

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

SESSION 2022

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE LABORATOIRE

Épreuve expérimentale

Durée : 4 heures

L'usage de la calculatrice, en mode examen, est autorisé conformément à la circulaire n°2015-178 du 1^{er} octobre 2015 – Accès internet interdit.

**L'ÉPUISEMENT DES RESSOURCES NATURELLES,
LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE :
COMMENT LES SCIENCES ŒUVRENT-T-ELLES
POUR FAIRE FACE AUX ENJEUX DU MONDE
D'AUJOURD'HUI ?**

Ce sujet comporte 13 pages, y compris celle-ci.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve. Il doit appeler le professeur évaluateur pour présenter ce qui est indiqué dans les différents appels, mais il peut néanmoins le solliciter à tout moment s'il en ressent le besoin.

Le professeur évaluateur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

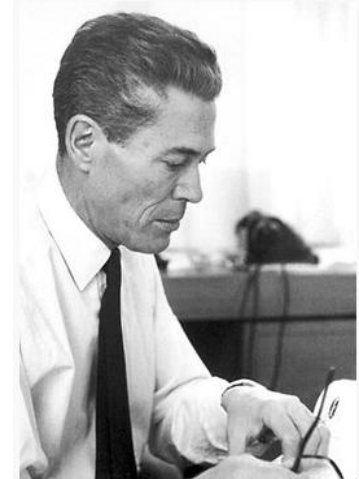
Introduction

Cette année, l'épreuve pratique du concours général STL-SPCL a lieu au lycée Jacques Monod de Saint Jean de Braye.

Savez-vous qui est Jacques Monod ?

Jacques Monod est né à Paris le 9 février 1910 et est mort à Cannes le 31 mai 1976. C'est un biologiste et un biochimiste français de l'institut Pasteur de Paris, lauréat en 1965 du **prix Nobel de physiologie ou médecine**.

Il est l'auteur en 1970 d'un essai intitulé **Le Hasard et la nécessité**. Dans cet essai, il y expose ses vues sur la nature et le destin de l'humanité dans l'univers, concluant ainsi son essai : « L'ancienne alliance est rompue ; l'homme sait enfin qu'il est seul dans l'immensité indifférente de l'Univers, d'où il a émergé par hasard. Non plus que son destin, son devoir n'est écrit nulle part. **À lui de choisir entre le Royaume et les ténèbres.** »



D'après https://fr.wikipedia.org/wiki/Jacques_Monod

A l'heure des préoccupations climatiques, il semble qu'aujourd'hui plus que jamais, l'être humain soit face à des choix qui guideront son destin et celui de la planète toute entière. En effet, cinquante ans après la parution de cet essai, le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a rendu son rapport le 9 août 2021. Voici les deux premiers paragraphes du communiqué de presse y faisant référence :

GENÈVE, le 9 août – Les scientifiques observent l'évolution du climat dans toutes les régions de la planète et dans l'ensemble du système climatique, selon le dernier rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) publié aujourd'hui. Nombre des changements relevés sont sans précédent depuis des milliers, voire des centaines de milliers d'années, et certains phénomènes déjà en cours – comme l'élévation continue du niveau de la mer – sont irréversibles sur des centaines ou des milliers d'années.

Toutefois, des réductions fortes et soutenues des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et d'autres gaz à effet de serre limiteraient le changement climatique. Alors que la qualité de l'air en bénéficierait rapidement, la stabilisation des températures mondiales pourrait prendre 20 à 30 ans, selon le 6^{ème} rapport du Groupe de travail I du GIEC intitulé Changement climatique 2021 : les éléments scientifiques. Ce document a été approuvé vendredi par 195 gouvernements membres du GIEC à l'issue d'une session d'approbation virtuelle de deux semaines amorcées le 26 juillet.

D'après https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release_fr.pdf

Dans l'attente que des mesures fortes soient prises pour réduire les impacts de l'être humain sur notre environnement, les jeunes du monde entier sont de plus en plus préoccupés par l'avenir de la planète. En témoigne une étude publiée le 14 septembre 2021 dans le journal scientifique « The Lancet Planetary Health » conduite dans dix pays occidentaux et non occidentaux qui révèle que l'angoisse due à la situation environnementale ou « écoanxiété » est très répandue chez les 16-25 ans.

