

CPGE ATS

Programme de colles – Semaine 14 (20 au 25 janvier 2025)

Chapitres étudiés et questions de cours :

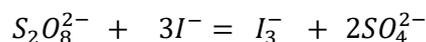
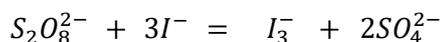
T4 : Réaction chimique et thermochimie / MF1 : Statique des fluides

Réponses attendues en bleu ou manuscrit.

1^{ère} question de cours : questions 1 à 4.

2^{ème} question de cours : questions 5 à 8.

- 1) Ecrire et équilibrer les réactions chimiques suivantes :
 - a) Les ions Ag^+ réagissent avec le cuivre (Cu) pour donner de l'argent (Ag) et des ions Cu^{2+} .
 - b) Le butane (C_4H_{10}) brûle dans le dioxygène (O_2) pour donner du dioxyde de carbone (CO_2) et de l'eau (H_2O).
 - a) $2\text{Ag}^+ + \text{Cu} = 2\text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$ (Equilibre des éléments chimiques Ag et Cu et des charges)
 - b) $\text{C}_4\text{H}_{10} + \frac{13}{2} \text{O}_2 = 4 \text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$ (Equilibre des éléments chimiques C puis H puis O)
- 2) Compléter le tableau d'avancement suivant, définir l'avancement de réaction ξ , la notion de proportions stœchiométriques et de réactif limitant.



E.I. (mol)	1	3	0	0	E.I. (mol)	3	3	0	0
E à t (mol)					E à t (mol)				

E.I. (mol)	1	3	0	0	E.I. (mol)	3	3	0	0
E à t (mol)	1- ξ	3-3 ξ	ξ	2 ξ	E à t (mol)	3- ξ	3-3 ξ	ξ	2 ξ

Si réaction totale :

$$1 - \xi_{\max} = 0 \text{ ou } 3 - 3\xi_{\max} = 0 \text{ d'où :}$$

$$\xi_{\max} = 1 \text{ mol}$$

Les 2 réactifs ont disparu en fin de réaction.

Réactifs en **proportions stœchiométriques** (ou **mélange stœchiométrique**) : ces 2 réactifs arrivent à épuisement ensemble (si réaction est totale).

Si réaction totale :

$$3 - \xi_{\max} = 0 \text{ ou } 3 - 3\xi_{\max} = 0 \text{ d'où :}$$

$\xi_{\max} = 1 \text{ mol}$ ($\xi_{\max} = 3 \text{ mol}$ impossible car quantité de I^- insuffisante)

Le I^- a disparu en fin de réaction : **réactif limitant**.

Avancement de réaction ξ = nombre de moles d'un réactif ou d'un produit de coefficient stœchiométrique 1 qui aurait été consommé ou produit.

- 3) Définir l'enthalpie standard de réaction, une réaction exothermique, une réaction endothermique.

L'enthalpie $\Delta_r H^\circ(T_0)$ de réaction d'une réaction donnée correspond à la **variation d'enthalpie par mole d'avancement** à la température T_0 sous la pression atmosphérique.

Dimension et unité : $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$

L'enthalpie de réaction chimique $\Delta_r H(T)$ (Unité : $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$) donne accès à la **variation d'enthalpie ΔH** (Unité : **J**) au cours d'une réaction chimique isobare et isotherme, et donc à l'énergie thermique reçue par le système en l'absence de travail autre que celui des forces de pression :

$$\Delta H(T) = \xi_\infty \Delta_r H^\circ(T) = Q_P$$

avec ξ_∞ avancement final de la réaction.

Réaction exothermique : réaction **libérant de la chaleur** dans le milieu extérieur lors d'une transformation monobare : $\Delta_r H^\circ(T) < 0$

Réaction endothermique : réaction **nécessitant de recevoir de la chaleur** du milieu extérieur lors d'une transformation monobare : $\Delta_r H^\circ(T) > 0$

- 4) Donner la Relation Fondamentale de la Statique des Fluides.

