



**COMPÉTENTES ATTENDUES À L'ISSUE DE L'ÉTUDE :**

C1:Écrire l'équation chimique d'un hydrocarbure ou d'un biocarburant.

C2:Établir un bilan de matière.

C3:Utiliser le pouvoir calorifique d'un combustible pour calculer l'énergie thermique qu'il peut libérer.

C4:Connaître les risques liés aux combustions, les moyens de prévention et de protection.

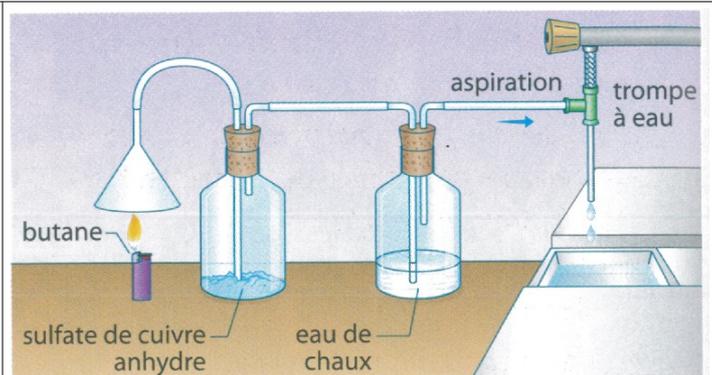
**ACTIVITÉ\_1 : QUELS SONT LES PRODUITS DE COMBUSTION ?**

**Investigation :**

**Expérience :**

On veut récupérer les produits de la combustion du Gaz(combustible) ,  
avec le dioxygène de l'air(comburant) .

- Quel est le rôle de la trompe à eau ?
- Que met en évidence le sulfate de cuivre anhydre  $\text{CuSO}_4$  , et comment ?
- Même question pour l'eau de chaux .



• **Observations :**

• **Conclusion :**





**ACTIVITÉ 2 : QUELLE ÉNERGIE DÉGAGE LA COMBUSTION DE 1kg DE BUTANE ?**

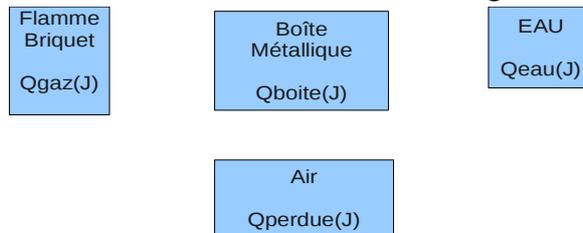
**1. Principe de la mesure de l'énergie fournie par le Gaz butane d'un Briquet :**

On ne peut directement mesurer la chaleur fournie par le gaz enflammé .

On peut mesurer la quantité de chaleur  $Q_{EAU}$  reçue par l'eau et fournie par la Flamme du briquet à Gaz qui fournit  $Q_{GAZ}$  . La boîte est une canette aluminium de 33cl.

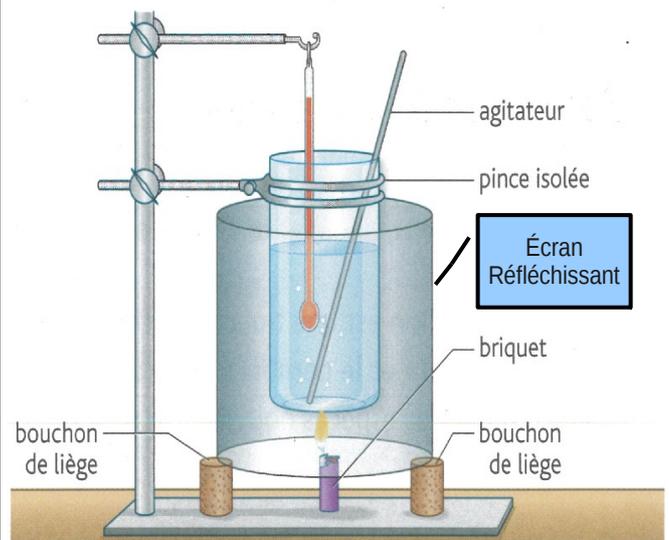
Le gaz contenu dans le briquet est du Butane partiellement liquide.

**COMPLÉTER LE BILAN ÉNERGÉTIQUE CI-DESSOUS .**



- Si  $Q_{perdue}(J) = 0$  , donner la relation entre  $Q_{gaz}$ ,  $Q_{eau}$  et  $Q_{boîte}$  :
- On donne  $C_{Al} = 900 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et  $C_{eau} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$   
Que faut-il mesurer pour calculer  $Q_{eau}$  et  $Q_{boîte}$  ?

- Quel est le rôle des bouchons de liège, écran réfléchissant et pince isolée ?
- Un couvercle serait utile ?
- Pourquoi l'écran n'est pas posé sur le pied de la potence ?



$m_{eau} = 200g$	$m_{boite} =$	$m_{i\_briquet} =$	$m_{f\_briquet} =$
$\theta_i =$	$\theta_F =$	$\Delta \theta =$	$m_{gaz} =$

$Q_{eau}(J) =$

$Q_{boite}(J) =$

$Q_{gaz}(J) \sim$	$P_{briquet}(W) =$
-------------------	--------------------

**Pouvoir calorifique du butane PCI (kJ/g) =**

- Les tables donnent  $PCI_{butane} = 45,6 \text{ MJ/kg}$  : Expliquer la différence avec notre mesure.



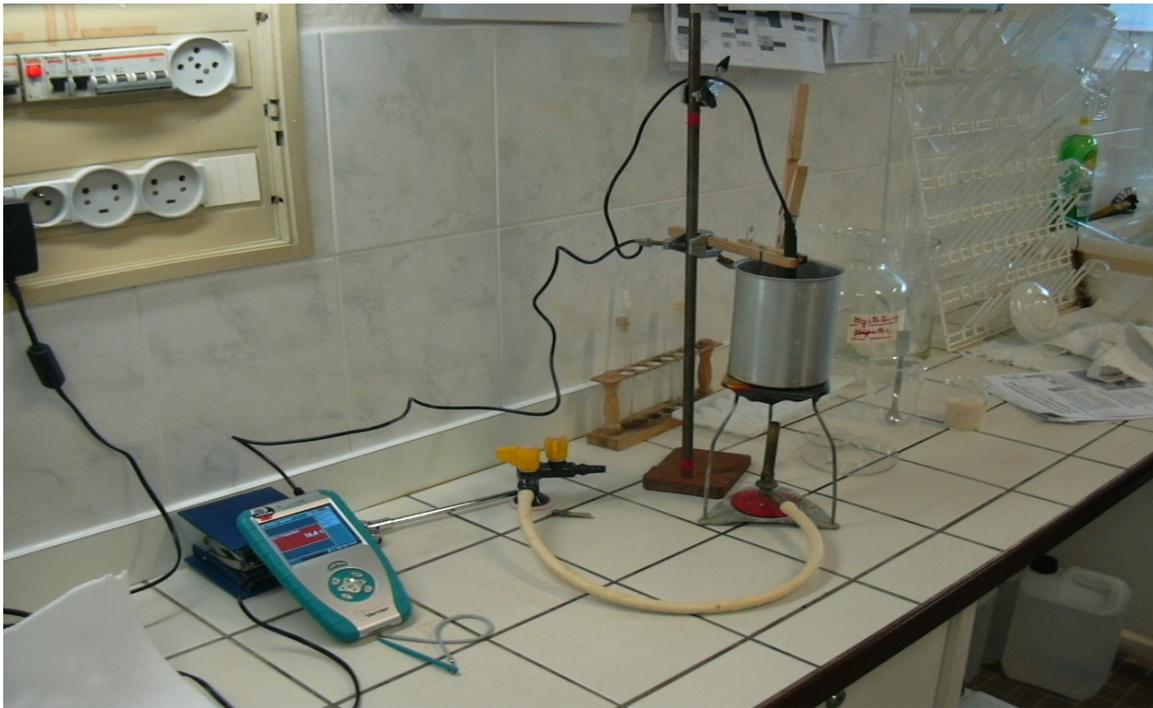
**TP-EXPÉRIMENTATION**

**1. Problématique :**

**QUELLE ÉCONOMIE D'ÉNERGIE, DONC DE COMBUSTIBLE , PEUT ON RÉALISER EN UTILISANT UN COUVERCLE POUR CHAUFFER DE L'EAU ?**

**2. Matériel :**

Brûleur à Gaz propane(Bec Bunzen) , trépied , feuille métallique de protection et colonne support.  
Boite métallique cylindrique, capteur de température et sa console tactile .  
Agitateur et pince en bois. Couvercle de calorimètre.  
**Eprouvette 100ml ou Pichet gradué . Chiffon .**