Problématique

Peut-être faites-vous parti des 45% des jeunes de 16 à 25 ans qui souffrent « d'éco-anxiété » ou des 75% qui jugent le futur « effrayant » ?

Source : « The Lancet Planetary Health » du 14 septembre 2021

Vous participez aujourd'hui à un prestigieux concours scientifique et vous vous destinez peut-être à une carrière scientifique.

Dans ce sujet, nous allons étudier des pistes de réflexion scientifiques à travers deux thématiques :

- **Partie A : Comment limiter le réchauffement climatique ?**
Pour cela, nous étudierons les propriétés isolantes de différents matériaux pour réduire les pertes thermiques dans les habitations.

- **Partie B : Comment limiter l'épuisement des ressources naturelles ?**
Pour cela, nous nous intéresserons aux agro-ressources.

Travail à réaliser

Les différentes parties et sous-parties de ce sujet sont totalement indépendantes.

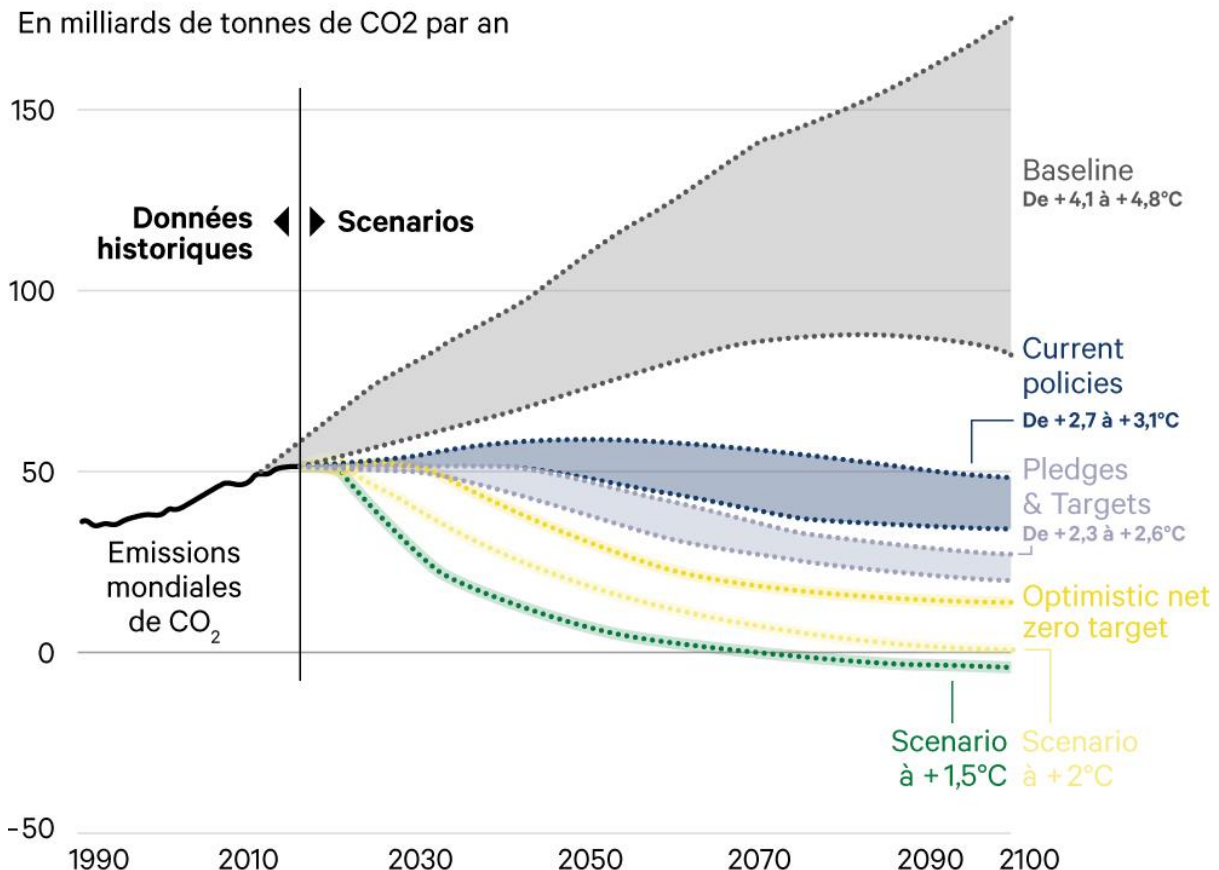
Il est conseillé de profiter des durées de chauffage ou d'attente pour démarrer la sous-partie qui suit (protocole expérimental et/ou questions théoriques).