Relation Fondamentale de la Statique des Fluides :

$$\overrightarrow{\text{grad}}(p) = \rho \vec{g}$$

$$\frac{dp}{dz} = -\rho \cdot g \text{ si } z \text{ orienté vers le haut (verticale ascendante)}$$

$$\frac{dp}{dz} = +\rho \cdot g \text{ si } z \text{ orienté vers le bas (verticale descendante)}$$

- 5) Combustion du propane (ex 10 TD T4)

- 1) Quelle est l'énergie dégagée par la combustion de 10 g de propane (C_3H_8) sachant l'enthalpie de réaction de combustion d'une mole de propane est $\Delta_r H = -2\,244 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$?
- 2) Cette énergie sert à chauffer 3 kg d'eau liquide, dont la température initiale est 15°C. Quelle est sa température finale ?

Données : Masses molaires de H et C : 1 et 12 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_0 = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$.

- 1) Masse molaire du propane : $M(C_3H_8) = 3M(C) + 8M(H) = 3 \times 12 + 8 = 44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Quantité de matière : $n = \frac{m}{M} = \frac{10}{44} \approx 0,23 \text{ mol}$.

Système : composants chimiques. En considérant le propane comme réactif limitant, on a la réaction de $\xi_{\infty} = n = \frac{m}{M}$ moles de propane et $Q_{\text{dégagée/réaction}} = -Q_{\text{reçue}} = -Q_{\text{monoP}}$

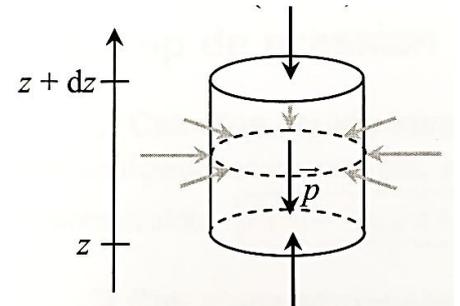
$$\Delta H_{\text{réaction chimique}}^{\text{à } T, P \text{ constants}} = -n\Delta_r H = 510 \text{ kJ}$$

- 2) En supposant que cette transformation a de nouveau lieu à pression atmosphérique et en considérant le système eau :

$$\Delta H_{\text{eau}}^{\text{monoP}} = Q_P = Q_{\text{reçue/eau}} = Q_{\text{dégagée/réaction}} = m_{\text{eau}} c_0 (T_f - T_0)$$

On obtient : Température finale de 56°C.

- 6) Statique des fluides : A partir d'un Bilan des Actions Mécaniques Extérieures sur un l'élément de fluide ci-contre, établir l'expression de la Relation Fondamentale de la Statique des Fluides.



Élément de volume d'axe vertical, de section dS et de hauteur dz :

Hypothèse : $dz \ll z$

$\rho(z)$ masse volumique à l'altitude z

$$\rho(z) = \text{cte dans le cylindre}$$

$p(z)$ pression à l'altitude z

Bilan des Actions Mécaniques Extérieures (BAME) s'exerçant sur le cylindre :

- Poids du cylindre :

$$\vec{dP} = dm \cdot \vec{g} = \rho \cdot dV \cdot \vec{g} = -\rho \cdot dS \cdot dz \cdot g \cdot \vec{e}_z$$

- Les forces de pression sur les surfaces latérales se compensent
- Forces de pression sur les surfaces haute et basse :

$$\vec{dF}_S(z) = p(z) \cdot dS \cdot \vec{e}_z$$

$$\vec{dF}_S(z + dz) = -p(z + dz) \cdot dS \cdot \vec{e}_z$$

- Principe Fondamental de la Statique :

$$\vec{dP} + \vec{dF}_S(z) + \vec{dF}_S(z + dz) = \vec{0}$$

$$-\rho \cdot dS \cdot dz \cdot g \cdot \vec{e}_z + p(z) \cdot dS \cdot \vec{e}_z - p(z + dz) \cdot dS \cdot \vec{e}_z = \vec{0}$$

- Projection sur l'axe z :

$$-\rho \cdot dz \cdot g + p(z) - p(z + dz) = 0$$

$$p(z + dz) - p(z) = -\rho \cdot g \cdot dz$$

$$dp = -\rho \cdot g \cdot dz$$

- Différenciation :

$$\frac{dp}{dz} \cdot dz = -\rho \cdot g \cdot dz$$

$$\frac{dp}{dz} = -\rho \cdot g \quad \text{Relation Fondamentale des la statique des Fluides (pour axe z gradué vers le haut)}$$

- 7) A partir de la Relation Fondamentale de la Statique des fluides $\frac{dp}{dz} = -\rho \cdot g$, établir l'expression de la pression p en fonction de l'altitude z dans le cas d'un liquide incompressible.

