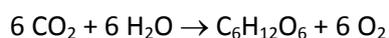


Le 2,5-diméthylfurane : un carburant d'avenir ? (10 points)

Problématique

À eux seuls les transports représentent un quart de la consommation d'énergie et un quart des émissions de gaz à effet de serre en France. De nombreuses recherches sont conduites pour produire des carburants de substitution aux carburants conventionnels issus du pétrole, afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone. Ainsi des « agrocarburants » sont produits à partir de matière organique d'origine végétale, c'est le cas du « bioéthanol » qui est de l'éthanol obtenu par transformation de glucides issus de la betterave, du blé ou du maïs. Les glucides sont élaborés par les plantes lors de la photosynthèse à partir du dioxyde de carbone et de l'eau, en utilisant l'énergie des rayonnements solaires. Par exemple, l'équation de la réaction de photosynthèse du fructose et du glucose, tous deux de formule brute $C_6H_{12}O_6$ s'écrit :



Cet exercice s'intéresse à une espèce chimique prometteuse synthétisée à partir du fructose : le 2,5-diméthylfurane, noté DMF. Afin d'étudier l'intérêt potentiel du DMF comme agrocarburant on se propose :

- d'analyser une partie de la synthèse du DMF à partir du fructose ;
- de déterminer le pouvoir calorifique du DMF.

Données

- Numéros atomiques et masses molaires atomiques :

| | | | | | | |
|--|-----|-----|------|------|------|------|
| Élément chimique | H | He | C | N | O | Ne |
| Numéro atomique Z | 1 | 2 | 6 | 7 | 8 | 10 |
| Masse molaire M ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$) | 1,0 | 4,0 | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 20,2 |

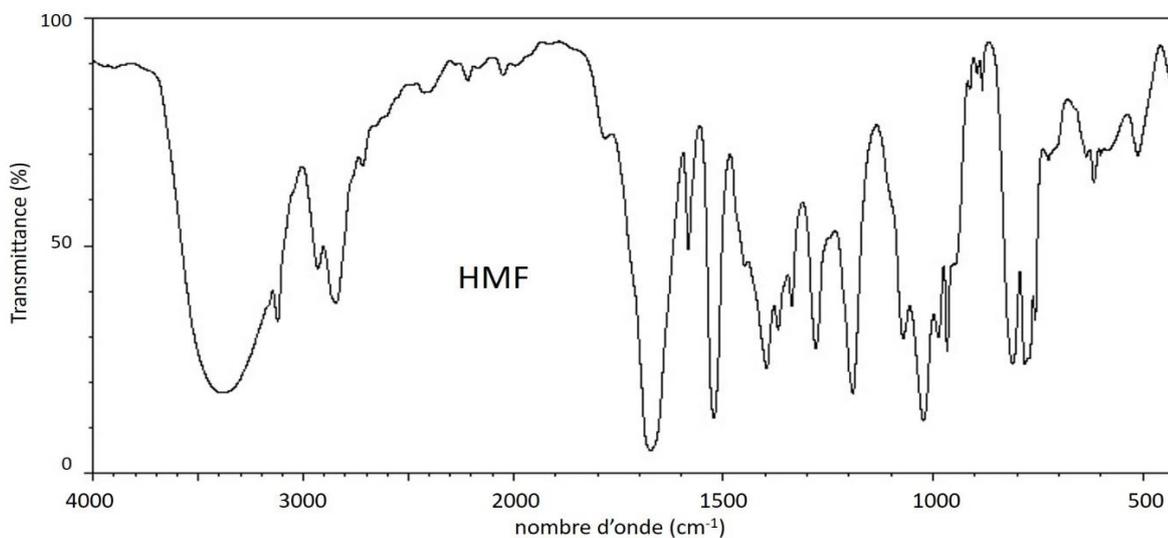
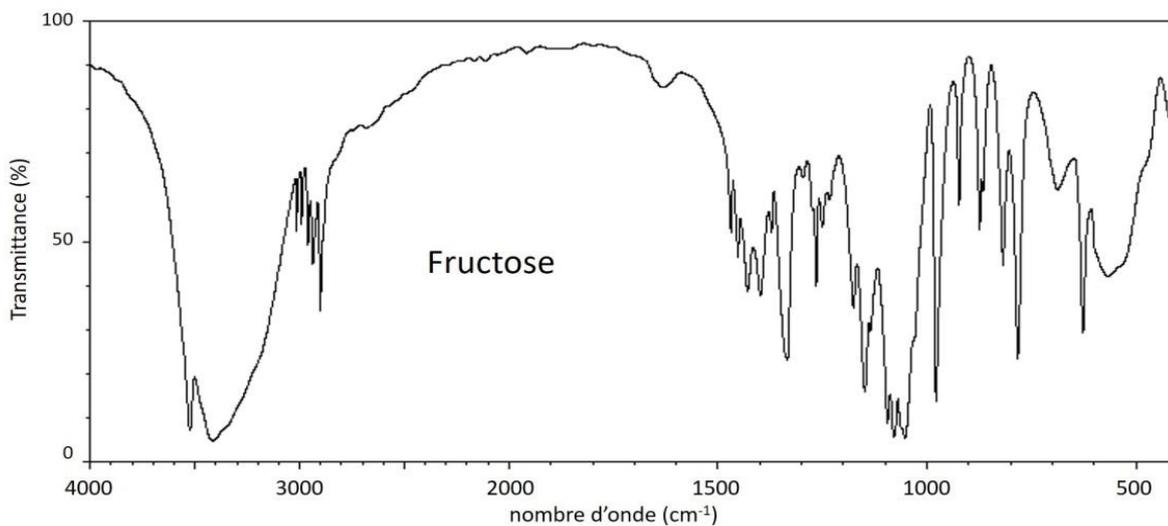
- Masses molaires moléculaires :
fructose : $180,2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; DMF : $96,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- Données de spectroscopie infrarouge (IR) :

| Liaison | Nombre d'onde (cm^{-1}) | Intensité |
|------------------------|------------------------------------|------------------------|
| O-H libre | 3500-3700 | Forte, fine |
| O-H liée | 3200-3400 | Forte, large |
| O-H acide carboxylique | 2500-3200 | Forte à moyenne, large |
| C-H | 2800-3000 | Forte |
| C=O aldéhyde et cétone | 1650-1730 | Forte |
| C=O acide carboxylique | 1680-1710 | Forte |
| C=C | 1640-1680 | Moyenne |

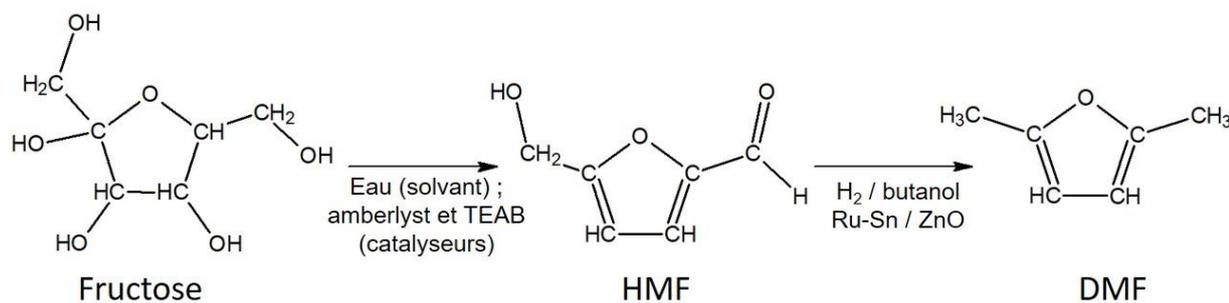
- Spectres infrarouges du fructose et du HMF, intermédiaire dans la synthèse du DMF à partir du fructose :

Source : Spectral database for organic compounds (https://sdfs.db.aist.go.jp/sdfs/cgi-bin/cre_index.cgi)

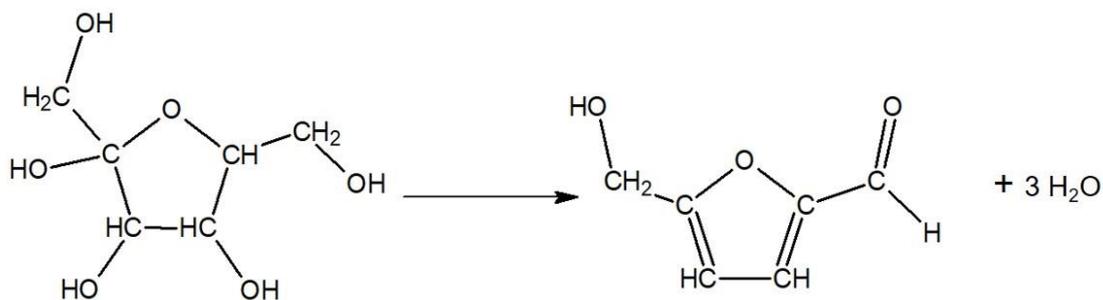


Synthèse du 2,5-diméthylfurane (noté DMF)

La synthèse chimique du 2,5-diméthylfurane (noté DMF) à partir du fructose est représentée ci-dessous ; elle comporte deux transformations successives, la première conduisant à la synthèse d'un produit intermédiaire, le 5-hydroxyméthylfurfural noté HMF. L'étude qui suit porte sur cette première transformation ; l'extrait d'un cahier de laboratoire est fourni ci-après.