PARTIE A : COMMENT LIMITER L'ÉMISSION DE GAZ À EFFET DE SERRE ?

Limitier l'émission des gaz à effet de serre par les activités humaines est un point crucial dans l'objectif de limiter le réchauffement climatique sur la période 2020-2100. Le dernier rapport du GIEC prévoit qu'un maintien de la production actuelle de gaz à effet de serre, en particulier le dioxyde de carbone (CO₂), devrait entraîner une hausse moyenne des températures de l'ordre de 4 à 5 °C sur la période 2020-2100 (voir infographie du journal les échos <https://planete.lesechos.fr/>).

Des évolutions à confronter aux scénarios du GIEC

En milliards de tonnes de CO₂ par an

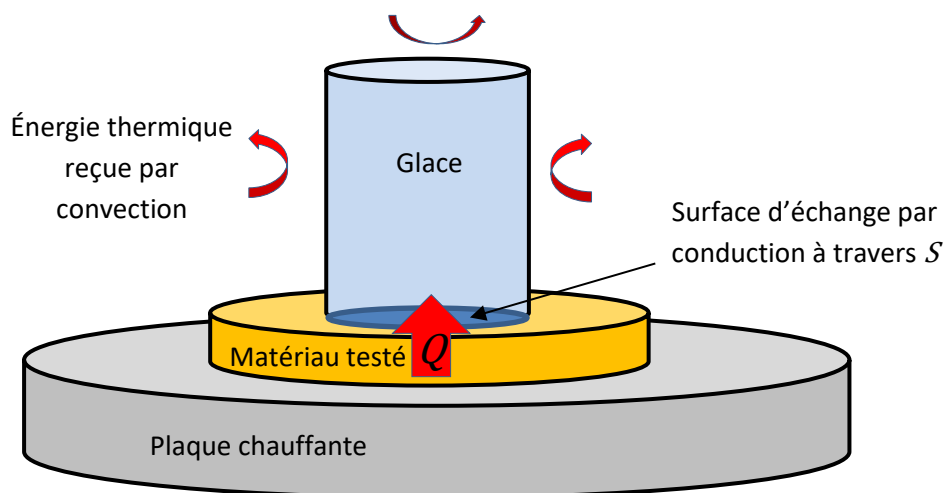


Afin de limiter les émissions de dioxyde de carbone, l'un des leviers est une meilleure isolation thermique des bâtiments. Nous allons, dans cette sous partie, nous intéresser à cette problématique en étudiant expérimentalement l'isolation thermique et la notion de résistance thermique.

1. Protocole expérimental d'étude de la résistance thermique de quelques matériaux

On se propose dans cette partie de mesurer la résistance thermique en maintenant une différence de température constante entre une plaque chauffante et un glaçon d'eau en fusion, séparés par une plaque de matériau de résistance thermique à déterminer.

Le bloc de glace de forme cylindrique est placé verticalement sur la plaque de matériau, la surface de contact S est alors un disque dont la valeur peut être déterminée à partir de la mesure du diamètre. Le transfert de l'énergie thermique Q se fait par conduction à travers la surface de contact S . Un transfert d'énergie par convection se fait également à travers les autres surfaces du cylindre en contact avec l'air.



