc :

- vectoriellement : $\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$
- et numériquement : $f = P$

Exercice 7 : Rendement d'une source de tension (Aspects énergétiques en élec, Python)

1. D'après la relation $I = \frac{Q}{\Delta t}$, on peut en déduire que $Q = I \times \Delta t$. Cela implique que $1C = 1A.s$.

Donc $Q_{max} = 5000mA.h = 5{,}000A.h = 5{,}000A.3600s = 1{,}800\times 10^4C$;

2. $\Delta t = \frac{Q_{max}}{I} = \frac{1{,}800\times 10^4 C}{2{,}1A} = 8{,}6\times 10^3 s = 2{,}4h$

3. La caractéristique d'un générateur réel suit une fonction affine de la forme $U = E - rI$, avec *U* la tension aux bornes du générateur, *E* sa tension à vide (appelée force électromotrice, f.é.m), *r* sa résistance interne et *I* l'intensité du courant débité.

On peut en déduire que $r = \frac{E-U}{I}$ => AN : $r = \frac{5{,}0V-4{,}7V}{2{,}1A} = 0{,}14\Omega$.

4. Par définition : $P_J = rI^2$ => AN : $P_J = 0{,}14\Omega \times (2{,}1A)^2 = 0{,}62W$

5. Par définition : $E_J = P_J \times \Delta t$ => AN : $E_J = 0{,}62W \times 2{,}4\times 3600s = 5{,}4\times 10^3 J$

6.a. Il faut compléter ces lignes avec les relations permettant de calculer la puissance reçue en entrée par le générateur ($P_{entrée} = E \times I$), la puissance délivrée par le générateur ($P_{sortie} = U \times I$) et le rendement du générateur ($\eta = \frac{P_{sortie}}{P_{entrée}}$)

6.b. Un rendement s'exprimant en pourcentage, l'opérateur *100 va permettre de transformer le résultat brut décimal compris entre 0 et 1 en une valeur comprise entre 0 et 100.

```python
# Demande à l'utilisateur d'entrer des informations concernant la source réelle de tension :
# Valeurs de la f.é.m, l'intensité débitée en fonctionnement et la résistance interne
E = float(input("Entrer la valeur, en V, de la tension à vide du générateur : "))
I = float(input("Entrer la valeur, en A, de l'intensité du courant débité par le générateur :"))
r = float(input("Entrer la valeur, en ohm, de la résistance interne du générateur :"))

# déclaration de la fonction permettant de faire un bilan de puissance de la source de tension
def CALCUL_PUISSANCE (E,r,I):
    U = E-r*I
    Pj = r*I**2
    Pentree = E*I
    Psortie = U*I
    rendement = Psortie/Pentree
    print ("La puissance en entrée vaut Pentree = ",Pentree,"W. \n")
    print ("La puissance dissipée par effet Joule = ",Pj,"W. \n")
    print ("La Puissance électrique en sortie vaut sortie =",Psortie,"W.")
    return rendement

# appel dela fonction pour permettre d'afficher son rendement
rendementsource = CALCUL_PUISSANCE(E,r,I)*100
print("Le rendement de cette source de tension est de : ",round(rendementsource,1)," %")
```

Console ×

```
>>
>> %Run 'Script Corrigé exo  11 DM d'"'"'été.py'

 Entrer la valeur, en V, de la tension à vide du générateur : 5
 Entrer la valeur, en A, de l'intensité du courant débité par le générateur :2.1
 Entrer la valeur, en ohm, de la résistance interne du générateur :0.14
 La puissance en entrée vaut Pentree =  10.5 W.

 La puissance dissipée par effet Joule =  0.6174000000000001 W.

 La Puissance électrique en sortie vaut sortie = 9.8826 W.
 Le rendement de cette source de tension est de :  94.1  %
```