Équation de la réaction de synthèse du produit intermédiaire, HMF, à partir du fructose :

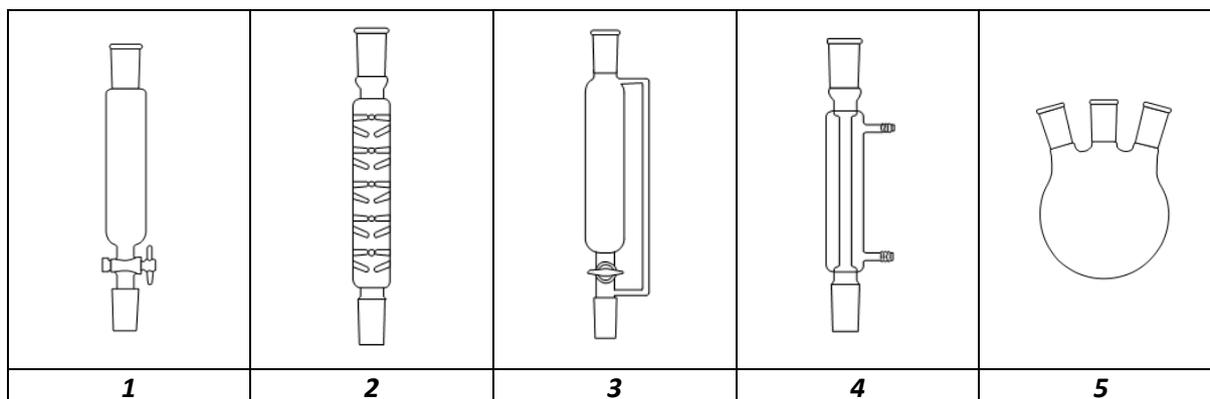


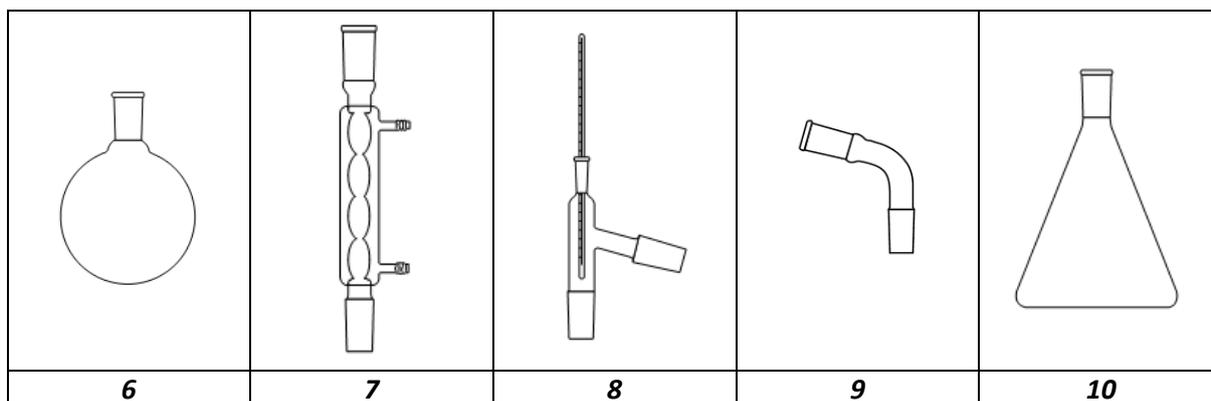
Extrait d'un cahier de laboratoire :

Synthèse du produit intermédiaire HMF réalisée à partir du fructose

- Étape (1) On a introduit dans un ballon monocol rodé de 50 mL : 1,040 g de fructose, 600 μL d'eau (solvant) ainsi que les catalyseurs : 150 mg de résine Amberlyst 15TM et 3 g de TEAB. Les catalyseurs sont ajoutés pour rendre plus rapide la transformation du fructose en HMF. Réalisation d'un montage à reflux puis chauffage au bain-marie à l'ébullition.
- Étape (2) Une fois la transformation terminée, l'eau a été vaporisée (à l'aide d'un appareil spécifique appelé évaporateur rotatif).
- Étape (3) On ajoute au milieu réactionnel de l'éthanol et de l'éthanoate d'éthyle dans lesquels le HMF est soluble alors que la résine Amberlyst et le TEAB ne sont pas solubles. Une filtration a permis de retirer la résine Amberlyst et le TEAB du milieu réactionnel. On récupère le filtrat, contenant de l'éthanol et de l'éthanoate d'éthyle (solvants organiques) dans lequel est dissous le HMF. Les solvants du filtrat sont éliminés par vaporisation (à l'aide de l'évaporateur rotatif). On a obtenu un solide.
- Étape (4) On a mesuré la masse du solide obtenu : $m = 672 \text{ mg}$.
- Étape (5) On a réalisé les spectres infrarouges du fructose et du solide obtenu.

1. Choisir, parmi les dix éléments de verrerie proposés ci-dessous, la verrerie utile pour réaliser le montage de l'étape (1) de la synthèse du HMF. Reporter sur votre copie le numéro de chaque élément de verrerie choisi et préciser son nom.





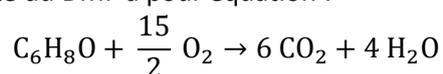
- Donner la nature de chacune des cinq étapes du protocole de synthèse du HMF à l'aide de l'un des éléments de la liste suivante : transformation du ou des réactifs, isolement du produit synthétisé, purification du produit synthétisé, analyse du produit synthétisé.
- Repérer dans le protocole expérimental, les transformations physiques pour lesquelles un apport d'énergie est nécessaire.
- Justifier que la réalisation du spectre infrarouge du solide obtenu permet de vérifier la présence de HMF. Indiquer si la réalisation de ce spectre peut permettre de vérifier aussi l'absence de fructose.
- Déterminer la valeur de la masse molaire moléculaire du HMF.
- En supposant que le solide obtenu est du HMF pur, déterminer le rendement de la synthèse du HMF à partir du fructose.

Pouvoir calorifique du DMF

Pour étudier l'intérêt potentiel d'un carburant, il est nécessaire de disposer de ses caractéristiques énergétiques. Par exemple pour l'éthanol, l'énergie molaire de sa combustion en phase gazeuse a pour valeur $1,39 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Son pouvoir calorifique massique est $P_c(\text{éthanol}) = 30,2 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; il s'agit de l'énergie que peut libérer un kilogramme d'éthanol lors de sa combustion complète.

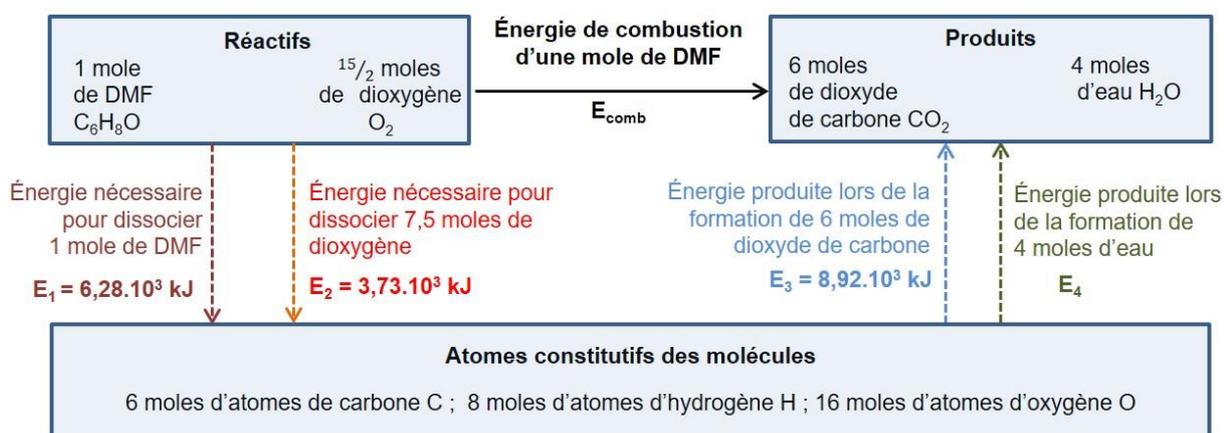
7. Écrire l'équation de la réaction de combustion complète de l'éthanol, de formule brute $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

La réaction de combustion complète du DMF a pour équation :



8. Établir le schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone (CO_2) et de la molécule d'eau (H_2O).

On cherche à déterminer l'énergie molaire de combustion E_{comb} du DMF en phase gazeuse. Pour cela on modélise le passage des réactifs aux produits par un état dans lesquels les molécules ont été entièrement dissociées en atomes, les énergies des liaisons étant alors mises en jeu. Le schéma ci-dessous est une représentation du modèle utilisé.



