

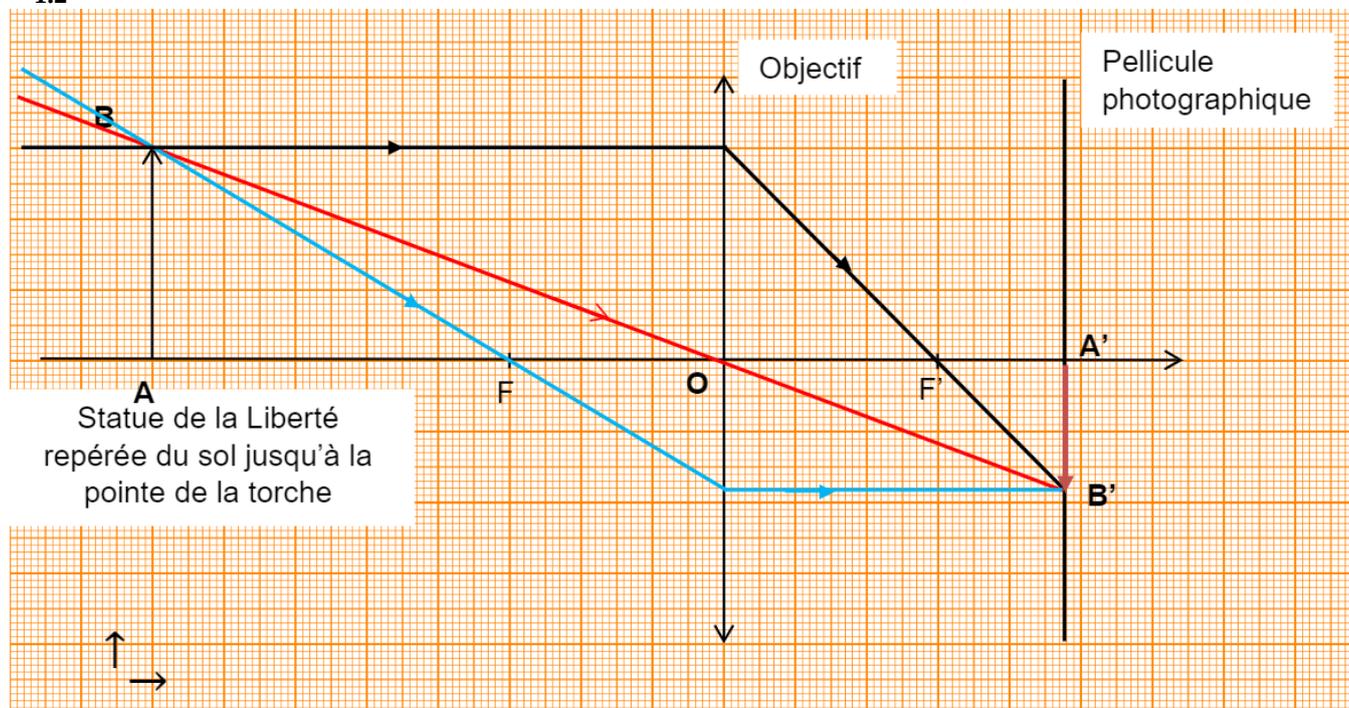
## Devoir de vacances Physique-Chimie – CORRECTION

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

#### Partie 1 : distance de prise de vue et taille de l'image

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 :  $\overline{OA'} = \frac{\overline{OF'} \times \overline{OA}}{\overline{OA} + \overline{OF'}}$

$$\Rightarrow \text{AN : } \overline{OA'} = \frac{5,00 \times 10^{-2} \text{ m} \times (-250 \text{ m})}{5,00 \times 10^{-2} \text{ m} - 250 \text{ m}} = 5,00 \times 10^{-2} \text{ m} = 5,00 \text{ cm} . \text{ On constate que } \overline{OA'} = \overline{OF'} ,$$

donc le point A' est confondu avec le point F'.

1.5 Par définition :  $y = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$   $\Rightarrow \text{AN : } y = \frac{5,00 \times 10^{-2} \text{ m}}{-250 \text{ m}} = -2,00 \times 10^{-4}$

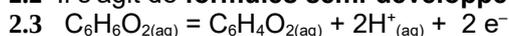
1.6 La statue de la liberté a une hauteur  $\overline{AB} = 93,0 \text{ m}$ . On peut donc déterminer sa dimension sur la pellicule à l'aide de la relation de grandissement :  $\overline{A'B'} = y \times \overline{AB}$

$\Rightarrow \text{AN : } \overline{A'B'} = -2,00 \times 10^{-4} \times 93,0 \text{ m} = -0,0186 \text{ m} = -18,6 \text{ mm}$ . 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.