**3. Questions :**

- 3.1. Identifier les modes de déperdition de la chaleur , sans couvercle, lors du chauffage de l'eau .
- 3.2. Quelles déperditions sont diminuées en mettant couvercle ?
- 3.3. Quelle est la relation entre l'énergie utile **Eu** à fournir à une masse **m** d'eau liquide pour élever sa température de  $\Delta \theta$  ? On note **Ceau** la capacité calorifique massique de l'eau .
- 3.4. Le débit volumique du propane se calcule par  $D_V = V_{GAZ} / \Delta t$  . Comment le mesurer ?
- 3.5. Montrer que le débit massique est  $D_m (kg \cdot s^{-1}) = D_V (m^3 \cdot s^{-1}) \cdot \rho (kg \cdot m^{-3})$

**3.6.** Montrer que le rendement du chauffage s'exprime par

$$\eta_{ChauffAvecCouv} = \frac{Eu}{Ea} = \frac{Q_{EAU}}{Q_{GAZ}} = \frac{m_{EAU} \cdot C_{EAU} \cdot \Delta \theta}{PCI (J \cdot kg^{-1}) \cdot Dm (kg \cdot s^{-1}) \cdot \Delta t}$$

;PCI pouvoir calorifique Inférieur  
(eau de combustion gazeuse) .

3.7. Quelles sont les grandeurs à connaître avant l'expérience ?

3.8. Quelles sont les grandeurs à mesurer ?

**APPELER LE PROFESSEUR POUR VALIDER LES RÉPONSES**



TP-EXPÉRIMENTATION(suite)

RÉALISATION EXPÉRIMENTALE :

● Préparer le protocole de mesure à partir des questions ci-dessous :

1. Quelle masse d'eau chauffer ? Comment la mesurer ?
2. Comment comparer le chauffage avec, puis, sans couvercle ?
3. Comment réaliser un couvercle avec le matériel à disposition ?
4. Comment mesurer la température ?
5. Quelles valeurs choisir pour le paramétrage de l'interface du capteur ?  
Temps entre deux mesures = ; Durée de l'enregistrement =

APPELER LE PROFESSEUR POUR VALIDER LE PROTOCOLE

● Réaliser les expériences et imprimer les courbes de suivi de température de l'eau en cours de chauffe :

**Mise en sécurité du poste de travail:** Couper le robinet de Gaz, l'arrêt d'urgence puis le disjoncteur .

**Remise en état du poste de travail :**

Vider les récipients, ranger le matériel .

Nettoyer et sécher le poste de travail.

● Exploitation des mesures :

1. Relever sur les courbes les durées de chauffage de l'eau avec et sans couvercle , pour le même écart de température  $\Delta \theta$  choisi .

Relever les températures  $\theta_{i-COUVERCLE}$  ,  $\theta_i$  et  $\theta_{F-COUVERCLE}$  ,  $\theta_F$

2. Calculer les rendements du chauffage de l'eau dans les deux cas.

3. Quel pourcentage de combustible a-t-on économisé en mettant le couvercle ?

**Données :**  $D_V = V_{GAZ} / \Delta t = 0,33 \text{ l} / \text{min}$  ;  $PCI_{\text{Propane}} = 45,8 \text{ MJ.kg}^{-1}$



**COURS**

**1. DÉFINITIONS :**

**Combustible:** Matière qui en présence d'oxygène et d'énergie, donne de la chaleur dans une réaction chimique de combustion.

**Ex :** Pétrole, Bois, Plastique, Gaz naturel, Butane, etc .

**Symbole Risque Chimique:**

<http://www.lachimie.net/1.1.pictogrammes/ecu.htm>

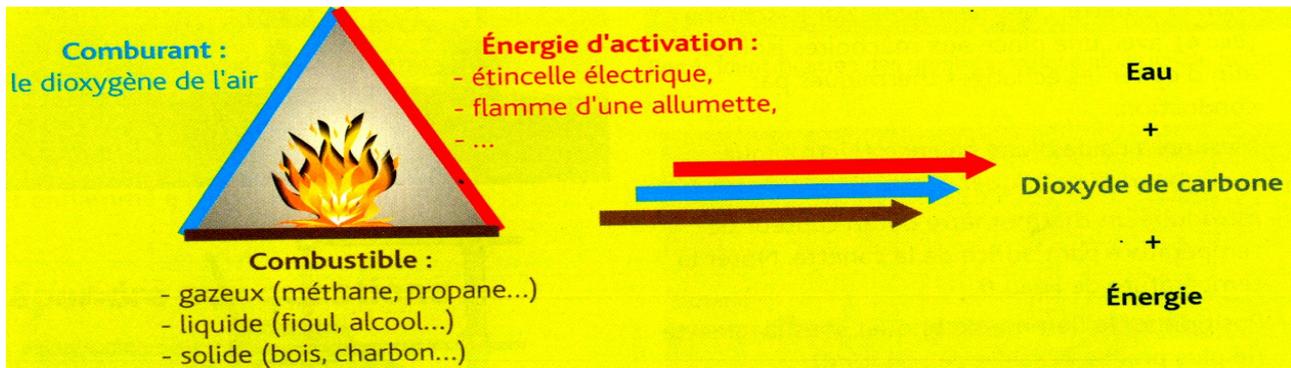


**Comburant:** Matière réagissant avec un combustible (oxydation) pour donner de la chaleur dans la réaction chimique de combustion. **Ex :** O<sub>2</sub> , O<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(Nitrate d'Ammonium), etc .



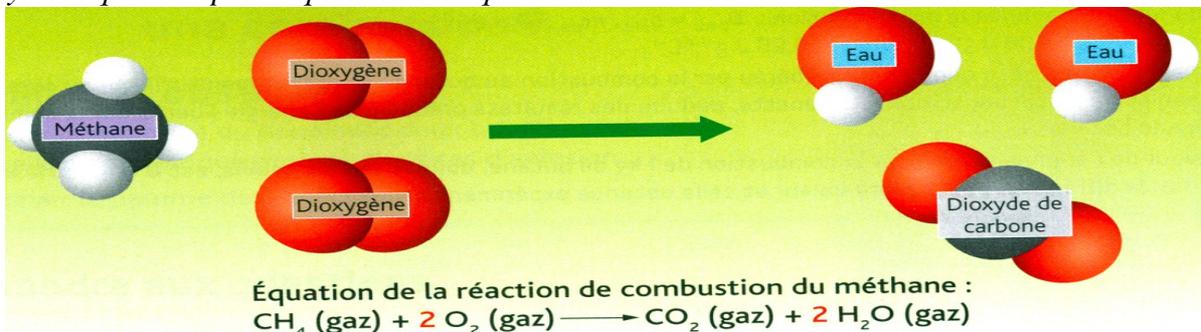
**COMBUSTION :** Réaction d'oxydation d'un combustible par un comburant avec apport d'énergie d'activation, nécessaire à l'amorçage de la réaction.

La combustion s'auto-entretient ensuite grâce à l'énergie qu'elle produit .



- LA COMBUSTION CRÉE DES PRODUITS NOUVEAUX
- LE « TRIANGLE DU FEU » : utilisé dans la PRÉVENTION des risques d'incendie souligne la nécessité d'avoir les 3 éléments: combustible, comburant et chaleur. Pour ÉTEINDRE l'incendie, IL FAUT SUPPRIMER UN DES 3 ÉLÉMENTS .

Une transformation chimique, comme la combustion peut se modéliser par la réaction chimique ci-dessous, décrite symboliquement par l'équation chimique .