9. Déterminer l'énergie E_4 produite lors de la formation de 4 moles d'eau à partir des atomes constitutifs de ces molécules, sachant que l'énergie molaire de la liaison O-H est égale à $463 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.
10. En déduire l'énergie molaire de combustion du DMF.
11. Montrer que le pouvoir calorifique massique du DMF a pour valeur $P_c(\text{DMF}) = 27,2 \times 10^3 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Conclusion à propos de la problématique

12. À l'aide des informations fournies, des études effectuées dans cette partie à propos de l'éthanol et du DMF ainsi que de vos connaissances, discuter en une dizaine de lignes des principaux avantages et inconvénients des agrocarburants.

La correction de l'hypermétropie (10 points)

De nombreux défauts de l'œil peuvent être corrigés avec des lunettes. Une vision non corrigée peut influencer sur l'éducation d'une personne, son emploi, sa sécurité et sa qualité de vie.

L'objectif de cet exercice est d'étudier un défaut visuel, sa correction et les résultats d'une échographie oculaire.

Extrait d'une brochure disponible dans la salle d'attente d'un médecin ophtalmologiste

La lumière pénètre dans l'œil par la cornée, traverse le cristallin et l'humeur vitrée puis arrive sur la rétine. Pour que l'image soit nette, il faut qu'elle se forme sur la rétine. La myopie est une affection qui perturbe la vision d'objets éloignés qui sont alors flous, leur image se formant avant la rétine. L'hypermétropie est une affection qui perturbe la vision d'objets proches qui sont alors flous, leur image se formant après la rétine.

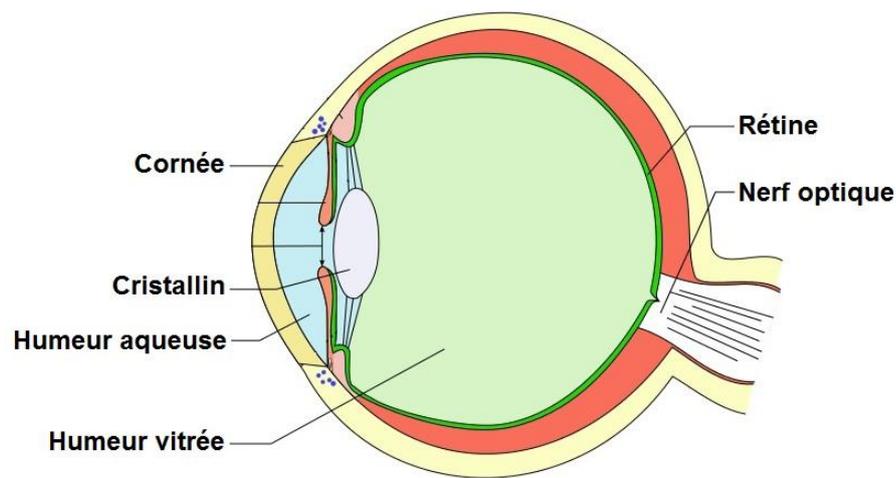


Figure 1 : Schématisation de la structure interne de l'œil humain, d'après http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eye_scheme.svg

Données

- Relation de conjugaison pour une lentille mince :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$

- Formule donnant le grandissement γ pour une lentille mince :

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

où f' est la distance focale de la lentille, O le centre optique de la lentille, AB l'objet et A'B' l'image de AB à travers la lentille mince.

- La vergence d'une lentille est égale à l'inverse de sa distance focale ; elle est homogène à l'inverse d'une longueur (en mètres) et s'exprime en dioptries.

1. Un défaut visuel : l'hypermétropie

Une élève de première constate, depuis quelques mois, qu'elle rencontre des difficultés pour voir correctement de près. Elle décide d'aller consulter un médecin ophtalmologiste afin de réaliser un bilan ophtalmologique.

1.1. Lors de sa visite chez le médecin ophtalmologiste, l'élève apprend qu'elle est hypermétrope. Cela est-il cohérent avec les informations présentes sur la brochure de la salle d'attente ?

1.2. Une lettre du texte inscrit sur la brochure est modélisée par un objet AB de hauteur égale à 1,0 cm situé à une distance de 25 cm de l'œil. Dans cette situation, on modélise le cristallin de l'œil hypermétrope par une lentille mince convergente (L_1) de centre optique O et de distance focale $f'_1 = 2,0$ cm.

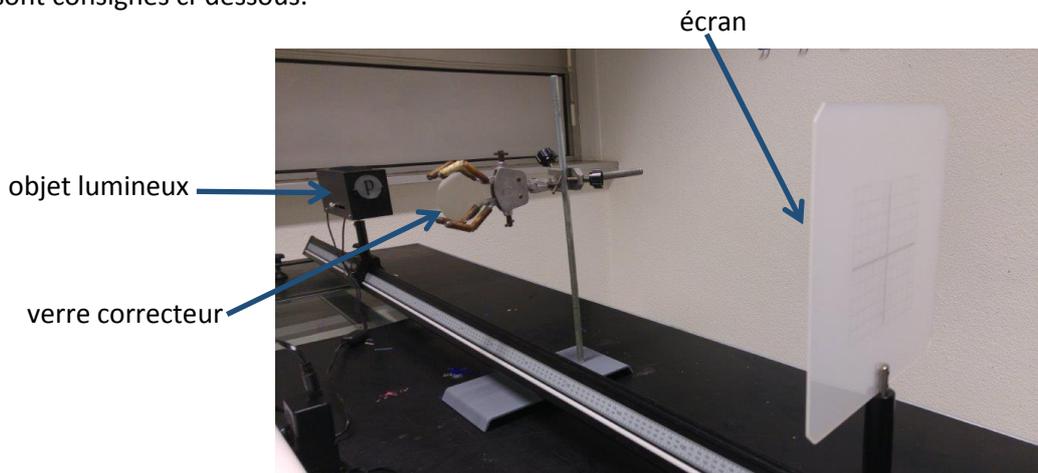
- 1.2.1.** Réaliser un schéma de l'image A'B' de l'objet AB à travers la lentille (L₁) en respectant les échelles suivantes :
- échelle horizontale : 1 cm sur la figure représente 2 cm en réalité (échelle 1/2) ;
 - échelle verticale : 1 cm sur la figure représente 0,25 cm en réalité (échelle 4).
- 1.2.2.** Estimer, à l'aide de la construction géométrique, la taille de l'image A'B'. Commenter le résultat obtenu.
- 1.2.3.** Déterminer, par un calcul, la position de l'image sur l'axe optique.
- 1.2.4.** Pour cet œil hypermétrope, on estime que la rétine se situe à une distance de 2,0 cm du cristallin. Expliquer qualitativement pourquoi, dans les conditions d'observation précédentes, le texte de la brochure peut être perçu comme flou par l'élève.

2. Correction de l'hypermétropie

Suite à sa visite chez le médecin, une paire de lunettes constituée de verres correcteurs est prescrite à l'élève. Le verre correcteur pour l'œil droit possède une vergence égale à +2,25 dioptries.

Au cours d'une séance de travaux pratiques, l'élève souhaite, en utilisant le modèle de la lentille mince convergente, estimer la valeur de la distance focale de la lentille mince convergente modélisant ce verre correcteur.

Pour cela, elle mesure la position de l'image formée par ce verre correcteur, extrait de sa monture, pour différentes positions d'un objet lumineux. Une photographie du dispositif expérimental et les résultats obtenus sont consignés ci-dessous.



| | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| \overline{OA} (m) | -0,71 | -0,76 | -0,86 | -0,90 | -1,01 |
| $\overline{OA'}$ (m) | 1,11 | 1,02 | 0,87 | 0,82 | 0,69 |

- 2.1.** En exploitant les résultats expérimentaux, déterminer au mieux la valeur de la distance focale de la lentille mince convergente modélisant ce verre correcteur. Commenter le résultat obtenu.
- 2.2.** Expliquer qualitativement pourquoi ce verre correcteur permet de corriger ce défaut de vision.

3. Échographie oculaire

L'échographie permet d'observer la structure de l'œil et de mesurer sa taille.

Principe de l'échographie d'un œil

Avant l'échographie, pour le confort du patient, le médecin réalise une anesthésie de la cornée à l'aide de quelques gouttes de collyre anesthésique. Il dépose ensuite du gel ophtalmique stérile à la surface de la cornée et balaie cette surface à l'aide d'une sonde émettant des ultrasons de fréquence égale à 10 MHz. En mesurant notamment des durées séparant le signal émis et les signaux reçus après réflexion (les échos) sur les différentes parties de l'œil, un système informatique permet d'obtenir une image en nuances de gris. Les amplitudes les plus importantes des ondes réfléchies sont codées en blanc, les plus faibles sont codées en noir.

On peut ainsi mesurer la distance séparant la cornée de la rétine, appelée longueur axiale de l'œil. La longueur axiale d'un œil normal est comprise entre 22 et 24 mm. En deçà de 22 mm, l'œil est trop court, il est hypermétrope. Au-delà de 24 mm, l'œil est trop long, il est myope.