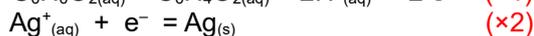
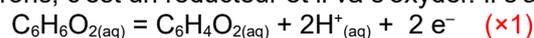
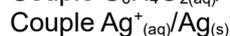
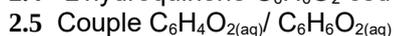
#### Partie 2 : révélation de la pellicule photosensible

2.1 Plus un objet est lumineux (clair), plus il y aura des ions bromure  $\text{Br}^-$  qui vont céder des électrons à des ions argent  $\text{Ag}^+$ , ce qui va conduire à la formation d'argent solide, soit des zones sombres. L'objet lumineux donnera donc une image sombre sur la pellicule et inversement. Ceci explique que les nuances de gris soient inversées entre le négatif noir et blanc et le paysage d'origine.

2.2 Il s'agit de **formules semi-développées**.



2.4 L'hydroquinone  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$  cède des électrons, c'est un réducteur et il va s'oxyder. Il s'agit donc d'une **oxydation**.



2.6 Les ions argent se forment sur 40 % de la surface S de la pellicule. Or la pellicule comporte initialement 2,00 mg d'ions argent par  $\text{cm}^2$ . La masse d'ions argent consommés s'exprime donc :

$$m_{\text{Ag}^+} = 40\% \times S \times 2,00 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Or par définition  $n_{(\text{Ag}^+)_{\text{consommé}}} = \frac{m_{\text{Ag}^+}}{M} \Leftrightarrow n_{(\text{Ag}^+)_{\text{formé}}} = 40\% \times S \times 2,00 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$

$$\Rightarrow \text{AN : } n_{(\text{Ag}^+)_{\text{consommé}}} = \frac{40\% \times 2,40 \text{ cm} \times 3,60 \text{ cm} \times 2,00 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}}{107,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 6,4 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

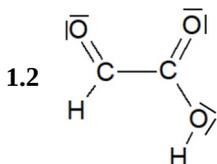
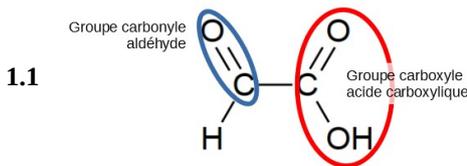
2.7 Par définition :  $c = \frac{n_{\text{hydroquinone}}}{V}$ . Or d'après la stœchiométrie de l'équation de réaction, pour une mole d'hydroquinone consommée, 2 moles d'ions argent sont consommées.

On en déduit donc que :  $\frac{n_{\text{hydroquinone}}}{1} = \frac{n_{(\text{Ag}^+)_{\text{consommé}}}}{2}$

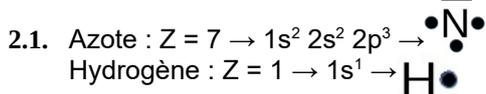
La concentration d'hydroquinone minimale s'exprime donc :  $c = \frac{n_{(\text{Ag}^+)_{\text{consommé}}}}{2 \cdot V}$

$$\Rightarrow \text{AN : } c = \frac{6,4 \times 10^{-5} \text{ mol}}{2 \times 50 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = 6,4 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

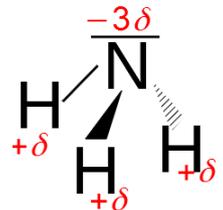
### Exercice 2 : Allantoïne (chimie organique : familles, spectre IR, synthèse, rendement ; polarité et géométrie des molécules)



1.3 Chacun des deux atomes est lié de la même façon avec 2 liaisons covalentes simples et une liaison double, cela aboutit à une **géométrie triangulaire plane**.



2.2. Les atomes d'azote et d'hydrogène ont des électronégativités différentes :  $\chi(\text{N}) > \chi(\text{H})$ . De fait, chacune des liaisons covalentes est polarisée, des charges partielles  $+\delta$  sont présentes sur chaque atome d'hydrogène et une charge partielle  $-3\delta$  se trouve sur l'atome d'azote. Du fait de sa géométrie pyramidale, **le centre géométrique des charges partielles positives n'est pas confondu avec le centre géométrique des charges partielles négatives**, ce qui implique que la molécule d'ammoniac est polaire.