**EXERCICE :**

Écrire l'équation chimique de la combustion du butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) dans l'oxygène de l'air :



**BILAN DE MATIÈRE :**

**Tableau d'avancement**

Exemple, la combustion de  $n_0$  moles de butane ( $C_4H_{10}$ ) :

<b>Équation de la réaction</b>		$C_4H_{10} (gaz) + (13/2) O_2 (gaz) \rightarrow 4 CO_2 (gaz) + 5 H_2O (gaz)$			
<b>État initial (mol)</b>	$x = 0$	$n_0$	$n_{i(O_2)}$	0	0
<b>État intermédiaire (mol)</b>	$x$	$n_0 - x$ (1)	$n_{i(O_2)} - (13/2) x$ (2)	$4x$	$5x$
<b>État final (mol)</b>	$x_f = n_0$	0	0	$4x_f$	$5x_f$

En fin de combustion le butane est entièrement consommé, il n'en reste plus, donc :

(1) donne,  $n_0 - x_f = 0$  donc  $x_f = n_0$ ;

(2) permet de trouver la quantité de dioxygène nécessaire à la combustion,

$$n_{i(O_2)} - \left(\frac{13}{2}\right)x_f = 0 \quad \text{donc} \quad n_{i(O_2)} = \left(\frac{13}{2}\right)n_0.$$

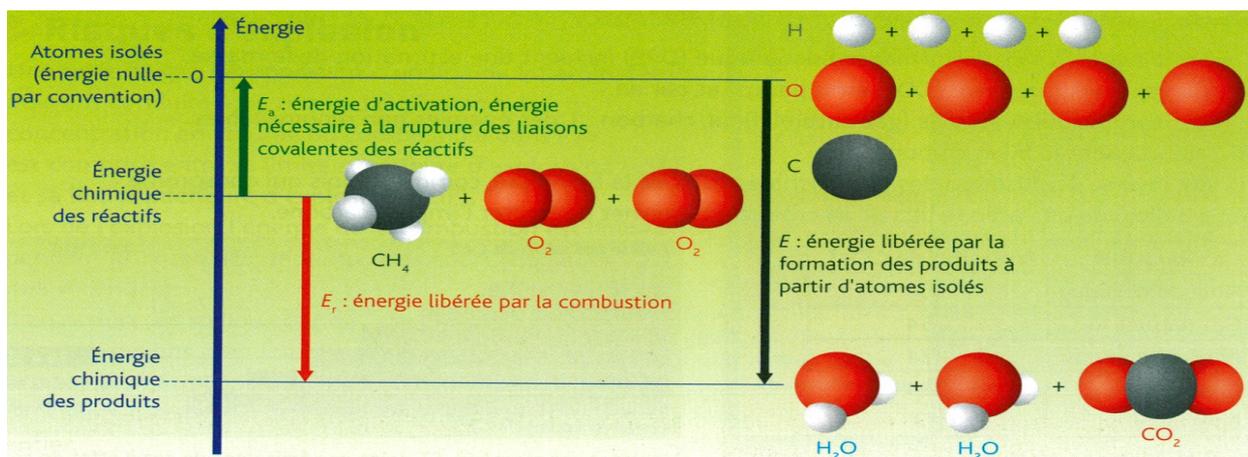
Le tableau d'avancement donne également les quantités de produits formés :

$$n_f(CO_2) = 4n_0 \quad \text{et} \quad n_f(H_2O) = 5n_0.$$

**EXERCICE:** Compléter le tableau d'avancement pour la combustion de  $n_0$  moles de propane  $C_3H_8$   
 $x$  est le nombre de moles de propane consommée à l'instant  $t$

<b>Équation de la réaction</b>				
<b>État initial(mol)</b>				
<b>État intermédiaire (mol)</b>				
<b>État final (mol)</b>				

**BILAN ÉNERGÉTIQUE DE LA COMBUSTION**



Les produits de combustion(Eau+gaz carbonique) sont plus stables que les réactifs(Méthane et dioxygène) . La combustion libère donc de l'énergie  $E_r = E - E_a$

L'énergie d'activation  $E_a$  est l'énergie nécessaire à rompre les liaisons des réactifs ( $CH_4$  et  $O_2$ )





**POUVOIR CALORIFIQUE DES COMBUSTIBLES :**

Le pouvoir calorifique d'un combustible (ou PC) est l'énergie que peut fournir la combustion complète d'un kilogramme de combustible, il s'exprime en  $J.kg^{-1}$ .  
La valeur du pouvoir calorifique d'un combustible dépend de l'état, vapeur ou liquide, dans lequel se trouve l'eau produite par la combustion en fin de transformation.

On distingue ainsi :

- le PCI (pouvoir calorifique inférieur), lorsque l'eau se trouve à l'état gazeux;
- le PCS (pouvoir calorifique supérieur), lorsqu'un dispositif de condensation de l'eau produite sous forme de vapeur, permet de récupérer l'énergie libérée par le changement d'état :



(chaudière à condensation).

Le PC du bois diminue fortement avec son taux d'humidité.

- Pour le gaz de ville le PC est exprimé en  $kWh.m^{-3}$  :  
PCS du gaz naturel distribué en France : entre 9,5 et 12,8  $kWh.m^{-3}$  selon la provenance du gaz.
- Pour le fioul (et les liquides) le PC est souvent exprimé en  $kWh.L^{-1}$  :  
PCI du fioul domestique : 9,76  $kWh.L^{-1}$ .

Combustibles	PCS ( $MJ.kg^{-1}$ )	PCI ( $MJ.kg^{-1}$ )
Méthane	55,5	50,1
Propane	48,9	45,8
Butane	49,0	45,6
Gaz de ville (variable selon la teneur en méthane)	42,5	38,1
Fioul domestique	44,6	41,8
Bois (hêtre sec)	19,8	18,5
Charbon (aggloméré non fumeux)	-----	30,8



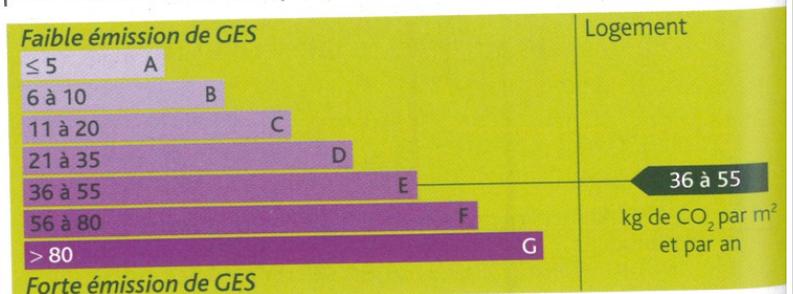
Un compteur de gaz mesure la consommation en  $m^3$ .

**BILAN CARBONE DE L'HABITAT :**

Les diagnostics de performance énergétique (DPE) incluent une estimation de la masse de gaz à effet de serre ( $CO_2$ ) émis par  $m^2$  et par an.  
Les combustibles fossiles (gaz naturel, fioul, charbon...), des énergies non renouvelables, alourdissent le bilan carbone.  
À l'inverse, l'utilisation des combustibles issus de la biomasse, comme le bois qui consomme du dioxyde de carbone lors de sa croissance, permet de limiter l'impact carbone.

Combustible	Émission de $CO_2^*$
Fioul domestique	300
Gaz naturel	234
Propane, butane	274
Charbon	384
Bois	13

\* kg par kWh consommé.



L'habitat est classé (A-G), selon ses émissions de gaz à effet de serre (GES) (kg de  $CO_2$  par  $m^2$  et par an).

**Expliquer par une équation la faible émission de  $CO_2$  du bois :**



## 1. EXERCICES

### Tester ses connaissances

**Q.C.M.** Pour chaque ligne, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

	A	B	C
1. Au cours d'une transformation chimique...	la masse se conserve	la quantité de matière se conserve	le volume se conserve
2. Une combustion produit...	une énergie d'activation	de la chaleur et de la lumière	du dioxygène
3. La combustion complète d'une mole de propane ( $C_3H_8$ ) nécessite...	une mole de dioxygène	trois moles de dioxygène	cinq moles de dioxygène
4. Le bois est un combustible qui permet de diminuer le bilan carbone d'une habitation car...	sa combustion libère peu de dioxyde de carbone	la croissance du bois consomme du dioxyde de carbone	son PCI est élevé
5. Le monoxyde de carbone est dangereux car...	il risque d'exploser	il se fixe sur l'hémoglobine du sang	il provoque l'arrêt de la combustion
6. L'inflammabilité d'un combustible liquide dépend...	de son pouvoir calorifique	de son point éclair	de sa température de solidification

## Apprendre à résoudre

### Combustion du méthane et production de dioxyde de carbone

Niveau ● **COMPRENDRE**

La consommation du gaz naturel (méthane) à usage domestique a doublé en France depuis 1980. C'est la première source d'énergie utilisée dans l'habitat pour le chauffage.

Le PCI du méthane est égal à  $50,1 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

- Quelle est la valeur du PCI du méthane exprimé en  $\text{kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$  ?
- Déterminer la masse de méthane  $m_{\text{CH}_4}$ , en gramme, nécessaire à la production d'un kWh d'énergie PCI.
- Calculer la quantité de matière,  $n_{\text{O}_2}$ , correspondant à la masse  $m_{\text{O}_2}$  de méthane.
- Établir l'équation de la combustion complète du méthane.
- Déterminer à partir de l'équation de la combustion la quantité de matière de dioxyde de carbone qui se forme lors de la combustion de  $n_{\text{O}_2}$  moles de méthane.
- Quelle est la masse de dioxyde de carbone formé lors de la production d'un kWh d'énergie PCI à partir du méthane ?

