

Le projet

- ▶ Développer des exercices destinés à des étudiants de L2 des filières chimie, biologie et physique-chimie et couvrant la majeure partie du programme de thermodynamique
- ▶ Proposer ces exercices dans des feuilles accessibles aux étudiants au fur et à mesure de l'avancement du cours.
- ▶ Permettre une évaluation automatique des connaissances prise en compte dans le contrôle de connaissances

Exemples de machines thermiques

Diagramme d'un cycle de Beau de Rochas

Exercice.
Ce cycle théorique correspond au fonctionnement d'un moteur à explosion à quatre temps dans lequel la combustion du carburant est remplacée par l'échauffement d'un gaz dont la composition reste constante au cours du cycle.

Un gaz parfait diatomique est admis à la pression de 1 bar dans le cylindre d'un moteur de volume V_A de 0.1 L à la température de 300 K. Il subit les transformations réversibles suivantes :

- $A \rightarrow B$: compression adiabatique jusqu'au volume $V_B = 0.03L$ de la chambre de combustion ;
- $B \rightarrow C$: échauffement à volume constant jusqu'à atteindre une température $T_C = 2090K$;
- $C \rightarrow D$: détente adiabatique jusqu'au volume initial ;
- $D \rightarrow A$: refroidissement du gaz à volume constant jusqu'à la pression initiale.

Quelle est la représentation du diagramme $P = f(V)$?