- 3.1 **La transformation** correspond aux étapes pendant laquelle le produit se forme, **ce sont les étapes a et b**. **La séparation** est l'étape durant laquelle le produit est séparé des autres substances : **c'est l'étape c**. **La purification** correspond à **l'étape d** (on lave le produit des impuretés). **L'analyse** correspond à l'étude des produits obtenus, c'est **l'étape e**.
- 3.2 Le précipité blanchâtre correspond à l'allantoïne. Il n'apparaît pas tout de suite car il est relativement **soluble dans l'eau chaude** ( $150 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ), ce qui fait que l'allantoïne produite au début reste entièrement solubilisée. Une fois la concentration en allantoïne suffisamment élevée, la solution devient **saturée**, l'allantoïne commence alors à cristalliser.
- 3.3 L'allantoïne est soluble dans l'eau bouillante, mais **sa solubilité diminue fortement dans l'eau froide**, donc si on ne refroidit pas le mélange, une grande partie du produit restera dissoute en solution et sera perdue. En refroidissant le mélange (dans la glace) la fraction restée en solution va pouvoir cristalliser à son tour, permettant de la récupérer.
- 3.4 Dans la solution, l'allantoïne est mélangée à de l'acide sulfurique et au réactif en excès. Il convient donc de l'en séparer. Ces produits sont tous solubles dans l'eau glacée, contrairement à l'allantoïne. En **rinçant à l'eau glacée on retire les substances indésirables** en minimisant les pertes en allantoïne.

3.5

	$2 \text{ CH}_4\text{N}_2\text{O}_{(s)}$	+	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_{3(aq)}$	$\rightarrow$	$\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_{3(s)}$	+	$2 \text{ H}_2\text{O}_{(l)}$
Etat initial	$n_{(urée)i}$		$n_{(gly)i}$		0		SOLVANT
Etat final	$n_{(urée)i} - 2x_f$		$n_{(gly)i} - x_f$		$x_f$		SOLVANT

3.6 Pour déterminer le rendement, il faut d'abord chercher la quantité de matière théorique d'allantoïne que l'on pourrait récupérer. Pour cela, il faut calculer les quantités de matière de réactifs introduits à l'état initial pour en déduire le réactif limitant :

• pour l'urée :  $n_{(urée)i} = \frac{m_{urée}}{M_{urée}} = \frac{13,6 \text{ g}}{60,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,227 \text{ mol}$  .

Si l'urée est limitante, alors d'après le tableau d'avancement, on peut écrire :

$$n_{(urée)f} = 0 \Leftrightarrow n_{(urée)i} - 2x_f = 0 \Leftrightarrow x_f = \frac{n_{(urée)i}}{2} = \frac{0,227 \text{ mol}}{2} = 0,114 \text{ mol}$$

• pour l'acide glyoxylique :  $n_{(gly)i} = \frac{m_{gly}}{M_{gly}}$  . Or l'acide glyoxylique est apporté via un volume

$V_{sol} = 10,0 \text{ mL}$  de solution à 50 % en masse et de masse volumique  $\rho = 1,3 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  . Donc

$m_{gly} = 50\% \times \rho \times V_{sol}$  . On en déduit donc que  $n_{(gly)i} = \frac{50\% \times \rho \times V_{sol}}{M_{gly}}$  , soit donc

$$n_{(gly)i} = \frac{50\% \times 1,3 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 10,0 \text{ mL}}{74,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,088 \text{ mol}$$
 .

Si l'acide glyoxylique est limitant, alors d'après le tableau d'avancement on peut écrire :

$$n_{(gly)f} = 0 \Leftrightarrow n_{(gly)i} - x_f = 0 \Leftrightarrow x_f = n_{(gly)i} = 0,088 \text{ mol}$$

=> Le réactif qui aboutit à l'avancement le plus faible est l'acide glyoxylique, donc c'est lui qui est limitant et donc  $x_f = 0,088 \text{ mol}$  .

D'après le tableau d'avancement, on peut donc en déduire que  $n_{(allantoïne)théo} = x_f = 0,088 \text{ mol}$  .

Expérimentalement, il a été obtenue une quantité de matière d'allantoïne :  $n_{(allantoïne)exp} = \frac{m}{M_{allantoïne}}$

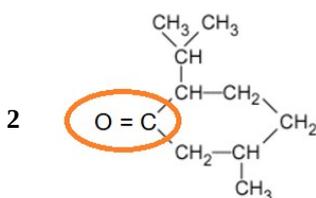
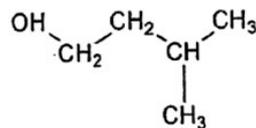
On peut donc calculer le rendement. Par définition :  $\eta = \frac{n_{(allantoïne)exp}}{n_{(allantoïne)théo}} = \frac{m}{M \times x_f}$