**Données :** –  $1 \text{ kWh} = 3,60 \text{ MJ}$  ;  
– masses molaires :  $M(\text{C}) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  
 $M(\text{O}) = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

### Combustion du fioul et production de dioxyde de carbone

Niveau ● **APPLIQUER**

La consommation de fioul domestique, pour le chauffage de l'habitat, a été divisée par deux depuis 1980 en grande partie à cause de l'augmentation du coût des produits pétroliers.

La consommation de fioul pour le chauffage occupe la deuxième place (29 %), après le gaz (33 %) et avant l'électricité (25 %). (Source INSEE)

Le fioul domestique, constitué d'alcane comprenant de 10 à 20 atomes de carbone, a un PCI égal à  $41,8 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Quelle est en g, la masse de  $\text{CO}_2$  produit par la combustion d'une masse de fioul nécessaire pour obtenir une énergie de 1 kWh ? (On fera l'hypothèse que le fioul n'est constitué que d'un seul alcane,  $C_{13}H_{28}$ ).

**Données :**  $1 \text{ kWh} = 3,60 \text{ MJ}$  ; masses molaires en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :  
 $M(\text{C}) = 12$  ;  $M(\text{O}) = 16$  ;  $M(\text{H}) = 1,0$ .

## Tester ses compétences

**C1 >** Écrire l'équation chimique de la combustion d'un hydrocarbure ou d'un biocarburant

### 1. Le pétrole lampant

Au début du développement de l'industrie de l'or noir, vers le milieu du  $\text{xx}^{\text{e}}$  siècle, le pétrole lampant, un distillat du pétrole, a été le produit pétrolier le plus vendu comme combustible pour assurer l'éclairage des lieux publics et des habitations. Il est essentiellement constitué d'hydrocarbures à chaînes linéaires, comprenant entre dix et quatorze atomes de carbone. Très résistant au froid, il gèle à  $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ , c'est aujourd'hui le carburant des avions. Il a changé de nom, c'est le kérosène.



## 2. EXERCICES

- Compléter l'équation de la combustion complète de l'hydrocarbure du pétrole lampant comportant 11 atomes de carbone, le undécane  $C_{11}H_{24}$   
 $C_{11}H_{24} + \dots O_2 \rightarrow \dots CO_2 + \dots H_2O$ .
- Établir l'équation de la combustion complète de l'hydrocarbure le plus dense du pétrole lampant, le tétradécane  $C_{14}H_{30}$ .

### 2. Le diester

Le diester, contraction de diesel et ester, est un biocarburant issu des huiles de colza et de tournesol. Les plus gros producteurs de ce carburant vert sont les États-Unis, le Brésil, puis l'Allemagne et ensuite la France.

Son principal intérêt est d'être renouvelable et de remplacer les combustibles fossiles. Il est mélangé aux carburants diesels et aux fiouls domestiques, dans des proportions allant de 5 à 20 %.

Le linoléate de méthyle, ci-dessus, est un des esters obtenu à partir de l'huile de colza, sa formule moléculaire est  $C_{18}H_{32}O_2$ . Établir l'équation de la combustion complète du linoléate de méthyle.



#### C2 > Établir un bilan de matière

### 3. Les briquets à gaz vendus dans le monde

Le briquet à gaz est une invention française (1948), de Jean Inglessi, qui inventa aussi la bouteille à gaz à usage domestique (1934). Aujourd'hui près de 7 milliards de briquets jetables sont vendus dans le monde.

Un briquet neuf contient une masse de butane ( $C_4H_{10}$ ), voisine de 6 g.

- Écrire l'équation bilan de la combustion complète du butane.
- Calculer la quantité de matière de butane brûlée par briquet.
- Établir un tableau d'avancement de la réaction de combustion complète de la quantité de butane contenue dans un briquet. En déduire les quantités de matière de dioxygène consommées et de dioxyde de carbone produites par briquet.
- Quelle masse de dioxyde de carbone est produite chaque année dans le monde par la combustion complète du butane contenu dans les 7 milliards de briquets vendus et quel volume d'air est nécessaire pour la combustion de cette quantité de butane ?



**Données :** Masses molaires :  $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  
 $M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  
Pour le calcul des volumes de gaz, le volume molaire des gaz sera pris à  $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$   
et  $p = 1,013 \text{ bar}$ , soit  $V_M = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$  ;  
Pourcentage volumique du dioxygène dans l'air : 20 %.

#### C3 > Savoir utiliser le pouvoir calorifique d'un combustible pour déterminer l'énergie thermique qu'il peut libérer

### 4. Quelle quantité de combustible pour chauffer de l'eau ?

Pour porter à ébullition un litre d'eau, de température initiale  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , il faut lui apporter une énergie utile  $E_u = 100 \text{ kcal}$  ( $1 \text{ cal} = 4,19 \text{ J}$ ).

Lors d'une randonnée, on peut utiliser pour cette opération deux systèmes de chauffage : un réchaud à alcool et un réchaud à gaz butane. Les PCI moyens de ces combustibles sont pour le butane,  $49,5 \text{ MJ.kg}^{-1}$  et pour l'alcool  $21,3 \text{ MJ.L}^{-1}$ . La masse volumique de l'alcool est :  $\rho_{\text{alcoo}} = 0,80 \text{ kg.L}^{-1}$ .

Les indications données sur ces brûleurs sont :

- Réchaud à gaz : Temps d'ébullition (entre  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) : 3,0 min pour 1 L d'eau ; puissance : 2,8 kW.
- Réchaud à alcool : Temps d'ébullition (entre  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) : 7,0 min pour 1 L d'eau ; puissance : 2,0 kW.

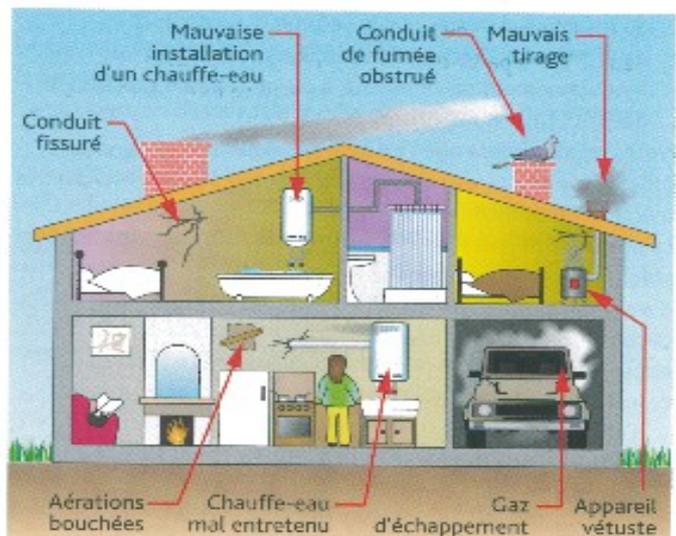
- Déterminer, à partir des indications données par les fabricants, la masse en gramme de chacun de ces combustibles pour porter 1 L d'eau à ébullition.
- Quel est, pour chaque réchaud, le rendement de cette opération de chauffage d'un litre d'eau ? Lequel est le plus économe en énergie ?

#### C4 > Connaître les risques liés aux combustions, les moyens de prévention et de protection

### 5. Explosion de gaz

Une fuite de gaz dans un appartement peut conduire à une explosion si deux conditions supplémentaires sont réalisées. Lesquelles ? Quels sont les gestes à faire, ou à éviter, lorsqu'on sent une forte odeur de gaz chez soi ?

