



BLAISE PASCAL  
PT 2022-2023





DM 5 – à rendre lundi 17 octobre

# Transitoires thermiques

Travailler avec vos cours et TD ouverts est **chaudemment recommandé** : un DM est un entraînement, pas une évaluation. En cas de besoin, **n'hésitez pas à me poser des questions**, à la fin d'un cours ou sur le serveur de la classe.



Flasher ce code pour accéder au corrigé

Ceinture		Travail à réaliser
	Ceinture blanche	Admettre le résultat de la question 8
	Ceinture jaune	Admettre le résultat de la question 8
	Ceinture rouge	En entier
	Ceinture noire	En entier

## Vider une casserole par ébullition

On considère une casserole cylindrique de section  $S = 3,00 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  contenant initialement un litre d'eau, chauffée par un réchaud au butane. Le but de l'exercice est d'estimer la durée nécessaire pour vider totalement la casserole par ébullition. On note  $\ell(t)$  la hauteur d'eau dans la casserole.

Le chauffage est fourni par la combustion du butane dans l'air, dont on suppose la température  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  et la pression  $P_0 = 1 \text{ bar}$  constantes. La moitié de la chaleur libérée par la combustion permet de chauffer la casserole, l'autre moitié est perdue dans l'air environnant.

Données :

- ▷ Enthalpie massique de vaporisation de l'eau :  $\Delta_{\text{vap}}h = 2,27 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  ;
- ▷ Capacité thermique massique de l'eau liquide  $c = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  ;
- ▷ Enthalpies standard de formation :

$$\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) = -394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -241 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \Delta_f H^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10}) = -125 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- ▷ Masses molaires du carbone  $M_C = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  et de l'hydrogène  $M_H = 1,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;
- ▷ Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,00 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

1 - Écrire l'équation bilan de la réaction de combustion d'une mole<sup>1</sup> de butane  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Calculer l'enthalpie standard de la réaction.

2 - Déterminer le transfert thermique libéré par la combustion isotherme de  $n$  mol de butane.

3 - La bouteille de butane délivre un débit massique  $D_m = 130 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$ , c'est-à-dire que 130 mg de butane sont brûlés chaque seconde. En déduire la puissance de chauffe  $\mathcal{P}_0$  reçue par la casserole.

La casserole étant en contact avec l'air, elle échange également une puissance thermique proportionnelle à la différence de température entre l'eau de la casserole et l'air,

$$\mathcal{P}_a = \alpha(T - T_0) \quad \text{avec} \quad \alpha = 6 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}.$$

4 - En raisonnant qualitativement, indiquer si  $\mathcal{P}_a$  est la puissance reçue ou cédée par la casserole.

La température de l'eau contenue dans la casserole commence par augmenter avant qu'elle ne se mette à bouillir.

5 - Établir l'équation différentielle vérifiée par la température  $T$  de l'eau dans la première phase.

1. Cette expression classique mais très trompeuse signifie qu'il faut mettre un nombre stœchiométrique de 1 pour le butane ... mais attention, elle ne signifie rien sur les quantités de matière.

**6** - Montrer que l'eau ne pourra bouillir que si  $\mathcal{P}_0$  est supérieure à une valeur seuil à déterminer. Vérifier numériquement que cette condition est bien satisfaite.

**7** - Déterminer la durée  $\Delta t_1$  de la première phase.

À la fin de cette première phase, l'eau entre en ébullition : sa température ne varie plus, en revanche le volume d'eau liquide contenu dans la casserole diminue au cours du temps.

**8** - À partir d'un bilan enthalpique infinitésimal appliqué à un système à définir soigneusement, montrer (sans arnaquer sur les signes ...) que la hauteur d'eau  $\ell$  dans la casserole vérifie

$$\frac{d\ell}{dt} = -\frac{1}{\rho S \Delta_{\text{vap}} h} [\mathcal{P}_0 - \alpha(T_{\text{vap}} - T_a)] .$$

**9** - En déduire la durée totale  $\Delta t$  pendant laquelle il faut chauffer la casserole jusqu'à ce qu'elle soit entièrement vide. Commenter le résultat.