=> AN :  $\eta = \frac{8,60 \text{ g}}{158,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0,088 \text{ mol}} = 62\%$

### Exercice 3 : 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)



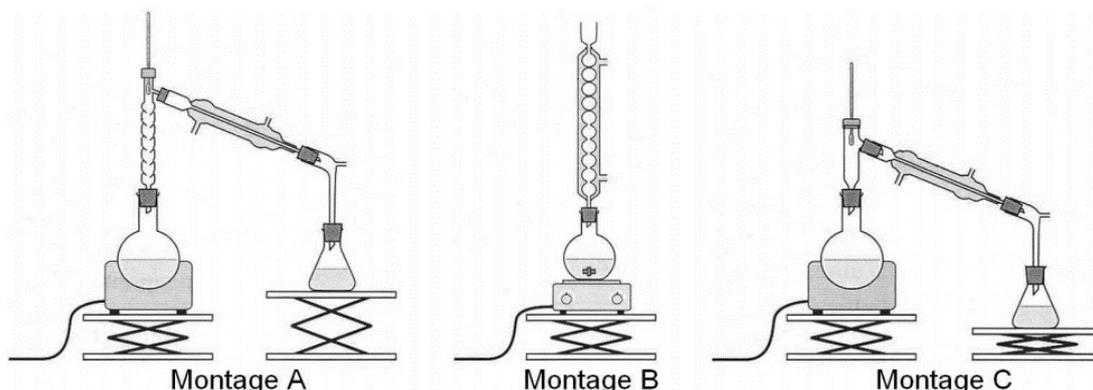
3

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

Couple Ox/Réd : Menthone/Menthol  
 $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O} / \text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}$



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		$2\text{MnO}_4^-_{(\text{aq})} + 5\text{C}_9\text{H}_{18}\text{CHOH}_{(\text{s})} + 6\text{H}^+_{(\text{aq})} \rightarrow 2\text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})} + 5\text{C}_9\text{H}_{18}\text{CO}_{(\text{l})} + 8\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$					
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 :

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

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

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

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

$$\Rightarrow \boxed{x_f = 0,0200 \text{ mol}}$$

4.4 Par définition :  $m_{th} = n_{th} \times M_{\text{menthone}}$  soit donc  $m_{th} = 5x_f \times M_{\text{menthone}}$  d'après le tableau d'avancement.

$$\Rightarrow \text{AN : } \boxed{m_{th} = 5 \times 0,0200 \text{ mol} \times 154 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 15,4 \text{ g}}$$

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<sup>-1</sup>**. Ce qui est bien le cas dans le spectre fourni.

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

Le rendement est bien inférieur à 100%.

Deux hypothèses peuvent l'expliquer :

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

#### Exercice 4 : 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  $V = 100,0 \text{ mL}$  de solution  $S_2$ , il faudra donc prélever un volume  $V_0 = \frac{V}{F} = \frac{100,0 \text{ mL}}{4} = 25,00 \text{ mL}$ .

##### => 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 :  $A = k \cdot c$ . 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  $A = k \cdot c$ , 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  $m_{max} = 80 \text{ kg} \times 2,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} = 2,0 \times 10^2 \text{ mg}$ .

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  $(7,5 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} ; 1,2)$  :  $k = \frac{1,2}{7,5 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,16 \text{ L} \cdot \mu\text{mol}^{-1}$ .

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

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

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

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

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  $V_{total} = 5 \times V_{max} = 5 \times 7,6 \text{ L} = 38 \text{ L}$ .

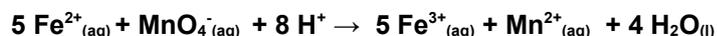
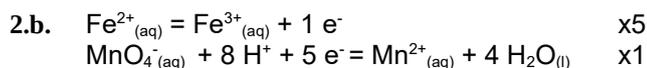
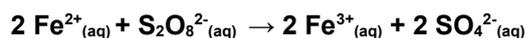
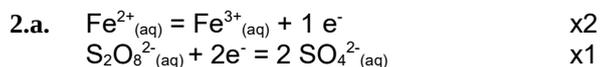
Si chaque verre préparé contient  $V_{verre} = 200 \text{ mL}$  de sirop dilué, alors le nombre de verres que cet adulte peut

consommer en une journée est :  $N_{verre} = \frac{V_{total}}{V_{verre}} = \frac{38 \text{ L}}{0,200 \text{ L}} = 1,9 \times 10^2 \text{ verres}$ , 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 5 : Teneur en fer (Oxydoréduction, dosage par titrage, incertitudes)

1. Comme les ions  $\text{Fe}^{2+}$  sont réducteurs, et que les peroxodisulfate  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  et permanganate  $\text{MnO}_4^-$  sont oxydants, alors la transformation qui a lieu est une **réaction d'oxydoréduction**.



