



BLAISE PASCAL
PT 2024-2025

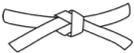
DM 3 – à rendre mercredi 25 septembre

Transitoire thermique

Travailler avec vos cours et TD ouverts est **chaudement recommandé** : un DM est un entraînement, pas une évaluation. Réfléchir ensemble est une bonne idée, mais le travail de rédaction doit être individuel. En cas de besoin, **n'hésitez pas à me poser des questions**, à la fin d'un cours, par mail ou via l'ENT.



Flasher ou cliquer pour accéder au corrigé

Ceinture		Travail à réaliser
	Ceinture blanche	Questions 1 à 7
	Ceinture jaune	Questions 1 à 7
	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 l'eau de 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 :

$$\Delta_f H^\circ(\text{CO}_{2(\text{g})}) = -394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}) = -241 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \Delta_f H^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10(\text{g})}) = -125 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- ▷ Masses molaires $M_{\text{H}} = 1,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{\text{C}} = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et $M_{\text{O}} = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- ▷ Masse volumique de l'eau liquide : $\rho = 1,00 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

1 - Écrire l'équation de la réaction de combustion d'une mole¹ de butane C_4H_{10} , l'eau étant formée à l'état de vapeur. 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. Exprimer la quantité de matière dn de butane brûlée pendant une durée dt , puis 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,

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

4 - En raisonnant sur les signes, indiquer si \mathcal{P}_{air} est la puissance reçue ou cédée par la casserole.

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.

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 cette première phase.
- 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 l'instant t_1 auquel l'eau se met à bouillir.

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 - En prêtant une attention particulière aux signes, relier la masse d'eau dm se vaporisant pendant une durée infinitésimale dt à la variation $d\ell$ de hauteur d'eau dans la casserole pendant cette même durée.
- 9 - Par un bilan thermodynamique, établir l'expression de $d\ell/dt$.
- 10 - Déterminer la durée totale Δt pendant laquelle il faut chauffer la casserole jusqu'à ce qu'elle soit entièrement vide. Commenter le résultat.
- 11 - Il existe des bouteilles contenant 400 g de butane, destinées par exemple à être emportées en randonnée itinérante de quelques jours. Une telle bouteille est-elle suffisante ici ?
- 12 - Déterminer la masse totale d'eau produite par la réaction de combustion. Commenter la valeur obtenue.