La mesure de la masse de glace qui a fondu nous renseigne sur l'énergie thermique échangée, notée Q dans la suite. La connaissance de Q et de la durée t de l'expérience permet de calculer la puissance thermique P_{th} reçue par la glace à travers le matériau :

$$P_{th} = \frac{Q}{t}$$

Le flux thermique surfacique φ est donné par la relation :

$$\varphi = \frac{P_{th}}{S}$$

Enfin, la résistance thermique surfacique r_{th} et la conductivité thermique λ sont données par

$$r_{th} = \frac{\Delta\theta}{\varphi} \text{ et } \lambda = \frac{e}{r_{th}}$$

où e est l'épaisseur de matériau.

On propose donc le protocole expérimental suivant, qu'il est utile de lire **intégralement** avant de commencer les expériences :

- Le morceau de glace à utiliser a été mis en forme de cylindre dans un bécher. Il faut commencer par le sortir du bécher soigneusement en faisant couler de l'eau chaude sur le côté du bécher, ce qui permet de récupérer le cylindre de glace. Dans la suite, on essaiera au maximum de manipuler le glaçon avec une pince.

Expérience 1

- Mesurer le diamètre initial d_{i1} du cylindre de glace, puis peser le cylindre de glace. On notera la masse initiale m_{i1} . Poser le cylindre de glace sur une boîte de pétri en verre.
- Réaliser une première expérience de fonte à température ambiante, T_1 , pendant 3 minutes. On nommera cette expérience « expérience 1 ».
- À la fin de l'expérience 1, mesurer à nouveau le diamètre d_1 et la masse m_1 du cylindre de glace.

Expérience 2

- Mettre le réglage de la plaque chauffante sur une température de 100 °C.
- Poser la boîte de pétri sur la plaque chauffante.
- Lorsque la température de la plaque chauffante est stabilisée, mesurer sur une minute la température « moyenne » réelle de la plaque, notée T_2 .
- Mesurer le diamètre initial d_{i2} du cylindre de glace, puis peser le cylindre de glace. On notera la masse initiale m_{i2} .
- Poser le cylindre de glace sur la boîte de pétri et réaliser une deuxième expérience de fonte à une température T_2 , pendant 2 minutes. On nommera cette expérience « expérience 2 ».
- À la fin de l'expérience 2, mesurer à nouveau la masse m_2 du cylindre de glace et le diamètre d_2 .

Expérience 3

- Mettre le réglage de la plaque chauffante sur une température de 150 °C.
- Lorsque la température de la plaque chauffante est stabilisée, mesurer sur une minute la température « moyenne » réelle de la plaque, notée T_3 .
- Poser une plaque de liège sur la plaque chauffante et poser la boîte de pétri par-dessus.
- Mesurer le diamètre initial d_{i3} du cylindre de glace, puis peser le cylindre de glace. On notera la masse initiale m_{i3} .
- Poser le cylindre de glace sur la boîte de pétri et réaliser une troisième expérience de fonte à une température T_3 , pendant 6 minutes. On nommera cette expérience « expérience 3 ».
- À la fin de l'expérience 3, mesurer à nouveau la masse m_3 du cylindre de glace et le diamètre d_3 .

Pour aider à la récolte des données, on propose le tableau suivant :

	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3
Durée exacte en secondes			
Masse initiale			
Masse finale			
Diamètre initial			
Diamètre final			

2. Exploitation des résultats

Q1. *Indiquer le rôle de l'expérience 1.*

Appel n°1	Présenter vos résultats et interpréter le rôle de l'expérience 1.
------------------	--

Q2. *À l'aide des données recueillies, déterminer pour les expériences 2 et 3 les résistances thermiques des deux matériaux.*

Q3. *En utilisant la mesure de l'épaisseur de chaque matériau, déterminer la conductivité thermique de chaque matériau.*

Q4. *Indiquer le matériau à préférer pour isoler thermiquement une habitation.*

Q5. *Indiquer l'intérêt de mesurer la résistance thermique du verre.*

Q6. *Expliquer le phénomène qui peut justifier, malgré les résultats précédents, la présence de grandes baies vitrées dans les maisons bioclimatiques récentes, orientées vers le sud.*

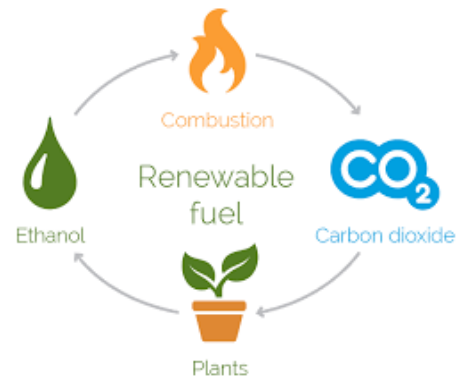
PARTIE B : COMMENT LIMITER L'ÉPUISEMENT DES RESSOURCES NATURELLES ?

