

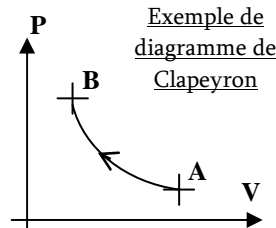
DM Avril : TH3 – Premier Principe
Etude des transformations classiques du Gaz Parfait

1. INTRODUCTION : Rappel de Cours (à compléter)

Diagramme de Clapeyron

Pour étudier l'évolution d'un système thermodynamique, il est très utile de tracer un diagramme (P,V), dit de Clapeyron. Il faut alors supposer que les réactions étudiées sont quasi-statiques.

- 1.1 Rappeler ce qu'est une transformation quasi-statique.
- 1.2 Pourquoi doit-on supposer que les transformations sont quasi-statiques pour tracer le diagramme PV ?

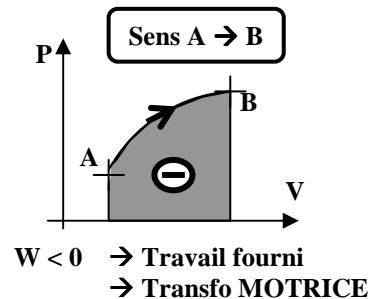
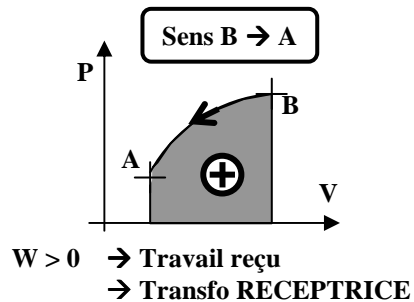


Représentation graphique du travail fourni ou reçu

Le travail reçu par un système thermodynamique provient essentiellement des forces de pression à la surface du système. Ce travail $\delta W = -P_{ext} \cdot dV$ dépend de la pression extérieure. Pour pouvoir exprimer ce travail en fonction de la pression interne, il faut alors que la transformation soit mécaniquement réversible. Dans ce cas, on aura $\delta W = -P \cdot dV$.

- 1.3 Rappeler ce qu'est une transformation mécaniquement réversible.
- 1.4 Pourquoi a-t-on besoin de cette hypothèse pour supposer que $\delta W = -P \cdot dV$?

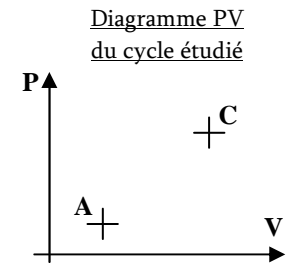
Supposons alors que la transformation étudiée est réversible, le travail global reçu par le système s'obtient en intégrant : $W = -\int_{EI}^{EF} P \cdot dV$. Graphiquement, il s'agit de l'opposé de l'air sous la courbe, tel qu'illustré sur les schémas suivants.



EXEMPLE : Premier exemple de cycle

On étudie un cycle mécaniquement réversible ABC :

- \rightarrow AB est une détente isobare
- \rightarrow BC est une compression isochore
- \rightarrow CA dont le chemin est une droite dans le diagramme PV



Questions : (à faire en cours)

- a) Représenter le cycle
- b) Calculer les travaux des forces de pression pour chaque étape
- c) Calculer le travail pour l'ensemble du cycle
- d) Ce travail est-il reçu ou fourni ? Le cycle est-il moteur ou récepteur ?
- e) Sur un cycle, on a $\Delta U = 0$, que peut-on dire alors de Q ?

Réponses : (à faire en cours)

Etape AB : $W_{AB} =$

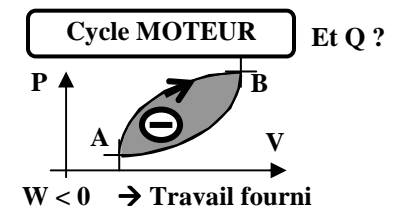
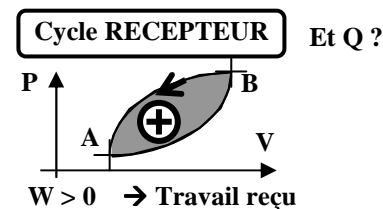
Etape BC : $W_{BC} =$

Etape CD : $W_{CA} =$

Travail total : $W =$

Cycle ?

Caractère moteur ou récepteur d'un cycle :



2. Etude des Transformations Classiques du GP

Gaz Parfait

On étudie dans ce problème les évolutions du Gaz Parfait (GP), de manière à transformer un travail en chaleur ou l'inverse. C'est cette relation Travail/Chaleur qui est mise en évidence par le premier principe de la thermodynamique.