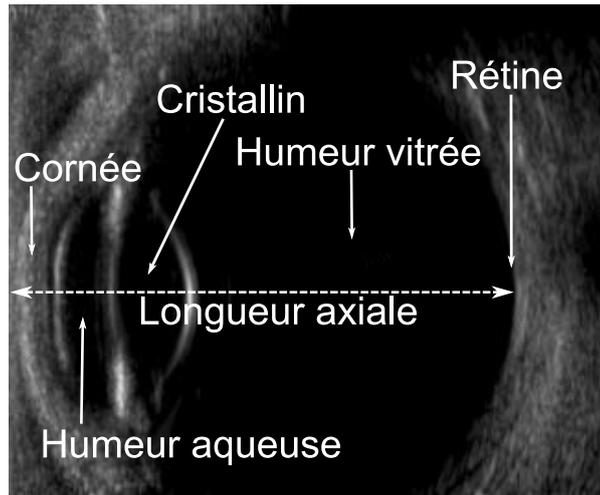


Figure 2 : Image échographique de l'œil, d'après <https://www.ultrasoundpaedia.com/>

| Milieu traversé | Cornée | Humeur aqueuse | Cristallin | Humeur Vitrée |
|---|--------|----------------|------------|---------------|
| Célérité des ultrasons ($m \cdot s^{-1}$) | 1620 | 1532 | 1641 | 1532 |

| | | | | |
|---|-----|-----|-----|------|
| Durée nécessaire à la réception des principaux échos par la sonde (μs) | 0,6 | 3,6 | 9,2 | 27,0 |
|---|-----|-----|-----|------|

Figure 3 : Données échographiques reconstituées, d'après le journal de radiologie (vol. 87), Échographie de l'œil et de l'orbite avec un échographe polyvalent, O. Bergès, P. Koskas, F. Lafitte, J-D. Piekarski

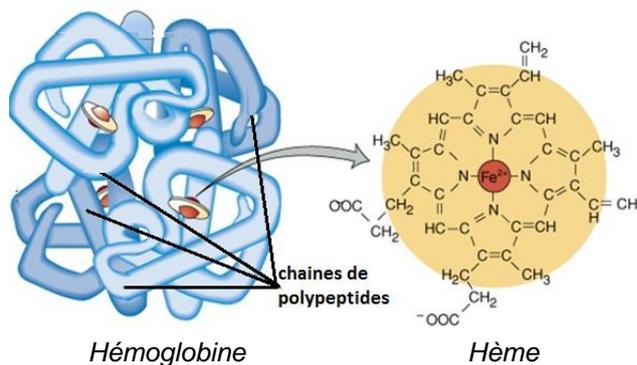
- 3.1. Quelle est la nature des ondes utilisées pour réaliser ce diagnostic ?
- 3.2. Déterminer la longueur d'onde des ondes utilisées lorsqu'elles traversent l'humeur vitrée.
- 3.3. Expliquer qualitativement, à l'aide d'un schéma, l'origine de ces quatre échos. On suppose que le gel permet à l'onde ultrasonore de pénétrer dans la cornée sans réflexion sur sa face avant.
- 3.4. Cet œil est-il hypermétrope ?

L'élève est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Les ions ferreux essentiels pour le transport du dioxygène dans le sang (10 points)

Transportées par les globules rouges, les molécules d'hémoglobine assurent, par la circulation sanguine, l'apport du dioxygène aux différents organes des animaux vertébrés.

L'hémoglobine est un assemblage de quatre sous-unités qui abritent chacune une structure chimique particulière nommée hème. Chaque hème contient un ion ferreux Fe^{2+} . Cet ion ferreux Fe^{2+} est responsable de la fixation d'une molécule de dioxygène.



D'après <https://slideplayer.com/slide/7662391/>

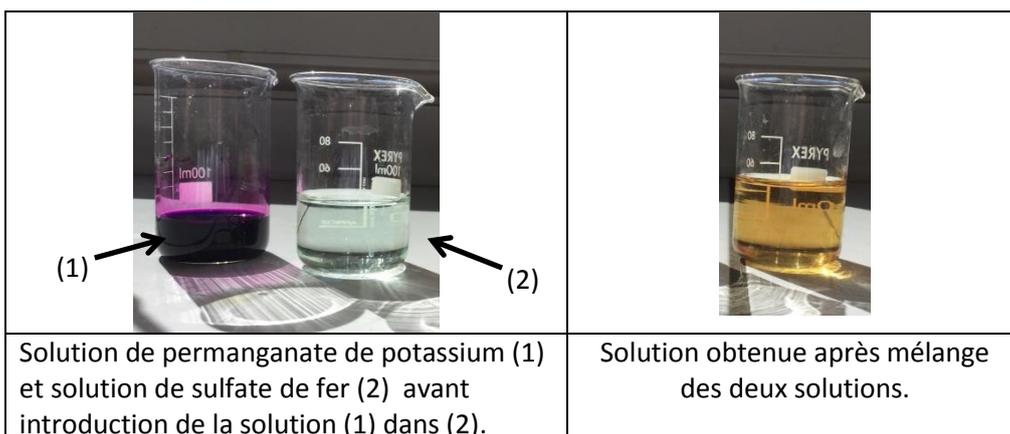
Certains polluants ou toxines présents dans le sang peuvent oxyder les ions ferreux Fe^{2+} en ions ferriques Fe^{3+} qui n'ont pas la capacité de fixer le dioxygène. Il est donc important que l'élément fer de l'hème ne soit pas oxydé et reste sous la forme d'ion Fe^{2+} .

Dans cet exercice, on étudie d'abord l'oxydation des ions ferreux en ions ferriques. Ensuite, une méthode de dosage de l'hémoglobine dans le sang et le traitement d'une carence en fer sont abordés.

1. Oxydation des ions ferreux.

Une expérience est menée en laboratoire pour illustrer la capacité de l'ion permanganate à oxyder les ions ferreux.

Dans un bécher contenant 40 mL d'une solution de sulfate de fer(II) ($\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) de concentration en quantité de matière égale à $2,5 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, on introduit 20 mL d'une solution aqueuse de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq})$) de concentration en quantité de matière $1,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ contenant aussi des ions H^+ . Les solutions avant mélange et après le mélange ont été photographiées et figurent ci-dessous.



Données :

➤ La présence des espèces chimiques citées dans le tableau ci-dessous confère une coloration à une solution aqueuse.

| Espèce chimique | Fe^{2+} | Fe^{3+} | MnO_4^- | Mn^{2+} |
|-----------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------------------|
| Coloration de la solution aqueuse | Verdâtre | Orangée | Violacée coloration intense | Incolore |

- Couples oxydant/réducteur :
 - $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})/\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$;
 - $\text{MnO}_4^{-}(\text{aq})/\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ dont la demi-équation électronique s'écrit :

$$\text{MnO}_4^{-}(\text{aq}) + 8 \text{H}^{+}(\text{aq}) + 5 \text{e}^{-} = \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\ell).$$

1.1. À l'aide des observations, montrer qu'une transformation chimique a bien eu lieu.

1.2. Identifier les oxydants et les réducteurs consommés et ceux qui sont produits.

1.3. On souhaite modéliser la transformation par une réaction oxydant-réducteur.

1.3.1. Écrire la demi-équation électronique du couple $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})/\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$.

1.3.2. Vérifier que l'équation de la réaction oxydant-réducteur modélisant la transformation chimique s'écrit : $\text{MnO}_4^{-}(\text{aq}) + 5 \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 8 \text{H}^{+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 5 \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\ell)$.

1.3.3. Justifier, à l'aide des données, que $\text{MnO}_4^{-}(\text{aq})$ et $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ sont introduits en proportions stœchiométriques dans le mélange initial.

Cette modélisation de la transformation sert de support pour rédiger un programme en langage python. Ce programme permet de visualiser l'évolution des quantités de matière des ions permanganate et des ions ferreux dans le système précédent en fonction de l'avancement de la réaction noté x .

Extrait du programme rédigé en langage python :

```

4
5 ni_MnO4 = 2.0 # quantité de matière initiale de permanganate MnO4- en mmol
6 ni_Ferreux = 10 # quantité de matière initiale d'ions Fe2+ en mmol
7 ni_Ferrique = 0 # quantité de matière initiale d'ions Fe3+ en mmol
8 ni_Mn2 = 0 # quantité de matière initiale d'ions Mn2+ en mmol
9 # H2O solvant (non simulé)
10 # H+ Large excès (non simulé)
11
12 n_MnO4=[ni_MnO4]
13 n_Ferreux=[ni_Ferreux]
14 n_Ferrique=[ni_Ferrique]
15 n_Mn2=[ni_Mn2]
16
17 avancement=[0]
18 x=0
19
20 while n_MnO4[-1]>=0 and n_Ferreux[-1]>=0:
21     x=x+0.05
22     n_MnO4.append((ni_MnO4 - 1*x))
23     n_Ferreux.append(ni_Ferreux - 5*x)
24     n_Mn2.append((ni_Mn2 + 1*x))
25     avancement.append(x)
26
27 xmax=avancement[-1]
28

```

Représentations graphiques de l'évolution des quantités de matière calculées par le programme :

