

1 Objectifs

Mettre en œuvre une expérience de combustion de l'éthanol afin d'estimer son pouvoir calorifique. Estimer les incertitudes et les sources d'erreurs sur la détermination de la valeur du pouvoir calorifique.

2 Introduction

Document 1 : Pourquoi met-on de l'éthanol dans l'essence ?

En 2003 la directive européenne RED (Renewable Energy Directive) a demandé aux pays européens des réductions d'émission de gaz à effet de serre (GES), notamment pour le transport, en faisant appel aux biocarburants capables de diminuer de 35 % en 2017 puis de 50 % en 2018 les émissions. Les pétroliers ont alors ajouté de l'éthanol dans l'essence.

L'éthanol ou alcool éthylique, de formule chimique C_2H_5OH , utilisé dans les carburants est issu de la fermentation de matières premières renouvelables d'origine agricole, riches en sucre (betterave, canne à sucre) ou en amidon (blé, maïs). En France les différents carburants à essence contiennent des quantités variables d'alcool.

Nom du carburant	SP 95	SP 98	SP95 E10	super éthanol E85
Logo à la pompe depuis octobre 2018	E5	E5	E10	E85
Pourcentage maximum d'éthanol pur	5 %	5 %	10 %	65 % à 85 % selon la saison

Tous les moteurs modernes sont conçus pour fonctionner avec les 3 premiers carburants. Par contre pour le E85 il faut une automobile dite "flexfuel" équipée d'un système d'injection et de réglages du moteur lui permettant d'utiliser tous les carburants modulables. Seuls quelques constructeurs commercialisent ces véhicules qui ne représentent à l'achat que 0,3 % du neuf. Heureusement depuis 2018 des boîtiers électroniques agréés s'adaptent sur les autres automobiles leur permettant de rouler à l'E85 et environ 6000 automobilistes par an y recourent. C'est qu'ils recherchent des économies et une rentabilité car l'E85 est bien moins taxé que l'essence normale (0,12 € au lieu de 0,68 €) ce qui donne un prix moyen de 0,70 €/L à la pompe pour l'E85.

Cependant, la production d'éthanol à partir de céréales ou de betteraves (biocarburants de 1ère génération) entraîne une concurrence entre cultures à des fins énergétiques et cultures alimentaires. C'est pourquoi on développe aujourd'hui la recherche pour l'obtention d'éthanol dit "cellulosique" produit à partir de la biomasse "lignocellulosique" issue de déchets végétaux (bois, paille, bagasses de végétaux), selon des procédés biochimiques.

Document 2 : Combustion de l'éthanol

Une réaction de combustion fait intervenir un combustible et un comburant comme le dioxygène. Lorsque cette combustion est complète il se forme de l'eau et du dioxyde de carbone.

La combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène produit uniquement de l'eau et du dioxyde de carbone.

Document 3 : Masses molaires

$$M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1} \quad M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1} \quad M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$$

- ① Donner la signification de la lettre "E" et du nombre "85" que l'on trouve dans le nom "superéthanol E85".
- ② Donner la différence entre le carburant SP95 et SP95-E10.
- ③ Expliquer le principe de fabrication de l'éthanol.
- ④ Donner la particularité des véhicules "flexfuel".
- ⑤ Expliquer pourquoi on développe aujourd'hui des programmes de recherche afin de remplacer la production d'éthanol de 1ère génération.
- ⑥ Représenter la formule développée de l'éthanol.
- ⑦ Déterminer la masse molaire $M_{C_2H_5OH}$ de l'éthanol.
- ⑧ Pourquoi met-on de l'éthanol dans l'essence ?
- ⑨ Donner les noms des réactifs et des produits de la réaction de combustion de l'éthanol.
- ⑩ Ecrire l'équation-bilan de la réaction de combustion de l'éthanol.

3 La combustion de l'éthanol

Document 4 : Quantité d'énergie échangée Q

Un objet de masse m dont la température de θ_i à θ_f sans changer d'état est le siège d'un transfert d'énergie Q :

— Q : énergie échangée (J)

— m : masse de l'objet (kg)

$$Q = m \times c \times (\theta_f - \theta_i)$$

— c : capacité thermique massique ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)

— θ : température (K)

Document 5 : Données

$$c_{eau} = 4,18 J.g^{-1}.K^{-1} \quad c_{alu} = 0,90 J.g^{-1}.K^{-1} \quad c_{acier} = 0,47 J.g^{-1}.K^{-1} \quad PC_{éthanol} = 27 kJ.g^{-1}$$

3.1 Expérience

Le tableau de résultats ci-dessous est à reproduire sur le compte rendu et à compléter au cours de la manipulation.

$m_{canette}(g)$	$m_{canette+eau}(g)$	$m_{eau}(g)$	$\theta_i(C)$	$\theta_f(C)$	$m_i(g)$	$m_f(g)$	$m_{éthanol\ brûlé}(g)$

- ① Mesurer la masse d'une canette vide. Indiquer la valeur de cette masse notée $m_{canette}$ dans le tableau.
- ② Introduire, dans la canette, 250 mL d'eau avec une éprouvette graduée. Mesurer la masse de la canette avec l'eau notée $m_{canette+eau}$ et le noter dans le tableau. En déduire la masse d'eau m_{eau} .
- ③ Fixer la canette avec une pince aux mâchoires isolées. Puis insérer un capteur de température. Noter la valeur de la température initiale θ_i .
- ④ Mesurer la masse du brûleur à éthanol et indiquer sa masse m_i .
- ⑤ Allumer le brûleur à éthanol puis agiter régulièrement. Arrêter la combustion de l'éthanol lorsque la température a augmenté de 20 °C. Indiquer la température finale θ_f .
- ⑥ Mesurer la masse finale m_f du brûleur et en déduire la masse d'éthanol brûlé $m_{éthanol\ brûlé}$.

3.2 Exploitation des résultats

- ① Calculer l'énergie reçue Q_{eau} par l'eau.
- ② Calculer l'énergie reçue $Q_{canette}$ par la canette.
- ③ En faisant l'hypothèse que l'énergie libérée par la combustion de l'éthanol est entièrement utilisée pour le chauffage de l'eau et du métal, déduire des résultats précédents l'énergie libérée E par la combustion d'une masse d'éthanol brûlé $m_{éthanol\ brûlé}$.
- ④ Calculer le pouvoir calorifique de l'éthanol $PC_{éthanol}$ c'est à dire l'énergie libérée pour la combustion d'une masse d'1 g d'éthanol.
- ⑤ En déduire l'enthalpie de combustion $\Delta_c H^0$ de l'éthanol c'est à dire l'énergie libérée pour une mole d'éthanol.
- ⑥ Comparer avec la valeur expérimentale (calcul de l'écart relatif) et justifier l'écart obtenu.

3.3 Incertitude de répétabilité

- ① A l'aide d'un tableur, compléter un tableau avec les différents résultats du pouvoir calorifique PC des groupes.
- ② Calculer la valeur moyenne du pouvoir calorifique PC_{moy} et l'écart type σ_{n-1} . Noter ces deux valeurs.
- ③ Estimer l'incertitude-type élargie $U(PC)$ avec un niveau de confiance de 95% sachant que l'on a la relation :

$$U(P) = k \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

Ci-dessous les valeurs de k en fonction du nombre de mesures pour un niveau de confiance de 95 %

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$k_{95\%}$	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,20	2,16	2,13	2,09

- ④ Donner l'expression du pouvoir calorifique PC . Le résultat sera écrit sous la forme : $PC = PC_{moy} \pm U(PC)$