Les agro-ressources correspondent à l'ensemble des matières premières issues de l'agriculture qu'elle qu'en soit leur destinée d'usage. Puisqu'il s'agit de matières d'origine vivante cultivées par l'Homme et non de celles prélevées directement dans l'environnement, elles sont considérées comme **renouvelables**.

Par exemple, le bioéthanol est qualifié ainsi car il est produit à partir de matières provenant de la biomasse :

- soit par fermentation du saccharose extrait de plantes sucrières (betterave, canne à sucre...)
- soit par hydrolyse enzymatiques de l'amidon contenu dans des céréales (blé, maïs...).

Le bioéthanol ainsi produit appartient à la famille **des énergies renouvelables**. Il peut être mélangé à l'essence dans des proportions allant de 5 à 85 %.



Dans cette partie, nous allons nous intéresser à la **production de bioéthanol** par fermentation du saccharose de plantes sucrières. Cependant, la récolte des betteraves à sucre s'effectuant de septembre à janvier, il est impossible d'en trouver au mois de mai. Nous vous proposons d'en étudier le principe sur un autre légume contenant du saccharose et dont la récolte se fait tout au long de l'année : **la carotte**.

1. Extraction du saccharose de la carotte

Le saccharose est tout d'abord extrait de la carotte par macération.

Mettre en œuvre le protocole de macération suivant :

- Porter à reflux pendant 30 minutes un mélange constitué de 50 g de carotte mixée et de 70 mL du solvant d'extraction adéquat.

Appel n°2	Avant de mettre le chauffage en route, présenter le solvant utilisé et le montage réalisé.
------------------	---

- Laisser refroidir 5 min à l'air libre, puis 5 min dans un bain d'eau.
- Prélever une dizaine de millilitres du surnageant à l'aide d'une pipette pasteur, puis les filtrer à l'aide d'une passoire.
- Déterminer le degré Brix du jus ainsi filtré à l'aide du Brixmètre numérique. La valeur obtenue sera considérée comme valeur « de référence ».
- Effectuer 5 ou 6 mesures du degré Brix du jus filtré à l'aide des différents Brixmètres analogiques.

Noter vos observations et vos résultats expérimentaux dans votre rapport.

Q.1 : Évaluer la justesse de la méthode de mesure du degré Brix à l'aide du Brixmètre analogique selon la procédure de validation fournie dans les données.

Q.2 : En supposant que le volume total de jus de carotte obtenu par macération est identique au volume de solvant introduit et que sa densité est identique à celle du solvant ; déterminer la masse de saccharose dans le jus de carotte ainsi obtenu.

Q.3 : En déduire la masse de saccharose dans 100 g de carotte. Commenter ce résultat en vous appuyant sur les prévisions attendues.

2. Synthèse du bioéthanol

Le bioéthanol est produit par **fermentation alcoolique** du saccharose en présence de levure de boulanger : organisme vivant de la famille des champignons, appelé scientifiquement "**Saccharomyces cerevisiae**". En présence d'eau, ce champignon se nourrit de saccharose et possède la propriété de le transformer en dioxyde de carbone et en éthanol :



Mettre en œuvre le protocole de synthèse suivant :

- Introduire 40 mL d'eau dans un erlenmeyer de 100 mL.
- Ajouter 2 g de levure de boulanger sèche dans l'erlenmeyer.
- Agiter jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène.

Appel n°3	Proposer un montage permettant de caractériser le gaz formé lors de la fermentation alcoolique.
-----------	---

- Peser 2 g de saccharose et les ajouter au mélange eau + levures.
- Compléter le montage de façon à identifier le gaz formé.
- Agiter et tiédir à l'aide d'un bain marie à 45°C pendant 30 min. **Prendre de l'eau chaude au robinet et veiller à ne jamais dépasser la valeur de 50°C.**
- Filtrer les levures sous vide sur Büchner.