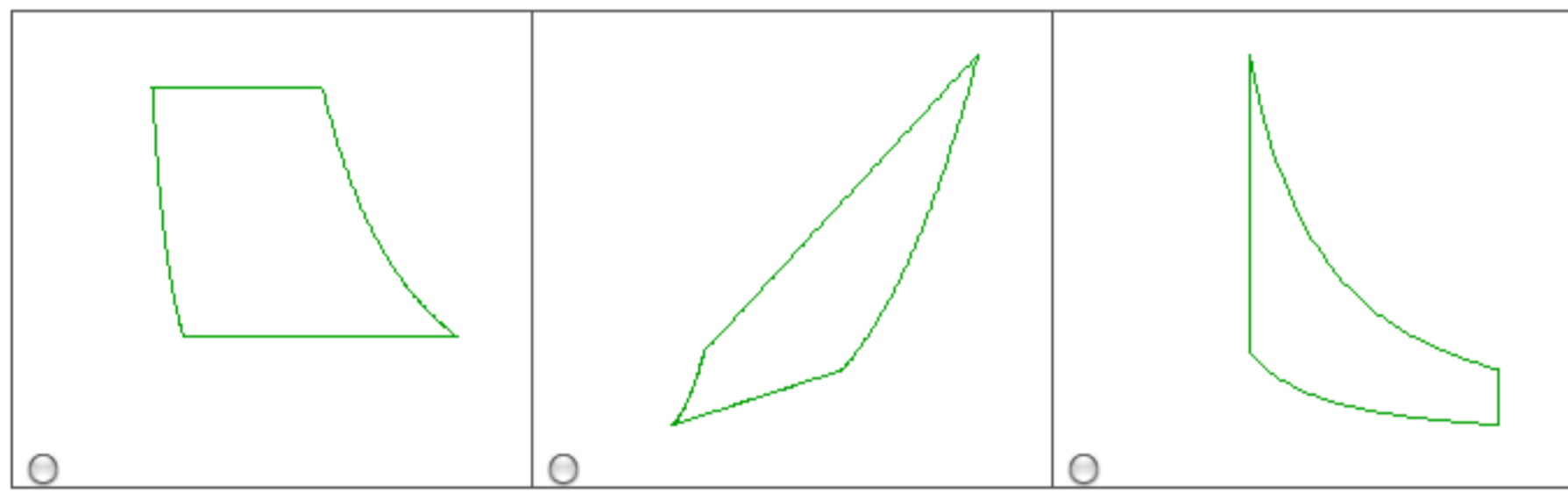


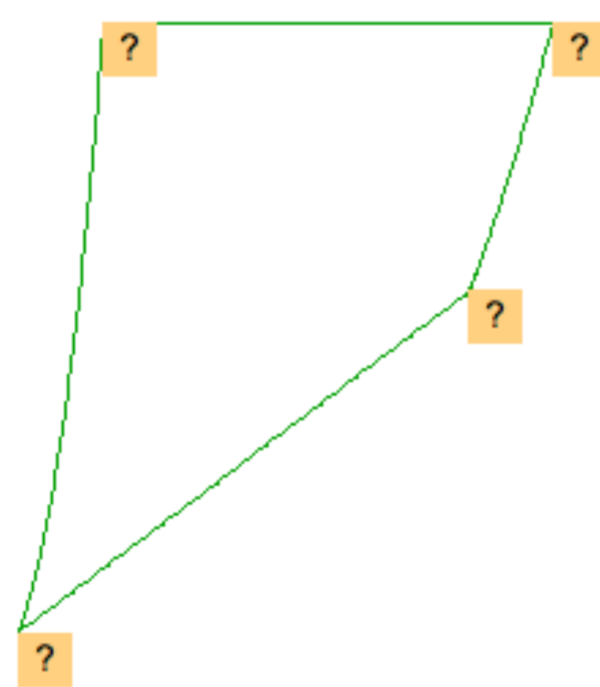
Diagramme d'un cycle Diesel

Exercice.
Ce cycle théorique correspond au fonctionnement d'un moteur Diesel dans lequel la combustion du fioul est remplacée par l'échauffement isobare d'un gaz dont la composition reste constante au cours du cycle.

Un gaz parfait diatomique est admis à la pression de 1 bar dans le cylindre d'un moteur de volume V_A de 1 L à la température de 293 K. Il subit les transformations réversibles suivantes :

- $A \rightarrow B$: compression adiabatique jusqu'au volume $V_B = 0.2L$ de la chambre de combustion ;
- $B \rightarrow C$: échauffement à pression constant jusqu'à atteindre le volume $V_C = 0.7L$;
- $C \rightarrow D$: détente adiabatique jusqu'au volume initial ;
- $D \rightarrow A$: refroidissement du gaz à volume constant jusqu'à la pression initiale.

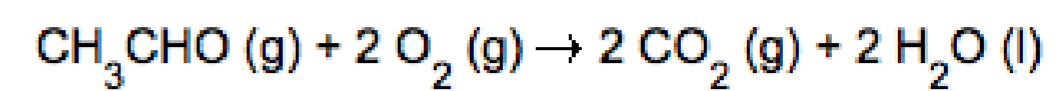
Voici la représentation du diagramme $P = f(T)$. Placer les points A, B, C et D :



A B C D

Apprentissage de la thermochimie

Cycle de Kirchhoff



Connaissant l'enthalpie standard de combustion à 298 K qui est de $-1196.4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, calculer l'enthalpie standard de combustion à 33 °C.

On admettra que les C_p sont constants dans l'intervalle de température considérée et qu'il n'y a pas de changement de phase des réactifs et des produits. On donne :

- $C_p \text{O}_2 = 29.4 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
- $C_p \text{CO}_2 = 37.1 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
- $C_p \text{H}_2\text{O(l)} = 89.1 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
- $C_p \text{CH}_3\text{CHO} = 57.3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

Entrer la réponse (avec une seule décimale) :

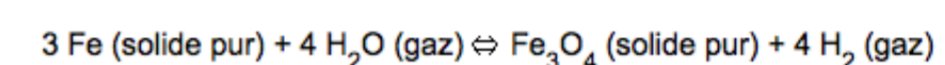
$\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Equilibre hétérogène

Equilibre hétérogène

On enferme dans un récipient vide 911 g d'eau et 2387 g de fer et on chauffe à la température de 426 °C.

1. Calculer la constante d'équilibre de la réaction à cette température.



Entrer votre réponse avec 2 décimales : $K =$

2. Calculer le rapport $R = P_{\text{H}_2} / P_{\text{H}_2\text{O}}$ entre les pressions partielles de H_2 et H_2O à l'équilibre.