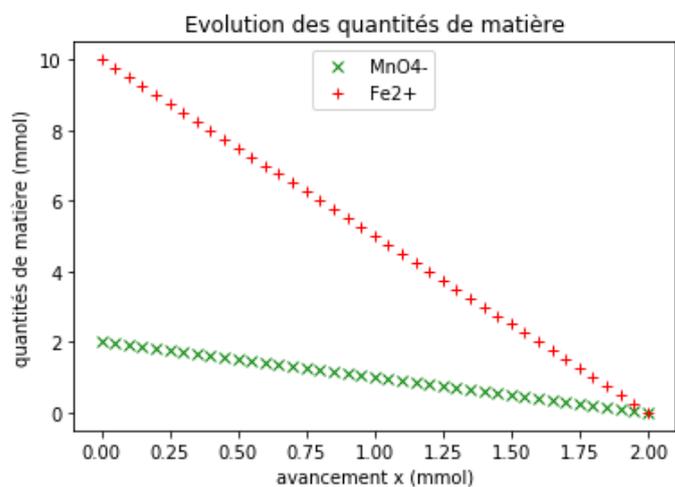


Figure 1 : Évolution des quantités de matière en fonction de l'avancement

- 1.4. Indiquer la ligne du programme codant l'information correspondant à une transformation totale. Justifier.
- 1.5. Établir un tableau d'avancement de la réaction et vérifier que la valeur de l'avancement maximal est compatible avec le tracé de la figure 1.
- 1.6. Dédire du tableau d'avancement l'expression de la quantité de matière des ions $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ en fonction de l'avancement.
- 1.7. Écrire l'instruction permettant de calculer la quantité de matière de $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ pour une valeur d'avancement x et proposer un numéro de ligne où elle pourrait être insérée dans le programme.
- 1.8. Reproduire la figure 1 sur votre copie et tracer la représentation graphique de l'évolution de la quantité de matière d'ions $\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ et celle de la quantité de matière d'ions $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$.

2. Dosage hémoglobine et traitement d'une carence en fer

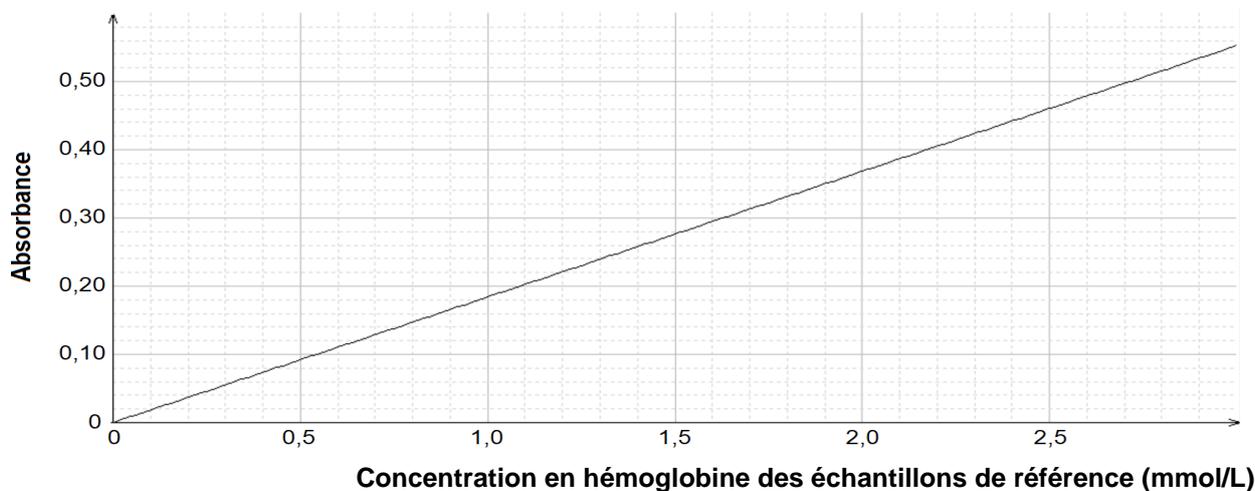
Quand l'organisme souffre d'une carence en fer, les hèmes contenus dans les globules rouges qui contiennent des ions Fe^{2+} ne sont plus suffisamment nombreux. Le taux d'hémoglobine est alors trop faible pour assurer une oxygénation normale des organes. Un dosage du taux d'hémoglobine permet de diagnostiquer une éventuelle carence et de prescrire un traitement adapté aux besoins.

Principe du dosage de l'hémoglobine dans le sang par la « méthode de Drabkin »

Le réactif de Drabkin permet de transformer l'hémoglobine d'un échantillon de sang en cyanméthémoglobine. On réalise ensuite un dosage spectrophotométrique de la cyanméthémoglobine dans l'échantillon analysé.

Protocole simplifié du dosage :

- ajout de 5 mL du réactif de Drabkin dans 20 μL d'échantillon de sang analysé ;
- mesure de l'absorbance A de la solution obtenue à une longueur d'onde de 546 nm ;
- ajout de 5 mL du réactif de Drabkin dans 20 μL d'échantillons de référence de concentrations connues en hémoglobine. Mesures d'absorbances et tracé d'une droite d'étalonnage (figure 2).

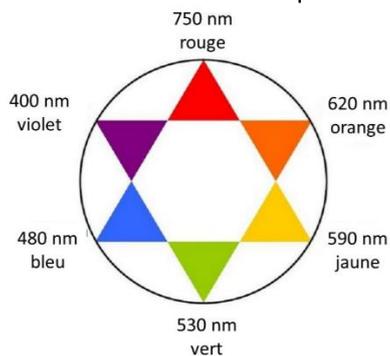


D'après <https://www.studocu.com/fr-be/document/haute-ecole-louvain-en-hainaut>

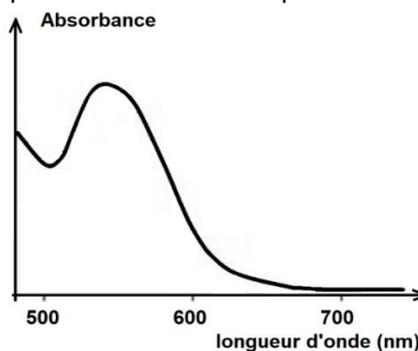
Figure 2

Données

➤ Cercle chromatique :



➤ Spectre d'absorption d'une solution aqueuse de cyanméthémoglobine :



D'après basicmedicalkey.com

- Masses molaires :
 - hémoglobine : $M(\text{Hb}) = 64 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
 - soufre : $M(\text{S}) = 32,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; oxygène : $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; fer : $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

➤ **Tableau de référence de diagnostic d'une carence en fer**

Concentrations en masse en hémoglobine du sang permettant de diagnostiquer une carence en fer :

| Taux d'hémoglobine en g par litre de sang | Taux normaux | Carence légère | Carence modérée | Carence sévère |
|---|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| Homme (> 15 ans) | 135 - 175 g/L | 110 - 130 g/L | 80 - 110 g/L | < 80 g/L |
| Femme (>15 ans) | 115 - 155 g/L | 100 - 110 g/L | 70 - 100 g/L | < 70 g/L |

Rapport 2016 de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)

« Évaluation de l'importance de la malnutrition par carence en micronutriments sur le plan de la santé publique »

➤ **Recommandations pour le traitement d'une carence en fer :**

Dans le cas d'une carence en fer chez les femmes, le traitement préconisé est un apport quotidien équivalent à 50 mg d'ions Fe^{2+} en carence légère et à 100 mg pour une carence modérée. Chez les hommes, l'apport doit être de 100 mg pour une carence légère et 200 mg pour une carence modérée.

Rapport 2016 de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)

➤ **Extrait de l'étiquette d'un médicament pour traiter une carence en fer :**

- comprimés pour traitement curatif ou préventif d'une carence en fer ;
- principe actif : Fer sous forme de sulfate ferreux desséché (FeSO_4) ;
- composition : Sulfate ferreux desséché 136,00 mg par comprimé.

Extrait étiquette Timoférol

2.1. Prévoir la teinte d'une solution aqueuse de cyanméthémoglobine.

2.2. Expliquer le choix de la longueur d'onde de mesure d'absorbance.

2.3. Un échantillon de sang d'une femme est analysé par la méthode de Drabkin et l'absorbance mesurée est de $A = 0,26$.

2.3.1. Indiquer si une carence en fer est diagnostiquée.

2.3.2. Proposer un traitement adapté en déterminant le nombre de comprimés à prescrire par jour.

Étude d'un véhicule électrique (10 points)

Les voitures électriques deviennent des nouveaux acteurs du transport en représentant une alternative à l'utilisation des énergies fossiles. Elles présentent l'avantage de ne pas émettre de dioxyde de carbone lors de leur utilisation. L'achat de véhicules électriques ne cesse d'augmenter ces dernières années.

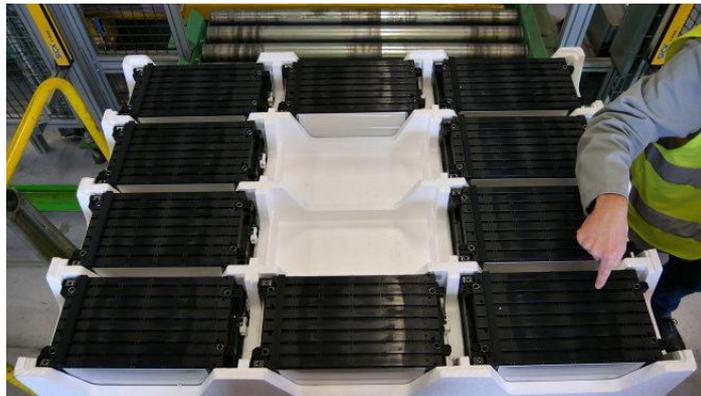
L'objectif de cet exercice est d'étudier la charge de la batterie d'un véhicule électrique à partir d'une borne de recharge et sa décharge lors de la circulation du véhicule sur une autoroute.