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  $\text{Fe}^{2+}$  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 peroxydisulfate comme réactif titrant, nous ne pourrions pas non plus constater de changement de couleur à l'équivalence. En effet, le peroxydisulfate 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.**

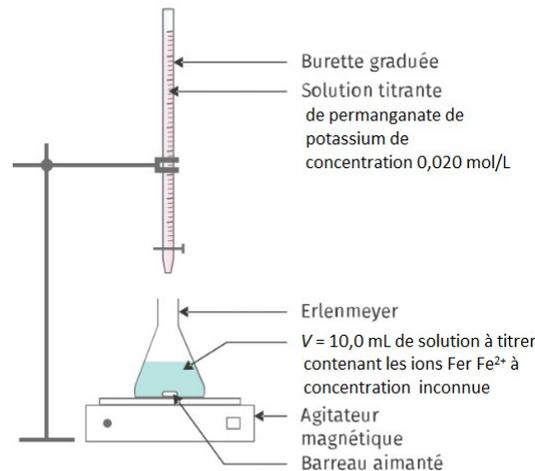
5. Pour réaliser une dilution, il faut utiliser une **pipette jaugée** (ou graduée) permettant de prélever la solution mère et une **fiolle jaugée** de contenance adaptée au facteur de dilution. Puisque ici on souhaite diluer d'un facteur  $F=5$

la solution mère, il faut choisir un ensemble d'une pipette et d'une fiole respectant la relation :  $F=5 = \frac{V_{fiolle}}{V_{pipette}}$ . 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 :  $\bar{V}_E = 10,77 \text{ mL}$ . En tenant compte de l'incertitude-type de type A, on peut donc écrire le résultat suivant de la manière générale suivante :

$$V_E = \bar{V}_E \pm u(V_E), \text{ soit donc } \boxed{V_E = (10,77 \pm 0,08) \text{ mL}}$$

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*  $\pm 0,1 \text{ mL}$ ) 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 :  $\frac{n_{(Fe^{2+})i}}{5} = \frac{n_{(MnO_4^-)versé}}{1}$ , soit donc

$$n_{(Fe^{2+})i} = 5 \cdot n_{(MnO_4^-)versé}$$

Par définition, la concentration en masse en ions ferreux dans l'échantillon est  $C_{m(Fe^{2+})} = \frac{m_{Fe^{2+}}}{V}$  soit donc

$$C_{m(Fe^{2+})} = \frac{n_{(Fe^{2+})i} \times M_{Fe}}{V} = \frac{5 \cdot n_{(MnO_4^-)versé} \times M_{Fe}}{V} = \frac{5 \cdot [MnO_4^-] \times V_E \times M_{Fe}}{V}$$

■  
=> AN :  $\boxed{C_{m(Fe^{2+})} = \frac{5 \times 0,020 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 10,77 \text{ mL} \times 56,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{10,0 \text{ mL}} = 6,0 \text{ g} \cdot L^{-1}}$  => Cela est **conforme** est aux indications du fabricant.

### Exercice 6 : La manœuvre de VALSALVA (Pression, statique des fluides)

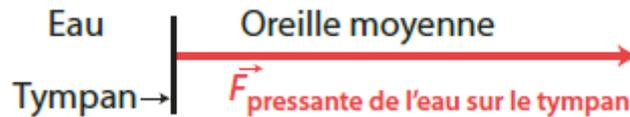
1. La loi fondamentale de la statique des fluides s'écrit :  $P_B - P_A = \rho_{eau} \times g \times (z_A - z_B)$  , soit donc  $P_B = \rho_{eau} \times g \times (z_A - z_B) + P_A$  . En prenant pour point A un point à la surface de l'eau, alors, comme l'eau est en équilibre avec l'air, on peut écrire que  $P_A = P_{atm}$  .

Donc  $P_B = \rho_{eau} \times g \times (z_A - z_B) + P_{atm}$

=> AN :  $P_B = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \times (0 - (-10 \text{ m})) + 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 2,0 \times 10^5 \text{ Pa}$

2. Par définition,  $F = P_B \times S \Rightarrow F = 2,0 \times 10^5 \text{ Pa} \times 80 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 16 \text{ N}$

3. On peut choisir une échelle de type 1 cm  $\longleftrightarrow$  2N : le vecteur  $\vec{F}$  aura alors une longueur de 8,0 cm.