- 2.1 Rappeler l'équation d'état d'un GP
- 2.2 Rappeler le premier principe

Evolutions Possibles

Il y a quatre types de transformations classiques pour le GP :

- Evolution Isobare : $P = \text{Constante}$ (pression interne du système constante)
- Evolution Isochore : $V = \text{Constante}$ (volume du système constant)
- Evolution Isotherme : $T = \text{Constante}$ (température interne du système constante)
- Evolution Adiabatique : $Q = 0$ (pas d'échanges de chaleur)

- 2.3 Pour l'évolution isobare, donner l'équation $P=f(V)$ et tracer l'allure de la courbe correspondante sur un diagramme de Clapeyron (PV).
- 2.4 Faire de même pour l'évolution isochore
- 2.5 Faire de même pour l'évolution isotherme (allure approximative)
- 2.6 Il ne vous est pas encore possible de calculer l'équation $P=f(V)$ pour une transformation adiabatique (voir suite du cours à la rentrée). On admet la loi de Laplace : $PV^\gamma = \text{Constante}$, avec γ une constante dépendant du gaz étudié (ici $\gamma = 1,4$). Tracer l'allure de cette évolution sur un diagramme PV.
- 2.7 Comparer les pentes des courbes isothermes et adiabatiques réversibles.

2^{ème} exemple de cycle

Un GP initialement dans l'état A (P_0, V_0, T_0) décrit un cycle de transformations supposées infiniment lentes et mécaniquement réversible :

- Compression isobare jusqu'à l'état B ($V_B = V_0/2$)
- Echauffement isochore jusqu'à l'état C ($T_C = T_0$)
- Détente isotherme de C à A.

Il s'agit ici d'un cycle qui n'est pas très utilisé dans la pratique mais qui illustre bien le principe du diagramme PV et pour lequel il est assez simple de calculer le travail.

Questions :

- 2.8 Représenter le cycle dans un diagramme de Clapeyron (P, V)
- 2.9 La compression isobare : comment peut-on faire pour comprimer de manière isobare un GP ? Que peut-on dire sur la durée de cette transformation ? Calculer le travail des forces de pression reçues lors de cette étape.
- 2.10 L'échauffement isochore : on peut pour cela brûler un combustible dans le volume gardé constant, ou bien mettre le système en contact avec une source chaude. Quelles sont les forces de pression reçues pour cette étape ?
- 2.11 Détente isotherme : Calculer le travail des forces de pression reçu pour cette étape.
- 2.12 Calculer le travail pour l'ensemble du cycle. Ce cycle est-il moteur ou récepteur ?
- 2.13 Que peut-on dire de la chaleur reçue ou fournie par le système ?

3^{ème} exemple : Cycle d'un moteur 2 temps (Beau de Rochas simplifié)

On propose dans ce troisième exemple un cycle un peu plus réaliste pour concevoir un moteur, car les étapes sont plus rapides (compression isothermes ou adiabatiques plutôt que isobare qui implique un transfert thermique). On souhaite étudier le travail fourni par ce moteur. A chaque cycle, le mélange Air + Essence, qui peut être considéré comme un GP avec $\gamma = 1,4$ doit être renouvelé. Description du cycle :

- En A : Introduction du mélange Essence + Air à $P=P_0=1\text{bar}$, $T=T_0=293\text{K}$. (Piston en position basse, volume de la chambre de combustion $V=V_0=1\text{L}$)
- Sur AB : Compression adiabatique (remontée du piston)
- Sur BC : Echauffement isochore (explosion du mélange, piston en position haute, de volume $V=V_H=100\text{mL}$, jusqu'à $T_H=1466\text{K}$)
- Sur CD : Détente adiabatique (descente du piston)
- En D : Echappement des gaz brûlés, les soupapes sont ouvertes.
 - La pression retombe sur DA jusqu'à P_0 à volume constant.
- En A : Réinjection du carburant pour un nouveau cycle

Questions :

- 2.14 Représenter le cycle sur un diagramme PV en précisant les opérations réalisées.
- 2.15 Justifier le fait que les transformations sont isochores et adiabatiques (penser à la vitesse de chacune de ces transformations)
- 2.16 Calculer les coordonnées de chacun des points (calculer d'abord le nombre de mol)
- 2.17 Calculer les travaux des forces de pression pour chaque étape
- 2.18 Calculer le travail pour l'ensemble du cycle
- 2.19 Ce travail est-il reçu ou fourni ? Le cycle est-il moteur ou récepteur ?
- 2.20 Pourquoi ce moteur est-il plus réaliste et plus performant que le moteur précédent ?