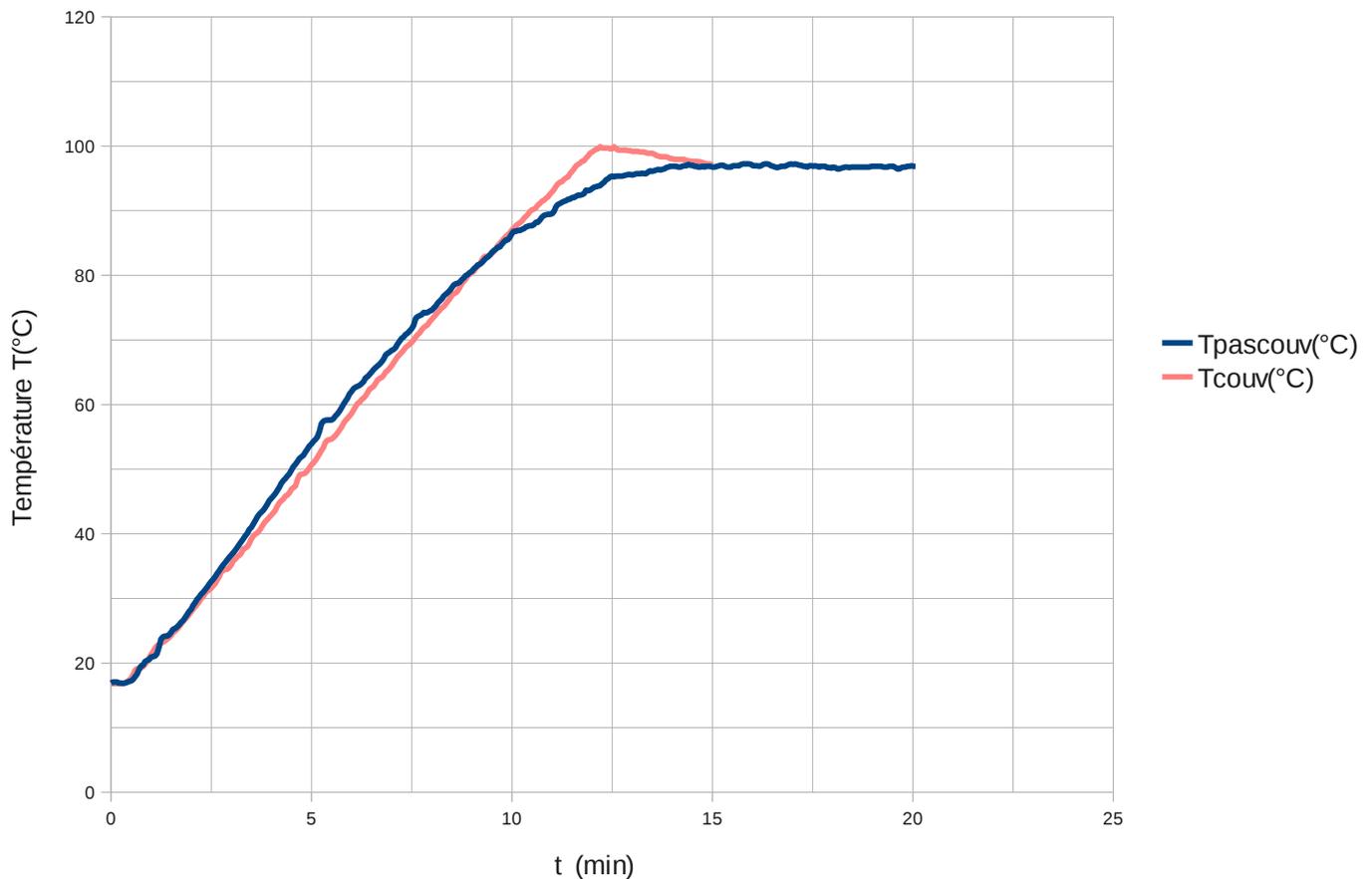
### 6. Le monoxyde de carbone





**TP-EXPÉRIMENTATION – ÉLÉMENTS DE CORRECTION OBSERVATIONS**

CHAUFFAGE DE 300ml D'EAU DANS LA BOITE MÉTALLIQUE CENTRALE  
SEULE (DONC NON ISOLÉE) AVEC OU SANS COUVERCLE .  
CHAUFFAGE PAR UN BEC BUNZEN AU PROPANE  
Relevé automatique de la température de l'eau avec le capteur à CTN 20 kOhms  
et la console LabQuest



RÉCUPÉRATION DES DONNÉES AU FORMAT TEXTE avec le logiciel Logger Pro,  
Ou la console LabQuest:Exporter->Texte et copier/Coller les données dans le tableur.

Avec couvercle : Arrêt du chauffage à 100°C

Sans couvercle : Arrêt du chauffage au bout de 20 minutes à T= 96,8°C stable.

Le capteur de température à CTN 20kOhms à un temps de réponse de 10s.

On remarque que sans couvercle, le chauffage diverge franchement vers 87°C  
du chauffage quasi-linéaire avec couvercle .

C'est à peu près à ce moment que l'agitateur se met à trembler sous l'effet des bulles  
de vapeur qui se forme dessous et le soulèvent.

On peut penser que la vaporisation de l'eau démarre à ce moment là .

A contrario, avec couvercle, on observe la condensation de la vapeur sous le couvercle  
Et donc la chaleur de vaporisation est récupérée en partie, par condensation sur le couvercle .

On peut remarquer, sans couvercle la stabilisation de la température à 96,8 °C .

A la pression de 1014 hpa, la température de stabilisation aurait dû être de 100,35°C .

Cela peut s'expliquer par le fait que l'eau du robinet n'est pas pure, contient des poussières qui  
amorce la vaporisation....



**TP-EXPÉRIMENTATION – ÉLÉMENTS DE CORRECTION . EXPLOITATION**  
**QUELLE ÉCONOMIE D'ÉNERGIE, DONC DE COMBUSTIBLE , PEUT ON RÉALISER EN**  
**UTILISANT UN COUVERCLE POUR CHAUFFER DE L'EAU ?**

**On compare l'énergie reçue  $Q_{GAZ}$  pour le chauffage de l'eau, avec et sans couvercle,**  
**POUR LA MÊME CHALEUR REÇUE PAR L'EAU :  $Q_{EAU}$**

- **Energie Calorifique reçue par l'eau pour l'échauffer de  $\Theta_i=17^\circ C$  à  $\Theta_f=96^\circ C$  :**

$$Q_{EAU} = m_{EAU} (kg) \cdot C_{EAU} (J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}) \cdot \Delta \Theta ; Q_{EAU} = 0,3 \cdot 4180 \cdot (96-17) = 99,1 \text{ kJ}$$

- **Energie Calorifique fournie par le Bec Bunzen pour le chauffage :**

$$Q_{GAZ} = m_{GAZ} (kg) \cdot PCI (J/kg) = D (kg/min) \cdot \Delta t (min) \cdot PCI$$

- **AVEC COUVERCLE :** La durée pour que l'eau atteigne  $96^\circ C$  est 11,5 min.

Le débit de gaz  $D_m (g/min)$  mesuré est 0,65 et  $PCI(\text{propane}) = 45,8 \text{ MJ/kg}$ ,  $\Delta t (min) = 11,5$

$$Q_{GAZ\_avecCouv} = 0,65 \cdot 10^{-3} \cdot 45,8 \cdot 10^3 \cdot 11,5 = 342 \text{ kJ}$$

- **SANS COUVERCLE :** La durée pour que l'eau atteigne  $96^\circ C$  est 13,4 min.

$$Q_{GAZ\_sansCouv} = 0,65 \cdot 10^{-3} \cdot 45,8 \cdot 10^3 \cdot 13,4 = 399 \text{ kJ}$$

- **CONCLUSION :**

$$\eta_{\text{ChauffAvecCouv}} = \frac{Eu}{Ea} = \frac{Q_{EAU}}{Q_{GAZ}} = 99,1/342 = 0,29 ; \quad \eta_{\text{ChauffSansCouv}} = \frac{Q_{EAU}}{Q_{GAZ}} = 99,1/399 = 0,25 \quad \text{Gain 4\%}$$

- **$Q_{GAZ\_avecCouv} / Q_{GAZ\_sansCouv} = 0,86$  (Gain de 14% de combustible)**

**MESURE DU DÉBIT DE GAZ DU BEC BUNZEN**

- **Identifier les éléments du montage et expliquer la méthode :**

*Tuyau de Gaz, Gicleur du Bec dans l'eau, éprouvette de 100ml, bulles de gaz, niveau de gaz en haut.*

- **On relève la durée 18,06 s pour remplir l'éprouvette de 100ml de gaz propane .**