4.

a)  $F' = P_{atm} \times S = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} \times 80 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 8,1 \text{ N}$

- b) Le tympan est soumis à deux forces pressantes :  $\vec{F}$  et  $\vec{F}'$  .  $\vec{F}'$  est opposée à  $\vec{F}$  . Mais comme  $F > F'$  , le tympan est **déformé vers l'oreille moyenne**.

### Exercice 7 : Ballon sonde (Ondes, forces et variation du vecteur-vitesse, loi de Mariotte ; 1h15 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.  $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{403,2 \times 10^6 \text{ Hz}} = 0,74 \text{ m}$  . 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  $F = 50 \text{ N}$ .

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

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

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

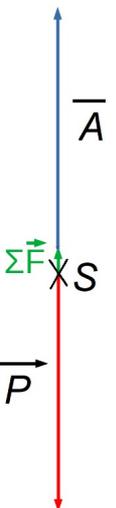
7. Le vecteur  $\Sigma \vec{F}$  est donc **vertical**, vers le **haut**. Comme  $\vec{P}$  et  $\vec{A}$  sont colinéaires mais opposés, on peut en déduire que  $\Sigma \vec{F} = 5 \text{ N}$  .

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

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  $\vec{P}$

donc  $\Sigma F = m \times \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta v = \frac{\Sigma F \times \Delta t}{m}$

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



10. Plus l'altitude **augmente**, plus la pression de l'air **diminue**.

11. « A température et quantité de matière constantes, le produit de la pression  $P$  d'un gaz par le volume  $V$  qu'il occupe est constant.  $P \times V = \text{constante}$  »

12. Puisque le produit  $P \cdot V$  reste constant, toute diminution d'un des termes entraîne l'augmentation de l'autre. En considérant que la pression dans le ballon est toujours en équilibre avec la pression atmosphérique, on peut donc en déduire que la pression dans le ballon diminue au cours de son ascension, donc on en conclut que le volume  $V$  du ballon doit augmenter.

En appliquant la loi de Mariotte, on peut déterminer la pression avant éclatement  $P_{\text{éclatement}}$  :

$$P_{\text{éclatement}} = \frac{P_0 \times V_0}{V_{\text{max}}} \Rightarrow \text{AN : } P_{\text{éclatement}} = \frac{1,0 \times 10^3 \text{ hPa} \times 4,0 \text{ m}^3}{51 \text{ m}^3} = 7,8 \times 10^1 \text{ hPa} = 0,078 \times 10^3 \text{ hPa} .$$

Par lecture graphique sur le doc 1, on peut en déduire qu'il peut atteindre une **altitude d'environ 13 km**.

13. Le doc 2 représente l'évolution de la température en fonction de l'altitude. La température au sol était d'environ 26°C, tandis qu'à 30 km d'altitude elle n'est plus que de -35°C. La **loi de Mariotte n'est valable qu'à température constante**, notre hypothèse se basant sur une température constante à l'intérieur du ballon est donc probablement erronée, l'hélium ayant certainement eu le temps de se refroidir au cours de la montée.

### Exercice 8 : 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  $v$  :

$$E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2 , \text{ on peut en déduire que la vitesse de la boule } \mathbf{augmente puis se stabilise} .$$

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

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

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

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

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

4. L'énergie mécanique est d'abord **constante jusqu'à  $t' = 0,3 \text{ s}$  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  $t_f$ :  $\Delta E_{m(t_0 \rightarrow t_f)} = -12 \text{ J}$  .

6. D'après le théorème de l'énergie mécanique, et sachant que le poids est une force conservative, on peut écrire que :  $\Delta E_{m(t_0 \rightarrow t_f)} = W_{\vec{f}}$  . Or  $W_{\vec{f}} = \vec{f} \cdot \vec{AB}$  . avec  $\vec{AB}$  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  $\|\vec{AB}\| = |\Delta z|$  . Comme  $\vec{f}$  est orienté verticalement vers le haut et  $\vec{AB}$  verticalement vers le bas, alors l'angle formé par ces deux

vecteurs vaut 180°. On en déduit donc que :  $W_{\vec{f}} = -f \cdot |\Delta z|$  . Donc  $f = \frac{-W_{\vec{f}}}{|\Delta z|} = \frac{\Delta E_{m(t_0 \rightarrow t_f)}}{|\Delta z|} = \frac{-(-12 \text{ J})}{3,1 \text{ m}} = 3,9 \text{ N}$