Appel n°4	Proposer une technique permettant de déterminer si le saccharose a été totalement consommé.
-----------	---

- Mettre en œuvre cette technique après validation.

Noter vos observations et vos résultats expérimentaux dans votre rapport.

Q.4 : Écrire l'équation de la réaction modélisant la synthèse du bioéthanol par fermentation alcoolique.

Q.5 : Déterminer la quantité de matière maximale d'éthanol formée à partir de 2 g de saccharose, sachant qu'il s'agit du réactif limitant.

Q.6: Indiquer si la transformation prenant place lors de la fermentation alcoolique réalisée est totale ou non totale. Justifier votre réponse.

Q.7 : Déterminer la quantité de matière en saccharose ayant réagi et la quantité de matière d'éthanol réellement produite.

Q.8: En déduire le rendement de la synthèse du bioéthanol réalisée :

$$R_{\text{synthèse}} = \frac{n_{\text{éthanol réellement obtenue}}}{n_{\text{éthanol maximale attendue}}}$$

Q.9: Proposer une méthode permettant d'améliorer le rendement de cette synthèse.

3. Dosage de l'éthanol formé

Vous disposez d'un erlenmeyer contenant une solution de bioéthanol obtenue par fermentation alcoolique de 2 g de saccharose menée de façon quantitative. On souhaite à présent doser l'éthanol formé de façon à vérifier que la quantité obtenue est conforme à la quantité attendue. Pour ce faire, vous allez effectuer un titrage indirect de l'éthanol formé par les ions Fe^{2+} en présence d'un excès connu d'ions permanganate. Lors de ce titrage, deux réactions d'oxydoréduction se produisent :

Étape 1 : L'éthanol formé réagit avec les ions MnO_4^- (aq) introduits en excès connu.

Étape 2 : L'excès d'ions MnO_4^- (aq) est titré par les ions Fe^{2+} (aq).

La quantité d'ions MnO_4^- (aq) introduite est donc égale à la somme de la quantité d'ions MnO_4^- (aq) qui réagit lors de la première étape plus la quantité d'ions MnO_4^- (aq) qui réagit lors de la deuxième étape :

$$n_{\text{MnO}_4^-}(\text{introduit}) = n_{\text{MnO}_4^-}(\text{réagit dans étape 1}) + n_{\text{MnO}_4^-}(\text{réagit dans étape 2})$$

Mettre en œuvre le protocole de titrage suivant :

- Transvaser la totalité de la solution de bioéthanol obtenue de façon quantitative dans une fiole jaugée de 100 mL. Compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée. Soit **S** la solution ainsi préparée.
- Dans un erlenmeyer de 100 mL introduire, avec les précautions nécessaires et en respectant l'ordre suivant :
 - 25 mL d'une solution de permanganate de potassium à $5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
 - 20 mL d'acide sulfurique à $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
 - 2 mL de la solution **S**.
- Boucher l'erlenmeyer et laisser agir sous agitation pendant 15 minutes.
- Titrer à l'aide d'une solution d'ions Fe^{2+} (aq) à $0,25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ acidifiée à l'acide sulfurique à $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le virage s'effectue d'une solution opaque violette à une solution jaune transparente. **Vous procéderez à un titrage rapide puis un titrage lent.**

Noter vos observations et vos résultats expérimentaux dans votre rapport.

Q.10 : Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation prenant place lors de la première étape du titrage.

Q.11 : En déduire une relation entre $n_{\text{MnO}_4^-}$ (réagit dans étape 1) et $n_{\text{éthanol}}$.

Q.12 : Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation prenant place lors de la deuxième étape du titrage.

Q.13 : En déduire une relation entre $n_{\text{MnO}_4^-}$ (réagit dans étape 2) et $n_{\text{Fe}^{2+}}$ (versé à l'équivalence).