**CALCULER LE DÉBIT :  $D (ml/s) = 5,54$**

$$D (l/min) = 0,33$$

- **CALCULER  $D(g/min)$  .**

**On sait qu'une mole de gaz occupe le volume  $V_{mol} = 22,4 \text{ l}$**

**(Conditions normales  $P=1\text{atm}$ ,  $0^\circ C$ )**

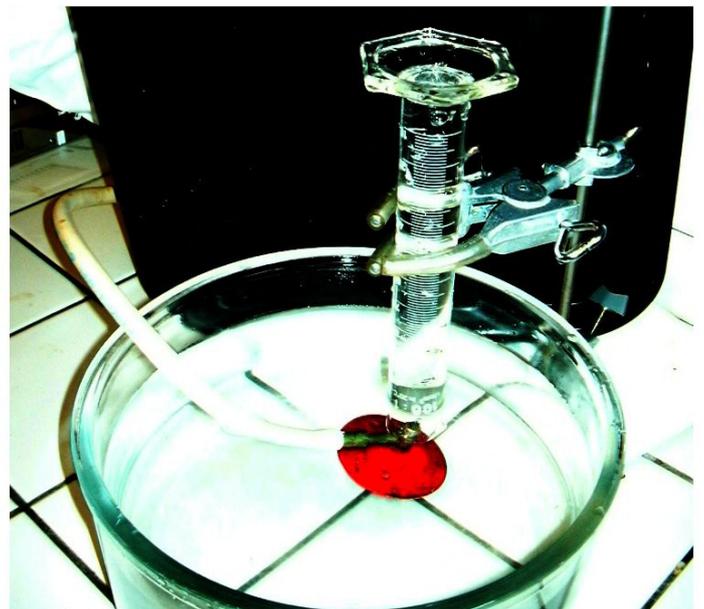
**La molécule de propane est  $C_3H_8$  :**

$$M_{mol} = 3 \cdot 12 + 8 \cdot 1 = 44g$$

$$D(g/min) = D(l/min) \cdot M_{mol} / V_{mol} = 0,65g/min$$

*La masse volumique*

$$\rho (kg/m^3) = M_{mol} (kg) / V_{mol} (m^3) \approx 2$$



**La masse Volumique du propane Gaz est :**  
 **$2,0098 \text{ kg} \cdot m^{-3}$  ( $0^\circ C$  ,  $1015 \text{ mbar}$ , gaz)**

$$D(g/min) = D(l/min) \cdot \rho (g/l) = 0,33 \cdot 2 = 0,66$$

$$P_{BUNZENpropane} = \frac{Q_{GAZavecCouv}}{\Delta t} = 529W$$





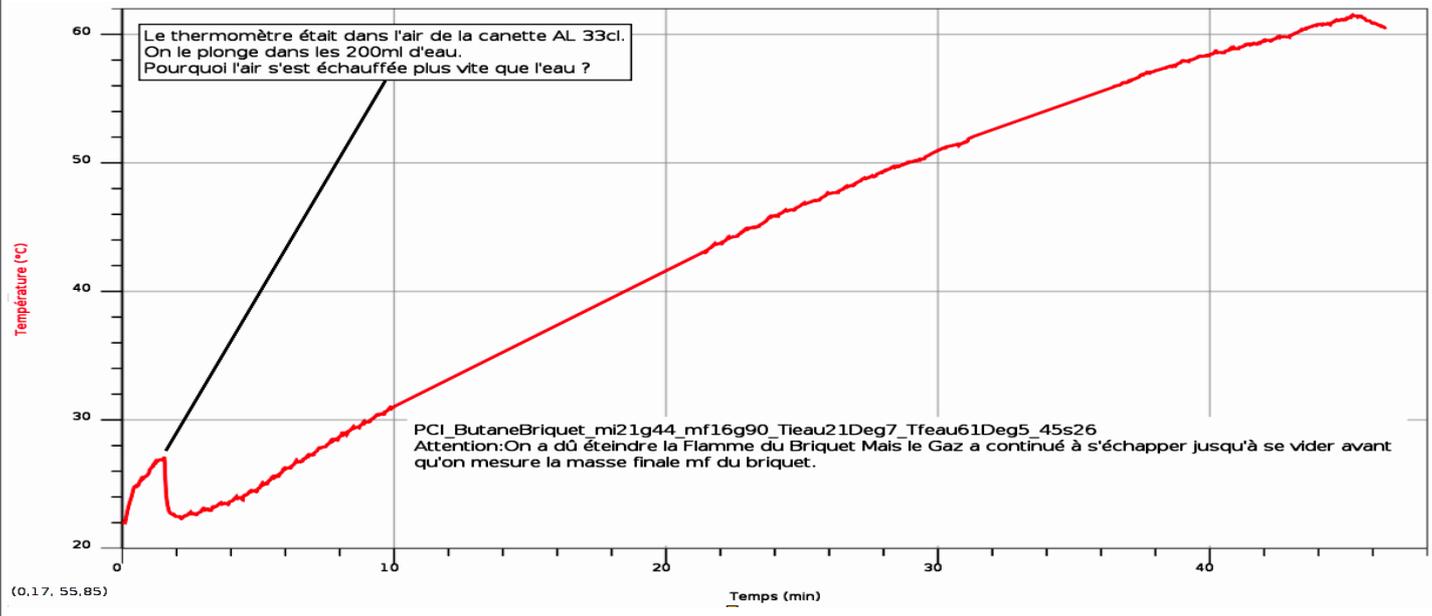
## THÈME HABITAT 1STIDD QUELLE QUANTITÉ D'ÉNERGIE PEUT FOURNIR UN COMBUSTIBLE ?



### AC3 POUVOIR CALORIFIQUE BUTANE \_ÉLÉMENTS DE CORRECTION

**DÉBIT DU BRIQUET BIC MODÈLE J26 (1013hpa ; 17°C) , Mmol(C4H10)=58g,  $\rho(g/l) = 2,59$  :  
Mesure avec le briquet barbotant dans l'eau : 44s pour remplir de gaz les 20ml d'une éprouvette .  
D(ml/s) = 0,45 soit 27ml/min ; D(g/min)= 0,45 /10<sup>3</sup> . 60. 2,59 ~ 0,07 ; Soit 1h10 pour vider les 5g de Gaz.  
PCI\_butane(KJ/g)=45,6 .**

$$P_{\text{briquet}}(W) = Q_{\text{gaz}} / \Delta t = m_{\text{GAZ}} \cdot PCI / \Delta t = D(l/s) \cdot \rho(g/l) \cdot PCI(J/g) = 53 W$$



**Essais N°1 (Flamme jaune du briquet et dépôt noir de C =>combustion incomplète)  
Flamme du briquet éteinte à tf, mais la vanne de gaz est restée ouverte jusqu'à presque le vider  
=> m\_f\_Briquet FAUSSE !!**

Données	Valeurs	Mesures	Valeurs	Calculs	Valeurs	PCI_Expe(MJ/kg)	7,4
C <sub>AL</sub> = (J . kg <sup>-1</sup> . K <sup>-1</sup> )	900	$\theta_i$ (°C)	21,7	$\Delta\theta$ (°C ou K)=	39,8	$\frac{(PCI_{theo} - PCI_{expe})}{PCI_{theo}}(\%)$	83,7
C <sub>eau</sub> = (J . kg <sup>-1</sup> . K <sup>-1</sup> )	4180	$\theta_F$ (°C)	61,5	m <sub>gaz</sub> (g) =	4,54		
PCI_Butane_Theorique (MJ/kg)=	45,6	m <sub>boite</sub> =	14,9	$\Delta t$ (s)=	2580		
m <sub>eau</sub> (g)=	200	m <sub>i_briquet</sub> =	21,44	Q <sub>eau</sub> (J) =	33272,8		
D <sub>gaz</sub> mesuré (g/min)=	0,07	m <sub>f_briquet</sub> =	16,90	Q <sub>boite</sub> (J) =	533,7		
P <sub>briquet</sub> (W) = D <sub>gaz</sub> *PCI <sub>THEORiq</sub> * $\Delta t$	53	ti(min)=	2,0	Q <sub>gaz</sub> (J)=Q <sub>eau</sub> +Q <sub>boite</sub> Pertes négligées	33806,52		
		tf(min)=	45,0	P <sub>Briquet_Exp</sub> (W)	13,1		