1. Étude de la charge du véhicule électrique avec une borne de recharge

Le propriétaire d'une voiture électrique veut charger la batterie de son véhicule alors que la jauge d'autonomie de la batterie indique 20 %. Pour cela il utilise une borne de recharge fournissant une puissance constante de 7,40 kW en délivrant un courant électrique d'intensité constante de 32,0 A.

➤ **Les batteries lithium-ion**

Les batteries utilisées couramment dans les véhicules électriques, mais également dans d'autres applications comme les téléphones portables, sont de type lithium-ion. Elles présentent l'avantage d'une très grande énergie massique comprise entre $90 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ et $180 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$. De plus, ces batteries, même partiellement déchargées, délivrent toujours la même puissance, permettant une utilisation dans les mêmes conditions quel que soit le niveau de charge.



Des cellules constitutives d'une batterie d'un véhicule électrique de 41 kWh
D'après <https://www.automobile-propre.com/flins-visite-usine-fabrication-production-renault-zoe/>

➤ **Quelques caractéristiques du véhicule électrique étudié**

| BATTERIE | |
|--------------------------------------|-------------|
| Énergie utilisable (kWh) | 41 |
| Technologie | lithium-ion |
| Tension totale (V) | 400 |
| Nombre de cellules | 192 |
| Masse de la batterie (kg) | 305 |
| MASSE DU VÉHICULE À VIDE (kg) | 1480 |

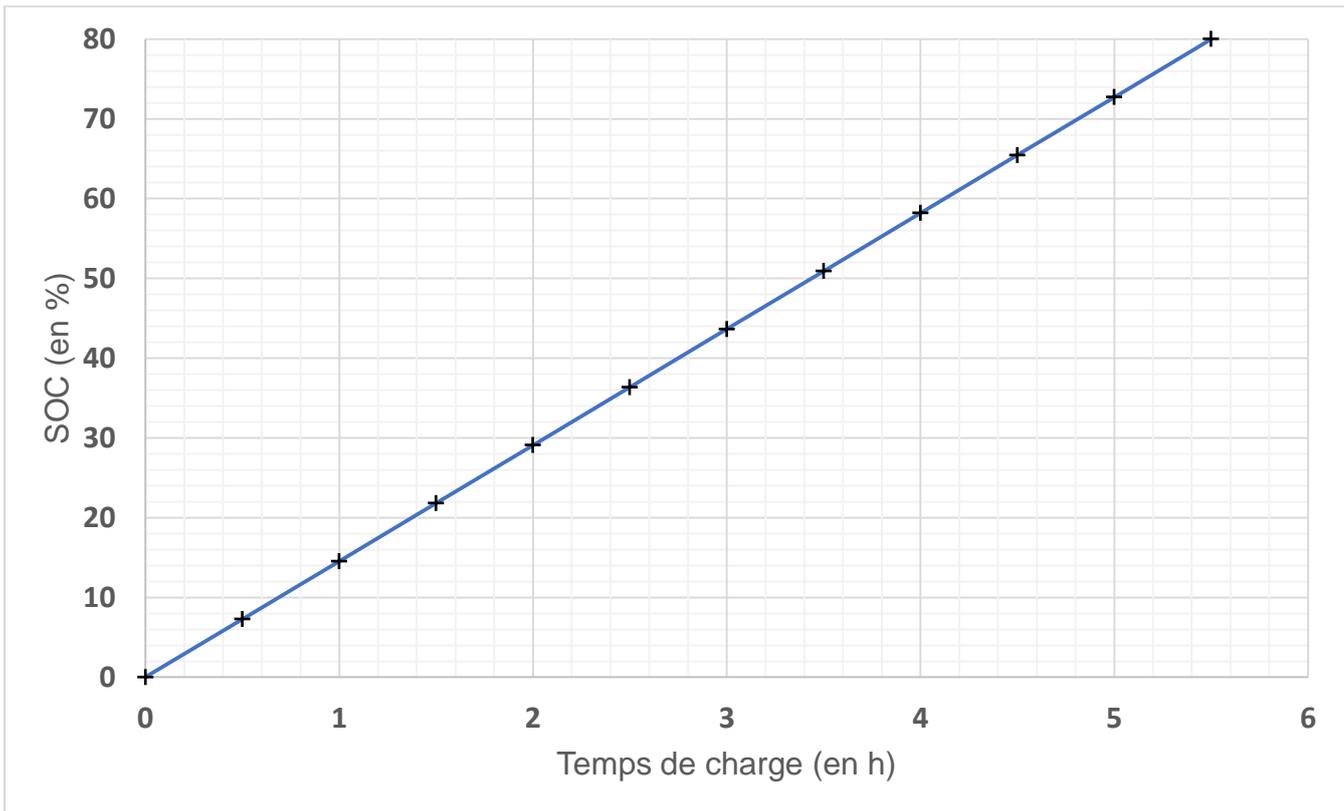
D'après brochure du site <https://www.renault.fr/vehicules/vehicules-electriques/zoe.html>

➤ **État de charge d'une batterie d'un véhicule électrique**

Le SOC (State Of Charge) représente l'état de charge d'une batterie qui varie de 0 % (batterie « vide ») à 100 % (batterie entièrement chargée). Le SOC est directement lié à l'énergie emmagasinée par la batterie. L'énergie maximale que peut emmagasiner la batterie représente son énergie utilisable.

$$\text{SOC} = \frac{\text{énergie emmagasinée par la batterie}}{\text{énergie maximale que peut emmagasiner la batterie}} \times 100$$

➤ Évolution du SOC (entre 0 et 80 %) en fonction du temps de charge pour la borne de recharge utilisée



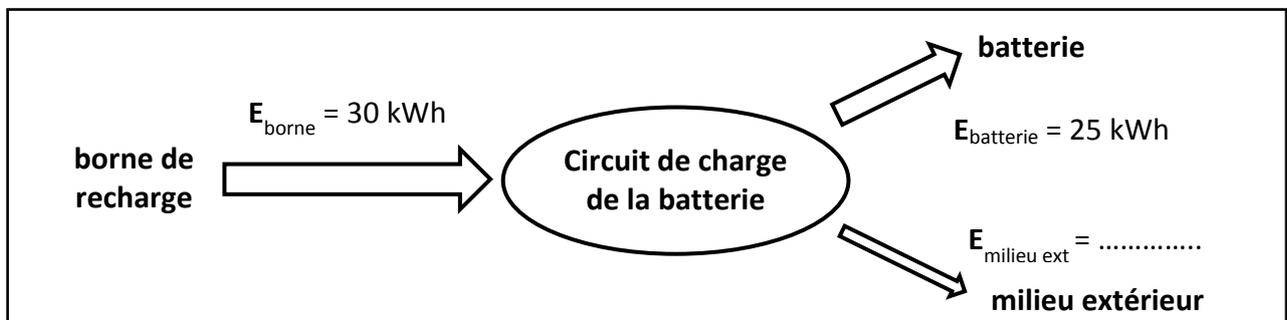
D'après <https://www.recharge-electrique.com/definition-wallbox-electrique/>
<https://www.renault.fr/vehicules/vehicules-electriques/zoe/batterie-recharge.html>

➤ **Données**

- 1,0 Wh = $3,6 \times 10^3$ J

- 1.1. Calculer l'énergie massique maximale de la batterie de la voiture à partir des caractéristiques du véhicule électrique. Commenter.
- 1.2. Montrer que l'énergie emmagasinée par la batterie lors de sa charge pour passer d'un SOC de 20 % à 80 % vaut environ 25 kWh.
- 1.3. Définir le rendement de la charge, puis le calculer. Commenter cette valeur.

On peut schématiser la conversion d'énergie du circuit de charge de la batterie lorsque le véhicule passe d'un SOC de 20 % à un SOC de 80 % de la manière suivante :



- 1.4.1. Donner la valeur manquante du schéma ci-dessus (sans le recopier sur la copie) en expliquant votre démarche.

L'énergie libérée vers le milieu extérieur est due à la présence d'une résistance R_{charge} dans le circuit de charge.

- 1.4.2. En déduire la valeur de la résistance R_{charge} . Commenter.