Q.14 : Montrer alors que :
$$n_{\text{éthanol}} = \frac{5 \times n_{\text{MnO}_4^-}(\text{introduit}) - n_{\text{Fe}^{2+}}(\text{versé à l'équivalence})}{4}$$

Q.15 : Déterminer la quantité de matière d'éthanol titrée.

Q.16 : À l'aide d'une étude en répétabilité préalable, on a déterminé l'incertitude-type $u(n_{\text{éthanol}}) = 0,012 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$. Exprimer votre résultat de mesure de $n_{\text{éthanol}}$. Conclure si la valeur obtenue est en accord ou non avec la quantité attendue.

4. Conclusion de la partie B

Q.17 : Déduire des trois sous-parties précédentes la quantité de matière de bioéthanol qu'il est possible de produire à partir de 100 g de carotte. Comparer cette valeur à celle qu'il est possible d'obtenir avec 100 g de betterave sucrière.

Données

Enthalpie de fusion de l'eau : $L_f = 334 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$

Masse moyenne en saccharose pour 100 g d'aliment

Aliment	Masse de saccharose (g)
Betterave sucrière	18
Banane	6,5
Betterave rouge	5,2
Orange	4,2
Carotte	3,6
Pomme	3,3
Poire	1,8
Tomate	0




Données physico-chimiques

Composé	Formule brute	Propriétés physico-chimiques
Saccharose	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	$M_1 = 342,3 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ $T_{\text{fus}} = 186 \text{ }^\circ\text{C}$ Solubilité : 2000 g/L d'eau à 25 °C 6 g/L d'éthanol à 25 °C Insoluble dans l'éther diéthylique
Ethanol	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	$M_2 = 46,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ $d = 0,789$ (à 20 °C) Solubilité : Miscible dans l'eau en toutes proportions
Eau	H_2O	$M_3 = 18,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ $d = 1,00$ (à 20 °C)

Potentiels standards d'oxydoréduction à 25°C

$$E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} ; E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V} ; E^\circ(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = 0,05 \text{ V}$$

Données de sécurité

Solution de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq})$; $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$) à $0,05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	Solution d'acide sulfurique à $5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	Solution d'ions fer(II) ($\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$) à $0,25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ dans l'acide sulfurique à $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
	 Port de blouse, gants, lunettes de protection, pantalon et chaussures fermées.	 Port de blouse, gants, lunettes de protection, pantalon et chaussures fermées.

Principe du Brixmètre

Un Brixmètre est un réfractomètre aisément transportable. Il permet de mesurer le degré Brix.

1 degré Brix correspond à 1 gramme de saccharose pour 100 g de solution.

Utilisation du Brixmètre analogique

- Déposer quelques gouttes d'échantillon sur le prisme.
- Viser une source lumineuse.
- Lire la valeur en degré Brix directement dans l'oculaire.



Utilisation du Brixmètre numérique

- Appuyer sur « ON ».
- Déposer 2-3 gouttes d'eau dans l'orifice du réfractomètre.
- Appuyer sur « Zéro ». Le cadran affiche alors la valeur 0.
- Essuyer les gouttes d'eau puis déposer 2-3 gouttes du liquide à tester.
- Appuyer sur « Read ». Le cadran affiche alors le degré Brix du jus testé.

Mesure et incertitudes

Procédure d'évaluation de la justesse d'une méthode de mesure par rapport à une autre méthode de mesure dite de référence

- Effectuer une série de ***n* mesures**, à l'aide de la procédure de mesure différente de celle de référence.
- Déterminer la valeur moyenne \bar{Y} de ces *n* mesures.
- Estimer **l'incertitude de type A** de la valeur moyenne \bar{Y} à l'aide de l'écart-type expérimental de la série de mesures (s_{exp}) et du nombre ***n*** de mesures :

$$u(\bar{Y}) = \frac{s_{exp}}{\sqrt{n}}$$

- **Déterminer le biais Δ** de la méthode de mesure évaluée comme étant la différence entre la valeur moyenne \bar{Y} et la valeur de référence $Y_{référence}$ obtenue avec la méthode de mesure dite de référence :

$$\Delta = |\bar{Y} - Y_{référence}|$$

- **La justesse de la méthode de mesure sera alors validée si : $\Delta < 2 \times u(\bar{Y})$**