**Photo IR thermique du système en cours de chauffe.**

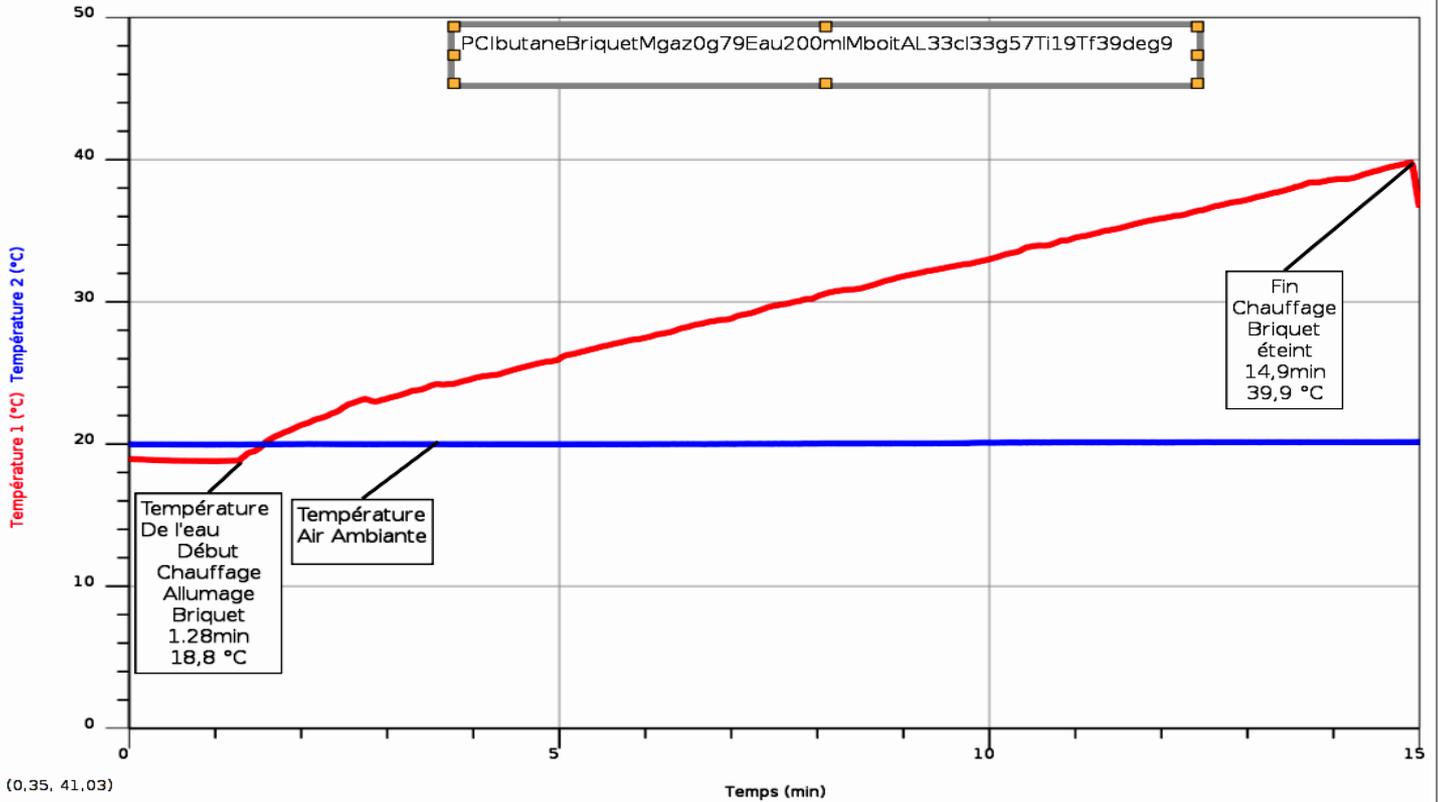




# THÈME HABITAT 1STIDD QUELLE QUANTITÉ D'ÉNERGIE PEUT FOURNIR UN COMBUSTIBLE ?



## Essai de mesure du PCI du butane d'un briquet. 1STIDD\_Gr1. Lu 3 mars 2014.

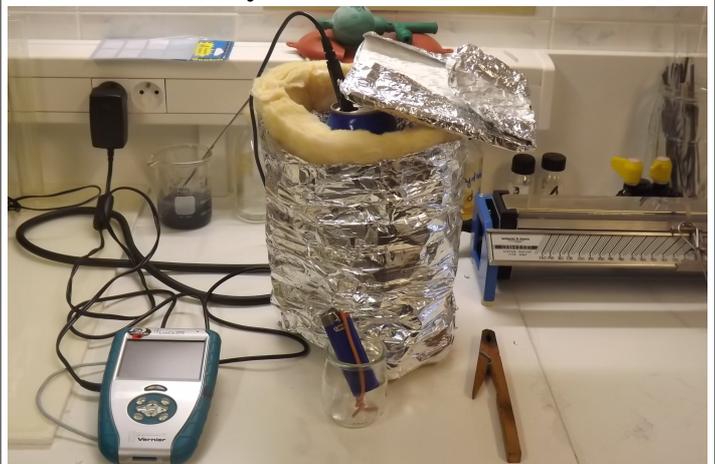


Essais N°2 (Flamme jaune du briquet et dépôt noir de C => combustion incomplète)  
1STIDD GR1 LUNDI 3 MARS 2014

Données	Valeurs	Mesures	Valeurs	Calculs	Valeurs	PCI_Expe(MJ/kg)	22,5
$C_{AL} = (J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$	900	$\theta_i$ (°C)	19,0	$\Delta\theta(°C \text{ ou } K) =$	20,9	$\frac{(PCI_{theo} - PCI_{Exp})}{PCI_{theo}} (\%)$	50,7
$C_{eau} = (J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$	4180	$\theta_F$ (°C)	39,9	$m_{gaz} (g) =$	0,79		
$PCI_{Butane\_Theorique} (MJ/kg) =$	45,6	$m_{boite} =$	14,9	$\Delta t (s) =$	842,4		
$m_{eau} (g) =$	200	$m_{i\_briquet} =$	20,96	$Q_{eau} (J) =$	17472,4		
$D_{gaz} \text{ mesuré } (g/min) =$	0,07	$m_{f\_briquet} =$	20,17	$Q_{boite} (J) =$	280,3		
$P_{briquet} (W) =$	53	$t_i (min) =$	27,2	$Q_{gaz} (J) = Q_{eau} + Q_{boite}$ Pertes négligées	17752,67		
$D_{gaz} * PCI_{THEORiq} * \Delta t$		$t_f (min) =$	41,2	$P_{Briquet\_Exp} (W)$	21,1		

**Photo IR thermique du système en cours de chauffe dispo .Mem SD Cam.**

**Photo du système en cours de chauffe.**





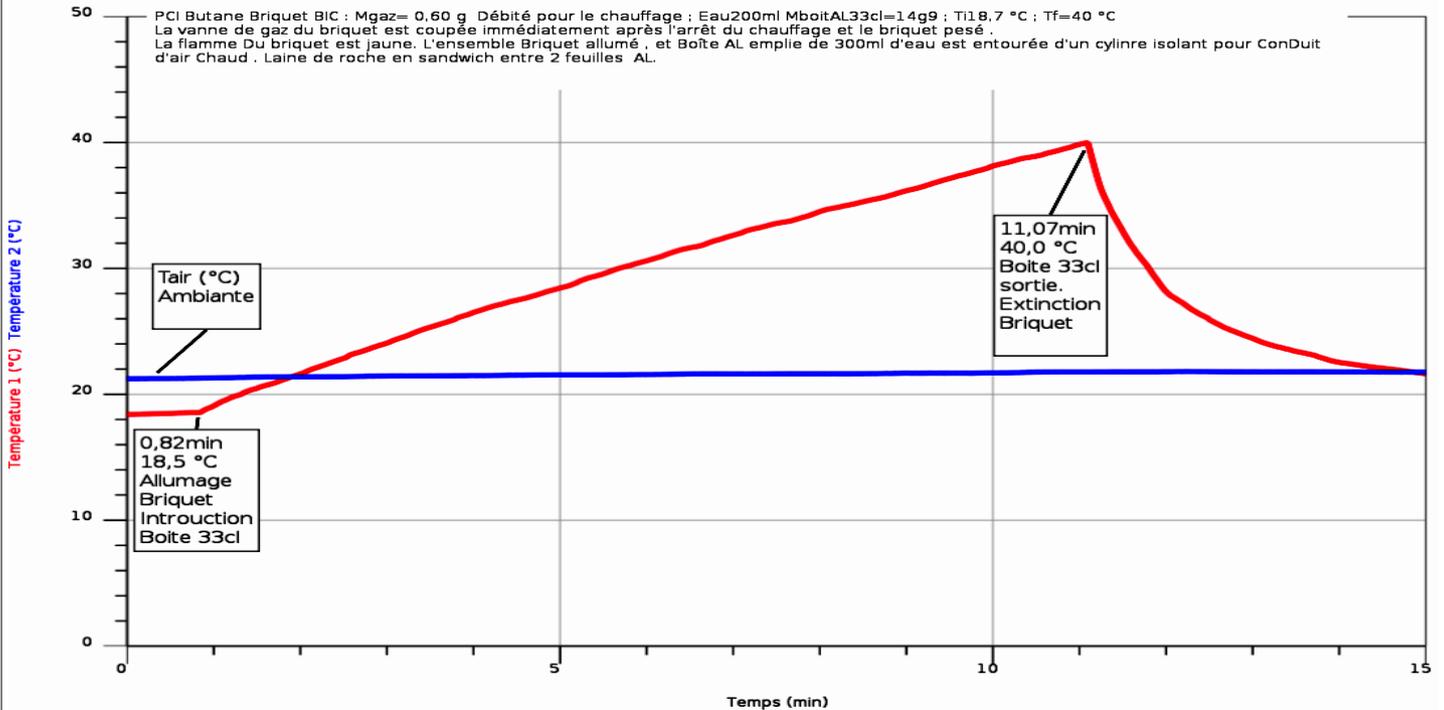
**Essai de mesure du PCI du butane d'un briquet. 1STIDD\_Gr2. Me 5 mars 2014.**