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 :  $f = P$

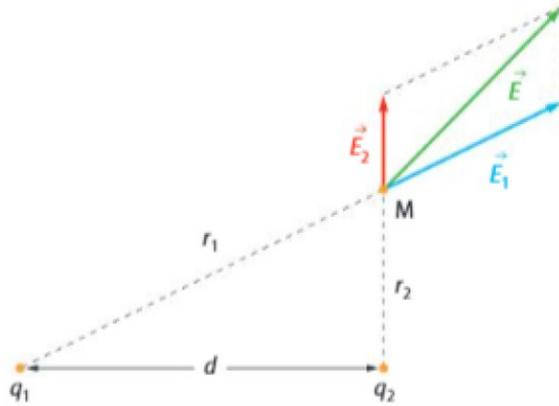
### Exercice 9 : Lignes de champ (champ et force électrostatiques)

1. D'après la loi de Coulomb :  $F_e = \frac{k \times |q_1 \times q_2|}{d^2}$

$$\Rightarrow \text{AN : } F_e = \frac{9,0 \times 10^9 \times 500 \times 10^{-12} \text{ C} \times 50 \times 10^{-12} \text{ C}}{(4,0 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 1,4 \times 10^{-11} \text{ N} .$$

Comme les deux charges sont positives, donc de même signe, cette force est **répulsive**.

2. Voir schéma de principe ci-dessous (sans indication d'échelle).



3.  $E_1 = \frac{k \times q_1}{r_1^2} \Rightarrow \text{AN : } E_1 = \frac{9,0 \times 10^9 \times 500 \times 10^{-12} \text{ C}}{4,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2} = 2,2 \times 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} \text{ (ou } \text{N} \cdot \text{C}^{-1})$

$E_2 = \frac{k \times q_2}{r_2^2} \Rightarrow \text{AN : } E_2 = \frac{9,0 \times 10^9 \times 50 \times 10^{-12} \text{ C}}{2,0 \times 10^{-2} \text{ m}^2} = 1,1 \times 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} \text{ (ou } \text{N} \cdot \text{C}^{-1})$

4. Voir tracé question 2 (  $\vec{E}_1$  doit avoir une longueur de 2,2 cm et  $\vec{E}_2$  doit avoir une longueur de 1,1 cm )
5. Le vecteur résultant  $\vec{E}$  correspond à la somme vectorielle  $\vec{E}_1 + \vec{E}_2$  .
6. L'orientation de  $\vec{E}$  est la même que celle des lignes champ. D'après la construction réalisée à la question précédente, on peut donc en déduire que c'est **la situation B qui est correcte**. On peut aussi justifier en procédant par élimination :
- La situation A suggère que  $\vec{E}$  serait vertical au point M ;
  - La situation C suggère, d'après l'orientation des lignes de champ, que  $q_1$  serait une charge négative.

**Exercice 10 : 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  $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$  .

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

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

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  $r = \frac{E - U}{I} \Rightarrow \text{AN : } r = \frac{5,0 \text{ V} - 4,7 \text{ V}}{2,1 \text{ A}} = 0,14 \Omega$  .

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

5. Par définition :  $E_j = P_j \times \Delta t \Rightarrow \text{AN : } E_j = 0,62 \text{ W} \times 2,4 \times 3600 \text{ s} = 5,4 \times 10^3 \text{ J}$

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

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.

```

1 # Demande à l'utilisateur d'entrer des informations concernant la source réelle de tension :
2 # Valeurs de la f.é.m, l'intensité débitée en fonctionnement et la résistance interne
3 E = float(input("Entrer la valeur, en V, de la tension à vide du générateur : "))
4 I = float(input("Entrer la valeur, en A, de l'intensité du courant débité par le générateur :"))
5 r = float(input("Entrer la valeur, en ohm, de la résistance interne du générateur :"))
6
7 # déclaration de la fonction permettant de faire un bilan de puissance de la source de tension
8 def CALCUL_PUISSANCE (E,r,I):
9     U = E-r*I
10    Pj = r*I**2
11    Pentree = E*I
12    Psortie = U*I
13    rendement = Psortie/Pentree
14    print ("La puissance en entrée vaut Pentree = ",Pentree,"W. \n")
15    print ("La puissance dissipée par effet Joule = ",Pj,"W. \n")
16    print ("La Puissance électrique en sortie vaut sortie =",Psortie,"W.")
17    return rendement
18
19 # appel de la fonction pour permettre d'afficher son rendement
20 rendementsource = CALCUL_PUISSANCE(E,r,I)*100
21 print("Le rendement de cette source de tension est de : ",round(rendementsource,1)," %")
22
23