2. Décharge de la batterie du véhicule électrique lors de son utilisation

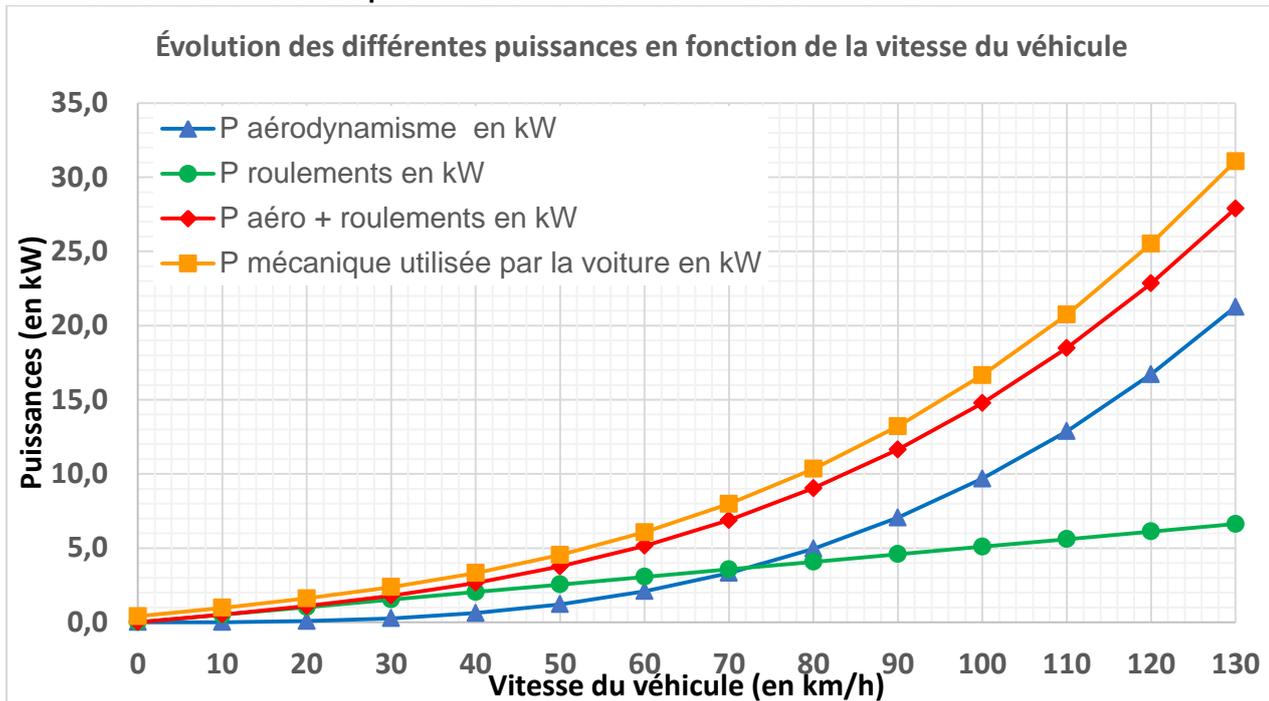
Le propriétaire du véhicule électrique, dont la batterie est suffisamment chargée, emprunte une autoroute horizontale et roule à vitesse constante de $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pendant une durée de 5,0 minutes.

On suppose que les accessoires de la voiture (climatisation, autoradio, électronique, navigateur, etc.) consomment une puissance constante de 400 W.

➤ Existence de frottements lorsque le véhicule roule

Lorsqu'une voiture roule à une vitesse donnée, il existe deux causes principales de dissipation de l'énergie mécanique fournie par le moteur : les frottements mécaniques en lien avec les différents mouvements associés au roulement de la voiture (parties mobiles liées à la transmission, roues, pneus, etc.) et les frottements fluides (ou aérodynamiques) liés au déplacement de l'air autour de la voiture. Les frottements fluides (ou aérodynamiques) dépendent de l'aérodynamisme de la voiture et leur action sur la voiture peut être modélisée par une force de frottement fluide (ou aérodynamique) de sens opposé à celui du vecteur vitesse de la voiture.

➤ Évolution des différentes puissances en fonction de la vitesse du véhicule



D'après <https://www.amperes.be/2019/02/15/les-moteurs-electriques-sont-efficaces-meme-sur-autoroute/>

2.1. Étude d'un programme de calculateur

Les voitures électriques sont généralement équipées d'un calculateur. Un exemple possible de codage d'un calculateur, lorsque la batterie possède un état de charge de 100 %, est proposé ci-dessous.

```
1 v=float(input("Entrez la vitesse moyenne habituelle du véhicule en km/h"))
2 D1=float(input("Entrez la distance à parcourir avec votre véhicule en km"))
3
4 #d représente la distance maximale théorique que peut parcourir le véhicule en fonction de la vitesse moyenne v
5 d=-2.913*v+530.2
6 D2=d-D1
7
8 if (d<D1):
9     print("si vous roulez à la même vitesse que d'habitude vous ne pourrez pas parcourir la distance prévue")
10
11 elif (d==D1):
12     print("votre batterie sera totalement déchargée à la fin de votre parcours si vous roulez à la vitesse moyenne habituelle")
13
14 else:
15     print("après votre voyage vous pourrez encore parcourir une distance de", "%.2f"%(D2),"km")
```

- 2.1.1. Expliquer brièvement ce que calcule ce programme.
- 2.1.2. Modifier le programme afin de tenir compte de l'état de charge de la batterie.

2.2. Étude mécanique du déplacement de la voiture

On s'intéresse au système {voiture} en mouvement dans le référentiel terrestre.

- 2.2.1. Comparer, à la vitesse de $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, les différentes puissances intervenant dans le bilan énergétique du fonctionnement de la voiture.
- 2.2.2. Calculer la distance parcourue par la voiture pendant la durée du trajet étudié.
- 2.2.3. Calculer l'énergie dissipée par les frottements fluides (ou aérodynamiques) pendant la durée du trajet étudié. En utilisant la notion de travail, déduire, à cette vitesse, la valeur de l'intensité de la force modélisant les frottements fluides (ou aérodynamiques). Commenter.

Jeux et physique-chimie (10 points)

Un enfant trouve dans un coffre d'un grenier deux jeux datant des années 70, un tac-tac, et un coffret-jeux d'initiation à la chimie. Ne connaissant pas le principe du tac-tac, il cherche sur Internet et trouve les informations suivantes : le tac-tac est un jouet qui a connu une mode éphémère au début des années 1970. L'objet est constitué de deux boules de plastique dur reliées entre elles par une cordelette d'environ 40 cm de long, au milieu de laquelle un anneau de plastique est fixé par un nœud. En imprimant de légers mouvements à cet anneau, on amène les boules à rebondir l'une contre l'autre en produisant le bruit qui donne son nom au jeu.

D'après francetvinfo.fr

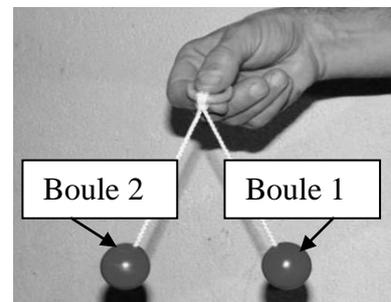
On s'intéresse dans ce sujet au comportement des boules du tac-tac, puis à un « liquide magique » qu'il est possible de réaliser avec le coffret-jeux d'initiation à la chimie.

Partie 1 : étude du tac-tac

Le tac-tac est présenté sur la photographie ci-contre.

Dans ce qui suit, on appelle :

- boule 1 la boule située à droite sur la photographie ;
- boule 2 la boule située à gauche sur la photographie.

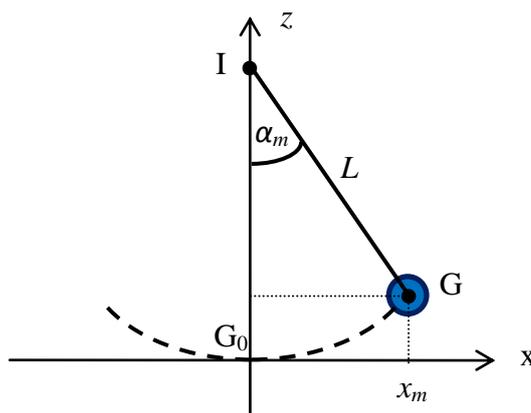


A- Étude énergétique de la boule 1

On modélise ici le jeu par un pendule simple constitué de la boule 1 de masse $m = 80$ g, suspendue à un fil inextensible de masse négligeable et de longueur $L = 20$ cm. Le fil est accroché au point I et les mouvements du pendule s'effectuent dans un plan vertical.

Le joueur écarte la boule 1 d'un angle α_m . Le centre de la boule 1 est ainsi situé au point G. Le joueur lâche la boule 1 sans vitesse initiale.

Le mouvement du pendule est étudié dans le repère (G_0, x, z) orienté comme l'indique la figure ci-dessous ; l'axe G_0z est vertical. On néglige les frottements.