*Rq : La flamme du briquet est jaune et laisse des traces de noir de carbone sur le verre de l'entonnoir de l'expérience AC1. La combustion du butane est incomplète.*

PCI Butane Briquet BIC : Mgaz= 0,60 g Débité pour le chauffage ; Eau200ml MboitAL33cl=14g9 ;  
Ti18,7 °C ; Tf=40 °C

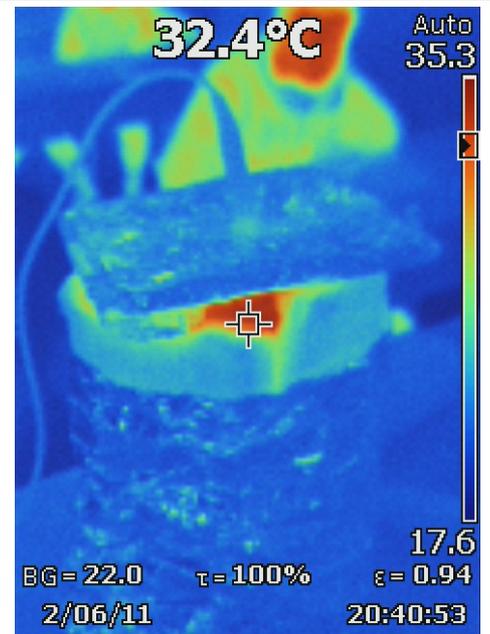
L'ensemble Briquet allumé , et Boîte AL emplie de 300ml d'eau est entourée d'un cylindre isolant pour ConDuit d'air Chaud . Laine de roche en sandwich entre 2 feuilles AL.

Vanne de gaz du briquet coupée immédiatement après l'arrêt du chauffage et le briquet pesé.  $m_{F\_BUTANE}$



**On note la réflexion IR de la flamme du briquet sur l'enveloppe interne Al de l'isolant.**

**Le reflet de la flamme est très peu marquée en visible .**

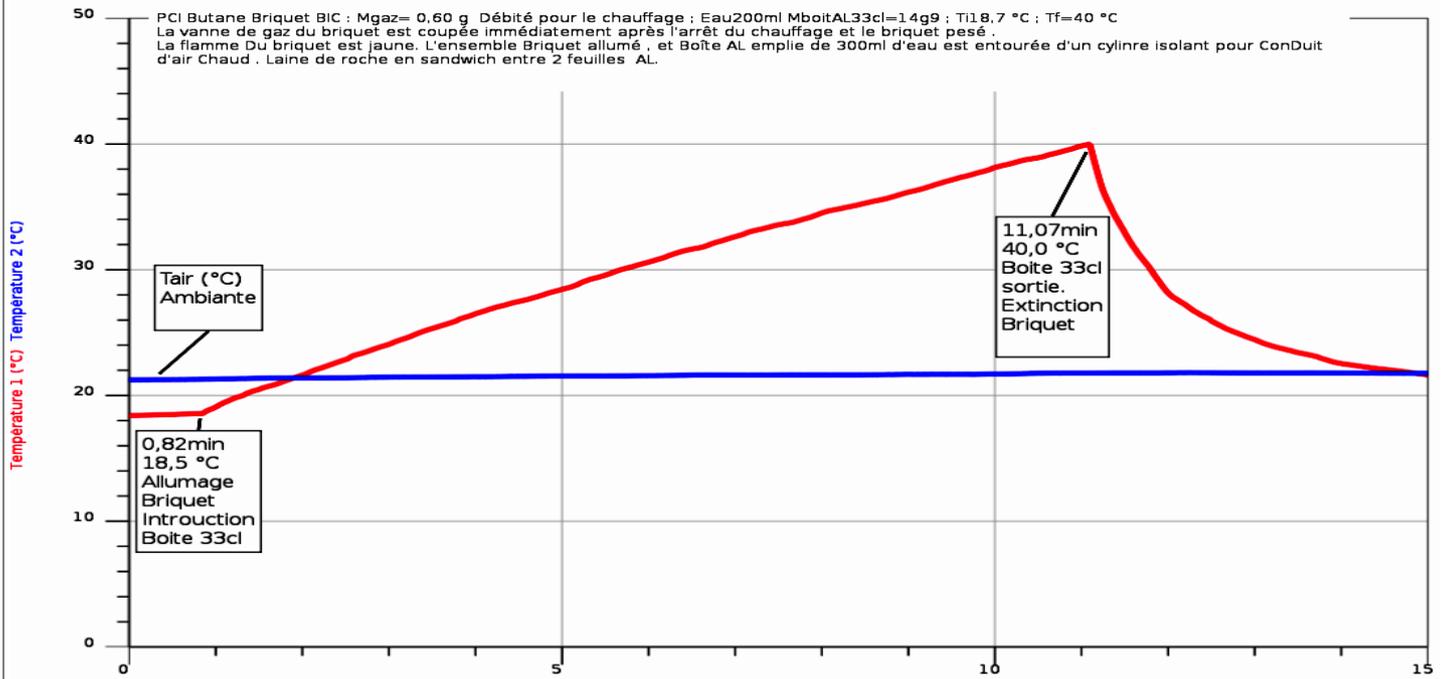




# THÈME HABITAT 1STIDD QUELLE QUANTITÉ D'ÉNERGIE PEUT FOURNIR UN COMBUSTIBLE ?

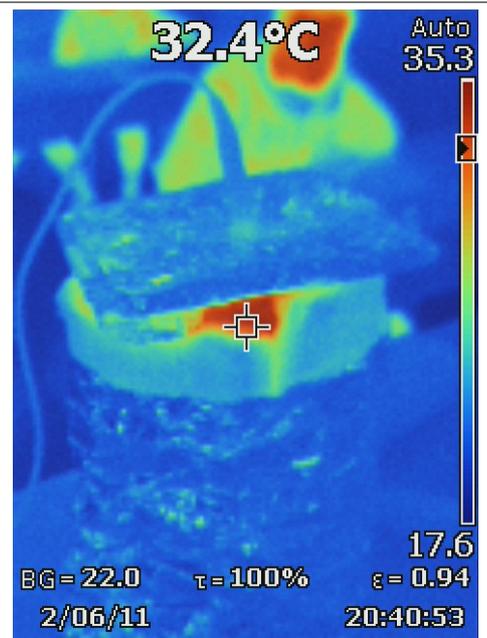


## Essai de mesure du PCI du butane d'un briquet. 1STIDD\_Gr2. Me 5 mars 2014.



Essais N°3 Mercredi 5 mars 2014 1STIDD Gr2(Flamme jaune du briquet et dépôt noir de C =>combustion incomplète)

Données	Valeurs	Mesures	Valeurs	Calculs	Valeurs	PCI_Expe(MJ/kg)	30,2
$C_{AL} = (J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$	900	$\theta_i$ (°C)	18,7	$\Delta\theta$ (°C ou K)=	21,3	$\frac{(PCI_{theo} - PCI_{exp})}{PCI_{theo}}$ (%)	33,9
$C_{eau} = (J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$	4180	$\theta_F$ (°C)	40	$m_{gaz}$ (g) =	0,60		
PCI_Butane_Theorique (MJ/kg)=	45,6	$m_{boite}$ =	14,9	$\Delta t$ (s)=	615		
$m_{eau}$ (g)=	200	$m_{i\_briquet}$ =	20,17	$Q_{eau}$ (J) =	17806,8		
Dgaz mesuré (g/min)=	0,07	$m_{f\_briquet}$ =	19,57	$Q_{boite}$ (J) =	285,6		
$P_{briquet}(W) = D_{gaz} * PCI_{THEORiq} * \Delta t$	53	$t_i$ (min)=	0,82	$Q_{gaz}(J) = Q_{eau} + Q_{boite}$ Pertes négligées	18092,43		
		$t_f$ (min)=	11,07	$P_{Briquet\_Exp}$ (W)	29,4		





**Chauffage de 200ml d'eau dans une canette de soda en Al, par un Briquet BIC au butane.  
Le briquet a û être rallumé 2 fois . La vanne de Gaz du briquet s'étant refermée.**

Chauffage avec un Briquet (Butane) de 200ml d'eau dans une canette 33cl  
isolée par boîte de conserve plus écran Aluminium.