Fluide incompressible = Fluide dans lequel la masse volumique ρ est indépendante de la pression p et de l'altitude z .

Hypothèse : $\rho = \text{constante} = \rho_0$

$$\frac{dp}{dz}(z) = -\rho_0 \cdot g$$

On intègre :

$$p(z) = -\rho_0 \cdot g \cdot z + cte$$

Condition aux Limites (C.L.) :

$$p(0) = cte = p_0$$

D'où :

$$p(z) = -\rho_0 \cdot g \cdot z + p_0$$

Ou on intègre par variables séparées :

$$dp = -\rho_0 \cdot g \cdot dz$$

$$\int_{p_0}^p dp = \int_0^z -\rho_0 \cdot g \cdot dz$$

$$[p]_{p_0}^p = -\rho_0 \cdot g \cdot [z]_0^z$$

$$p - p_0 = -\rho_0 \cdot g \cdot z$$

Autres écritures possibles :

$$p_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 = p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2$$

$$p_{bas} = p_{haut} + \rho \cdot g \cdot h$$

avec $\rho = \text{constante}$ (fluide incompressible)

- 8) A partir de la Relation Fondamentale de la Statique des fluides $\frac{dp}{dz} = -\rho \cdot g$, établir l'expression de la pression p en fonction de l'altitude z dans le cas d'un gaz parfait isotherme. Définir la hauteur caractéristique H et vérifier l'homogénéité du résultat.

Hypothèse : $T = \text{constante} = T_0$

$$pV = nRT \quad \text{d'où : } V = \frac{nRT}{p} = \frac{nRT_0}{p}$$

$$\text{Masse volumique du gaz : } \rho = \frac{m}{V} = \frac{mp}{nRT_0} = \frac{Mp}{RT_0} \quad \text{avec } M = \frac{m}{n} \text{ masse molaire du gaz}$$

$$\frac{dp}{dz} = -\rho \cdot g \text{ devient :}$$

$$\frac{dp}{dz} = -\frac{Mp}{RT_0} g = -\frac{Mg}{RT_0} p$$

En séparant les variables :

$$\frac{dp}{p} = -\frac{Mg}{RT_0} dz$$

Intégration par variables séparées :

$$\int_{p_0}^p \frac{dp}{p} = \int_0^z -\frac{Mg}{RT_0} dz = -\frac{Mg}{RT_0} \int_0^z dz$$

$$[\ln p]_{p_0}^p = -\frac{Mg}{RT_0} [z]_0^z$$

$$\ln p - \ln p_0 = \ln \left(\frac{p}{p_0} \right) = -\frac{Mg}{RT_0} z$$

$$\boxed{p = p_0 \cdot \exp \left(-\frac{Mg}{RT_0} z \right) = p_0 \cdot \exp \left(-\frac{z}{H} \right)}$$

$$\text{avec } H = \frac{RT_0}{Mg} \text{ Hauteur caractéristique}$$

Homogénéité :

$$[H] = \left[\frac{RT_0}{Mg} \right] = \left[\frac{mRT_0}{Mmg} \right] = \left[\frac{nRT_0}{mg} \right] = \frac{J}{N} = \frac{N \cdot m}{N} = m$$

Puis : de 1 à 2 exercices proposés par le colleur.

Programme ATS

Enthalpie standard de réaction	Effectuer un bilan de matière lors d'une réaction chimique. Évaluer la température atteinte par un système siège d'une transformation chimique supposée isobare et réalisée dans un réacteur adiabatique.
--------------------------------	--

Notions et contenus	Capacités exigibles
1. Description d'un fluide statique	
Échelle mésoscopique	Définir et connaître des ordres de grandeurs des dimensions de l'échelle mésoscopique dans le cas des liquides et des gaz.
Pression dans un fluide Forces surfaciques, forces volumiques	Citer des ordres de grandeur de la pression. Définir la force de pression. Distinguer les forces de pression des forces de pesanteur.
Champ de pression Relation de la statique des fluides	Donner l'expression de la résultante des forces pressantes s'exerçant sur un volume élémentaire de fluide. Énoncer et établir la relation de la statique des fluides dans le cas d'un fluide soumis uniquement à la pesanteur. Exprimer l'évolution de la pression avec l'altitude dans le cas d'un fluide incompressible pour l'atmosphère isotherme dans le cadre du modèle du gaz parfait. Mettre en œuvre un dispositif expérimental utilisant un capteur de pression.