Données :

- l'énergie potentielle de pesanteur est choisie nulle au point G_0 le plus bas de la trajectoire ;
- la valeur de l'intensité de la pesanteur est $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

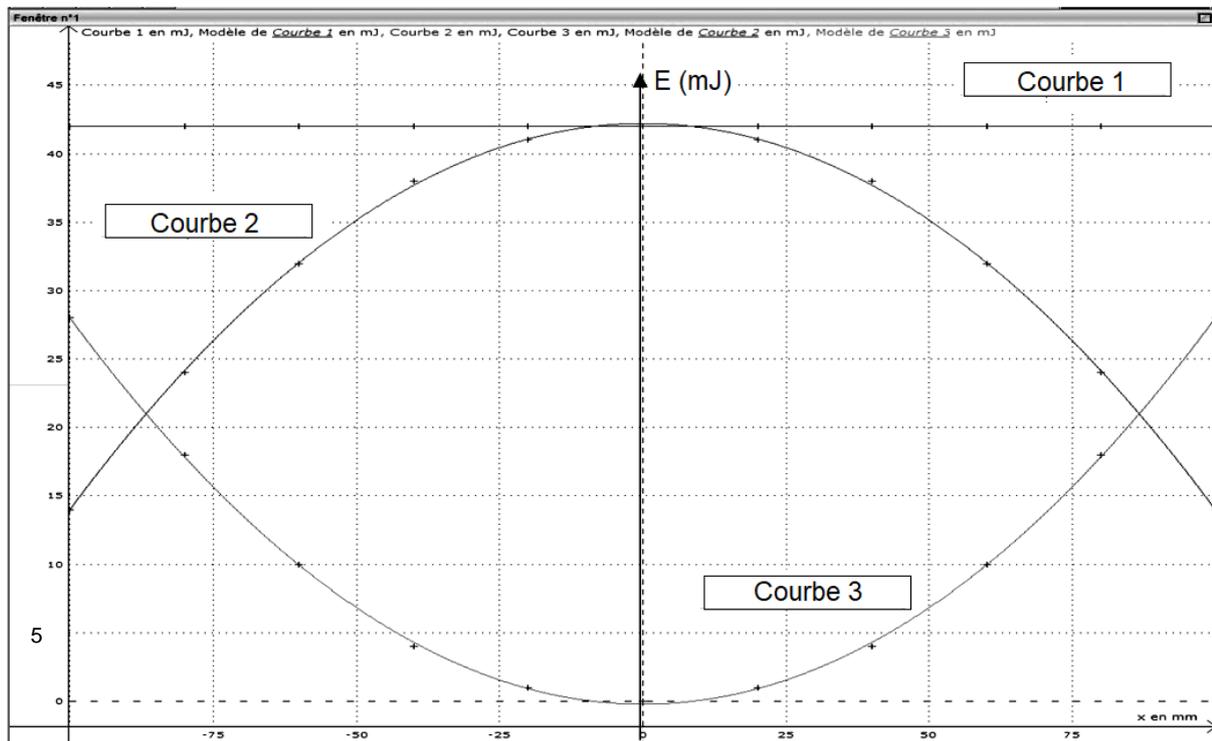
A.1. On s'intéresse à la boule 1 lorsqu'elle est à une hauteur z et possède une vitesse v .

Rappeler les expressions :

- de son énergie cinétique E_c ;
- de son énergie potentielle de pesanteur E_{pp} ;
- de son énergie mécanique E_m en fonction de m , g , z et v .

A.2. On modélise expérimentalement la situation en utilisant un montage comprenant un capteur, un pendule simple de même caractéristique que la partie du tac-tac associée à la boule 1. On peut alors tracer les variations des trois types d'énergie (en mJ) précédentes en fonction de l'abscisse x (en mm) du centre de la boule 1 pour seulement une partie de la trajectoire de la boule 1.

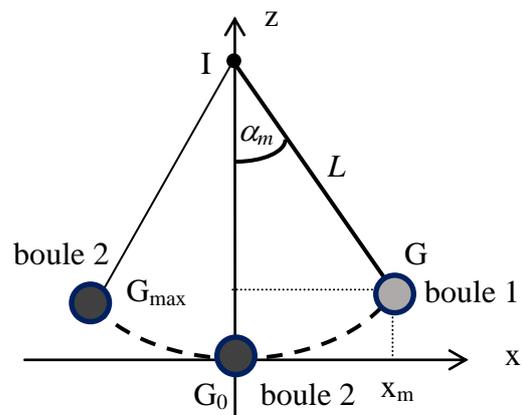
On obtient les courbes suivantes :



Associer, en justifiant la réponse, chaque courbe à l'énergie E_c , E_{pp} ou E_m dont elle représente les variations.

B- Étude du choc entre les deux boules

On lâche sans vitesse initiale la boule 1 du point G. Au point G_0 , un choc se produit entre la boule 1 et la boule 2 qui initialement est au repos. La boule 2 se met en mouvement.



On suppose qu'au point G_0 et juste avant le choc la boule 1 possède la vitesse maximale $v_{G_0} = 1,0 \text{ m.s}^{-1}$ et une énergie mécanique de 42 mJ. Au cours du choc entre les deux boules, il se produit une dissipation d'énergie mécanique $E_{dis} = 15 \text{ mJ}$.

Juste après le choc, la boule 1 est au repos et la boule 2 se met en mouvement vers la gauche pour atteindre, avant de redescendre, un point extrême G_{\max} dont on veut déterminer l'altitude $z_{G_{\max}}$.

- B.1.** Calculer l'énergie mécanique E_{m2,G_0} de la boule 2 en G_0 juste après le choc.
- B.2.** Expliquer pourquoi l'énergie cinétique de la boule 2 au point G_{\max} est nulle.
- B.3.** Exprimer l'énergie mécanique $E_{m2,G_{\max}}$ de la boule 2 au point G_{\max} en fonction de m , g et $z_{G_{\max}}$.
- B.4.** En supposant que l'énergie mécanique de la boule 2 reste constante au cours de son mouvement, calculer la valeur de l'altitude $z_{G_{\max}}$. Conclure.

Partie 2 : étude du « liquide magique »

L'enfant utilise le coffret-jeu d'initiation à la chimie pour réaliser une expérience intitulée « le liquide magique ».

L'expérience est à faire en présence d'un adulte.

Le livret fourni dans la boîte indique la démarche à suivre :



- mets les gants et les lunettes qui sont fournis ;
- dans l'erlenmeyer, verse 150 mL de la solution nommée S ;
- dissous-y 5 g de glucose ;
- ajoute 1 g de bleu de méthylène. La solution devient bleue puis progressivement devient incolore ;
- bouche et agite vigoureusement : la solution devient immédiatement bleue puis après agitation se décolore à nouveau progressivement ;
- agite une nouvelle fois : la solution devient encore bleue puis se décolore progressivement.

On obtient ainsi deux couleurs de solutions :



Solution bleue
après agitation.



Solution incolore
après repos.

L'objectif de cette partie est d'expliquer l'évolution de la couleur de la solution.

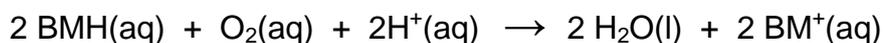
Données :

- formule brute du glucose : $C_6H_{12}O_6(aq)$;
- masse molaire du glucose : $M = 180 \text{ g.mol}^{-1}$
- forme oxydée du bleu de méthylène, notée $BM^+(aq)$, seule espèce colorée en solution ;
- forme réduite du bleu de méthylène notée $BMH(aq)$;
- couples oxydant-réducteurs mis en jeu :
 - $BM^+(aq) / BMH(aq)$
 - $O_2(aq) / H_2O(l)$
 - $C_6H_{12}O_7(aq) / C_6H_{12}O_6(aq)$
- volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$;
- la composition de l'air est considérée comme connue du candidat.

C- Étude qualitative

C.1. Lorsque l'on agite l'erlenmeyer, une partie du dioxygène de l'air se dissout dans la solution puis réagit en oxydant la forme réduite du bleu de méthylène.

La transformation chimique observée lors de l'agitation peut être modélisée par la réaction (1) dont l'équation est écrite ci-après :



Définir une oxydation.

C.2. Il se produit ensuite une deuxième réaction d'oxydo-réduction entre le glucose et le bleu de méthylène sous forme $BM^+(aq)$ (réaction (2)).

C.2.1. La demi-équation électronique du couple $C_6H_{12}O_7(aq) / C_6H_{12}O_6(aq)$, s'écrit :



Justifier que le glucose est le réducteur de ce couple.

C.2.2. Écrire la demi-équation électronique du couple $BM^+(aq) / BMH(aq)$.

C.2.3. En déduire l'équation de la réaction (2) modélisant la réduction de la forme oxydée du bleu de méthylène par le glucose.

C.3. À l'aide des modélisations effectuées, expliquer les variations de couleur observées lors de l'expérience avec le « liquide magique ».

D- Étude quantitative

On considère que, compte tenu des volumes utilisés, une fois bouché hermétiquement l'erlenmeyer contient un volume d'air $V_{air} = 0,240 \text{ L}$. Le bleu de méthylène introduit réagit dans la réaction (1), puis est régénéré dans la réaction (2).

D.1. Calculer les quantités de matière $n_i \text{ O}_2$ de dioxygène et $n_i \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ de glucose contenues initialement dans l'erlenmeyer.

D.2. Sans rouvrir l'erlenmeyer, l'enfant réalise dans la journée plusieurs séries d'agitations successives. Au bout de quelques heures, l'expérience « le liquide magique » ne fonctionne plus, car la couleur bleue n'apparaît plus.

Justifier que c'est parce que tout le dioxygène disponible a disparu. On attend un raisonnement s'appuyant sur un bilan de matière.