Entrer la réponse avec 2 décimales : $R =$

3. Calculer l'avancement de la réaction à l'équilibre

Entrer la réponse avec 2 décimales : $\xi_{\text{eq}} =$

4. Quelles sont les masses des différents constituants à l'équilibre ?

Entrer les réponses en grammes (donner des valeurs entières) :

Fe : g
 H_2O : g
 Fe_3O_4 : g
 H_2 : g

On se place dans le cadre de l'approximation d'Eilingham.

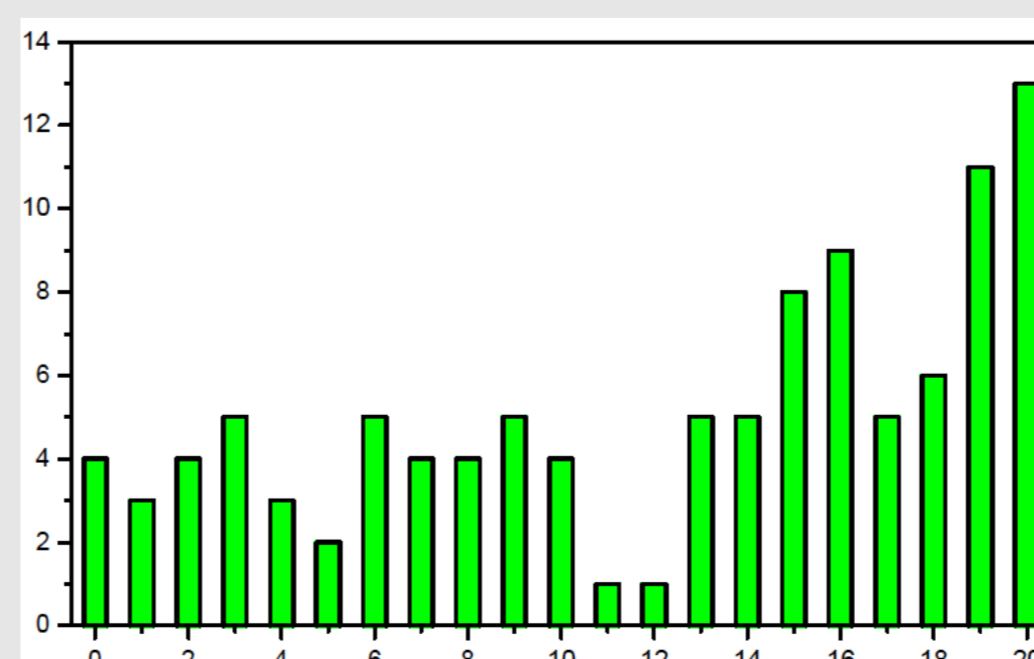
	Fe	H_2O	Fe_3O_4	H_2
M (g)	56	18	232	2
$\Delta_f H^\circ$ (298 K) en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	0	-242	-1118	0
S° (298 K) en $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$	27.3	188.8	146.7	130.7

Feuilles proposées pendant le semestre

Numéro	Titre	Statut
Feuille 1	Gaz parfaits	Périmée
Feuille 2	Cycle de Beau de Rochas	Périmée
Feuille 3	Cycle Diesel	Périmée
Feuille 4	Réactions chimiques	Périmée
Feuille 5	Enthalpies de réactions	Périmée
Feuille 6	Entropies de combustion	Périmée
Feuille 7	Enthalpie libre de réaction	Périmée
Feuille 8	Equilibres chimiques	Périmée

Résultats et conclusions

- ▶ Après une année de test en 2008-2009, le travail fait sur ces exercices a été pris en compte en 2009-2010 dans l'évaluation du semestre (contrôle continu).
- ▶ Le bilan est satisfaisant. Les étudiants sont venus poser des questions aux enseignants sur les exercices.
- ▶ Environ 50 % des étudiants ont obtenu une note supérieure à 14. Le diagramme ci-contre représente le nombre d'étudiants en fonction des notes obtenues.



D'autres exercices en libre accès peuvent être trouvés sur le serveur WIMS

- ▶ **Thermodynamique des gaz parfaits et Machines thermiques**
- ▶ **Réactions chimiques** (enthalpie et entropie)
- ▶ **Equilibres chimiques**