```

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 %

```

### Exercice 11 : Tsunami (Ondes, Python)

1.1.  $\lambda = v \times T$  (avec  $\lambda$  en m,  $v$  en m/s et  $T$  en s).

1.2.  $\lambda_i = v_i \times T = \sqrt{g \cdot h_i} \times T \Rightarrow \text{AN} : \lambda_i = \sqrt{9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \times 5,0 \times 10^3 \text{ m} \times 1,0 \times 3600 \text{ s}} = 8,0 \times 10^5 \text{ m}$

$\lambda_f = v_f \times T = \sqrt{g \cdot h_f} \times T \Rightarrow \text{AN} : \lambda_f = \sqrt{9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \times 10 \text{ m} \times 1,0 \times 3600 \text{ s}} = 3,6 \times 10^4 \text{ m}$

On peut effet parler de « très grandes ondes » car les valeurs de longueurs d'ondes sont **supérieures au km !**

2.1. Une onde mécanique progressive périodique est une **perturbation** qui se **reproduit identique** à elle-même dans le temps et dans l'espace, et qui se **propage** dans un milieu matériel, **sans transport de matière mais avec transport d'énergie**.

Le tsunami est donc bien une onde mécanique progressive périodique : la perturbation consiste à une déformation de la surface de l'eau, et il possède une **double périodicité spatiale** (de longueur d'onde  $\lambda$ ) et **temporelle** (de période  $T$ ).

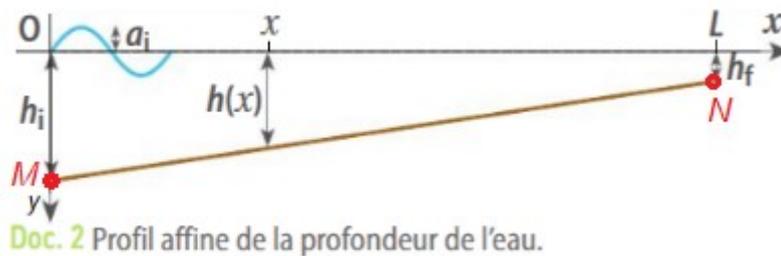
2.2. La **célérité de l'onde n'est pas la même** tout au long de son parcours puisqu'elle dépend de la profondeur d'eau, donc on ne peut pas utiliser cette relation.

2.3.1.

• **A est le coefficient directeur de la fonction affine**, donc l'expression adéquate doit correspondre à la méthode que l'on utilise pour calculer le coefficient directeur de n'importe quelle fonction affine d'équation  $y = A \cdot x + B$  : on choisit deux points M et N situé sur la droite, et détermine le coefficient directeur à l'aide des coordonnées de ces

deux points  $\Rightarrow A = \frac{y_M - y_N}{x_M - x_N}$ .

En réutilisant le doc 2, on peut donc choisir les points M et N comme suit :



Ainsi  $A = \frac{(h_i - h_f)}{0 - L} = \frac{(h_i - h_f)}{-L} \Rightarrow 7 \quad A = (h_i - h_f) / (-L)$  # coefficient directeur de la fonction affine.

• B correspond à la valeur de l'ordonnée à l'origine, donc d'après le document 2 :  $B = h_i$  .

$\Rightarrow 8 \quad B = h_i$  # ordonnée à l'origine de la fonction affine

2.3.2. Cette ligne est intégrée à la boucle while qui est exécutée de manière répétée tant que la valeur de la position x de la perturbation est inférieure à L.

A chaque fois que cette boucle est exécutée, elle calcule la valeur v de la vitesse de l'onde à la position x en utilisant la fonction h(x) (ligne 19).

Puis, d'après la ligne 20, la valeur de la position de x est modifiée en lui ajoutant la valeur de dx (donc + 1000m d'après la ligne 6).

La ligne 21 permet quant à elle de **cumuler la durée de parcours** en ajoutant à la variable temps la valeur d'un terme égal à dx/v.

3. En utilisant la relation  $a = k \cdot h^{-1/4}$  on peut écrire que  $a_i = k \cdot h_i^{-1/4}$  et  $a_f = k \cdot h_f^{-1/4}$  . Donc on peut en

déduire que :  $k = \frac{a_i}{(h_i)^{-1/4}} = \frac{a_f}{(h_f)^{-1/4}}$  . On peut donc calculer a\_f :  $a_f = a_i \times \left(\frac{h_i}{h_f}\right)^{-1/4}$

$\Rightarrow AN : \boxed{a_f = 0,5 m \times \left(\frac{10 m}{5,0 \times 10^3 m}\right)^{-1/4} = 2,4 m} > 1m \Rightarrow$  il est juste d'affirmer que « à l'approche des côtes leur amplitude peut atteindre plusieurs mètres ».