

## PROGRAMME DE COLLE DE PHYSIQUE

Semaine du 27/11 au 02/11

### Th8 - Machines thermiques (cours + exercices)

On considère des machines dithermes fonctionnant de manière cyclique entre une source chaude et une source froide.

– Moteurs, machines frigorifiques (ou climatiseur), pompe à chaleur (PAC).

– Étude générale d'un moteur :

- d'après le second principe "*il est impossible de réaliser un processus cyclique dont le seul résultat serait de transformer intégralement en travail de la chaleur prélevée à une source unique*". La source froide est donc nécessaire pour récupérer la partie de l'énergie prélevée à la source chaude qui n'aura pas été transformée en travail.

- Rendement maximum d'un moteur ditherme

$$r \leq 1 - \frac{T_F}{T_C}$$

Le rendement maximum est atteint pour un cycle réversible (cycle de Carnot moteur).

- Cycle de Carnot moteur : tracé dans le plan  $(P, V)$  pour un gaz parfait et tracé dans le plan  $(T, S)$ . Calcul du rendement  $r_C = 1 - \frac{T_F}{T_C} = r_{\max}$ .

- Puissance d'un moteur  $\mathcal{P} = C_m \omega$ .

– Moteur à combustion interne

- moteur 4 temps : cycle Beau de Rochas. Calcul du rendement théorique.

- moteur 2 temps : description sommaire.

- cycle diesel idéal.

– Machines frigorifiques, pompes à chaleur

- d'après le second principe : "*Il est impossible de réaliser un processus cyclique dont le seul résultat serait de transférer de la chaleur d'une source froide vers une source chaude*." Il faut alors fournir du travail pour transférer de la chaleur du froid vers le chaud.

- Principe d'une machine ditherme

- Coefficient de performance (CoP) ou efficacité d'une machine frigorifique. Savoir montrer que :

$$\text{CoP}_f \leq \frac{T_F}{T_C - T_F}$$

- Coefficient de performance (CoP) ou efficacité d'une PAC. Savoir montrer que :

$$\text{CoP}_{\text{PAC}} \leq \frac{T_C}{T_C - T_F}$$

Les valeurs maximales sont atteintes pour un cycle réversible (cycle de Carnot récepteur).

– Application du premier principe aux systèmes ouverts en **régime stationnaire**. On a établi les deux expressions équivalentes entre les grandeurs de sortie et les grandeurs d'entrée d'un système ouvert :

$$(h_s - h_e) + \frac{1}{2}(c_s^2 - c_e^2) + g(z_s - z_e) = w_u + q$$

$$D_m \left[ (h_s - h_e) + \frac{1}{2}(c_s^2 - c_e^2) + g(z_s - z_e) \right] = \mathcal{P}_u + \mathcal{P}_{th}$$

avec  $h$  l'enthalpie massique du fluide,  $\frac{1}{2}c^2$  l'énergie cinétique massique de l'écoulement,  $gz$  l'énergie potentielle massique (l'axe  $Oz$  étant orienté suivant la verticale ascendante),  $D_m$  le débit massique de l'installation,  $w_u$  le travail utile reçu par unité de masse de fluide ayant traversé la machine,  $q$  le

transfert thermique reçu par unité de masse de fluide ayant traversé la machine,  $\mathcal{P}_u$  la puissance utile reçue et  $\mathcal{P}_{th}$  la puissance thermique reçue.

Lorsqu'on peut négliger l'énergie cinétique de l'écoulement et la variation d'énergie potentielle à l'échelle de l'installation, ces expressions deviennent :

$$(h_s - h_e) = w_u + q \quad \text{et} \quad D_m(h_s - h_e) = \mathcal{P}_u + \mathcal{P}_{th}$$

– Expression du débit massique dans le cas où la vitesse est supposée uniforme sur la section  $S$  de la conduite

$$D_m = \rho S c = \frac{S c}{v}$$

avec  $v$  volume massique du fluide.

– quelques éléments de base des installations industrielles : échangeur thermique, turbine, compresseur, détenteur, chambre de combustion, tuyère.

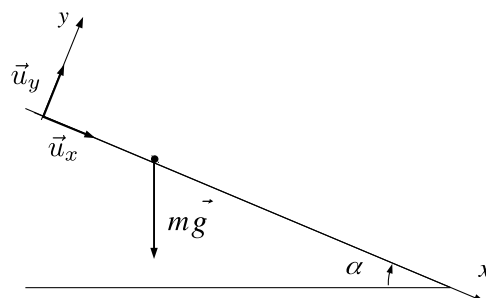
Extrait du programme :

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>Transferts d'énergie</b>	
Diagramme fonctionnel des machines thermiques dithermes	Prévoir les signes des transferts d'énergie Définir le rendement d'un moteur Définir les coefficients de performance d'une machine frigorifique ou d'une PAC.
<b>Second principe de la thermodynamique</b>	
	Majorer le rendement ou le coefficient de performance (CoP) des machines dithermes cycliques.
<b>Machines dithermes</b>	
Le premier principe en système ouvert	Définir un système ouvert en écoulement stationnaire. Utiliser les grandeurs massiques ; définir le travail indiqué massique sur les parties mobiles . Décrire les différents organes des machines (détendeur, compresseur, turbine, condenseur, évaporateur, chambre de combustion, etc) Appliquer le premier principe en système ouvert.
Système diphasé	Exploiter les diagrammes (T,s), (h,s) et (p,h).
Théorème des moments	Calculer ou exploiter un titre massique en vapeur.
Exploitation de diagrammes ou de tableaux de données	Calculer les transferts thermiques massiques, les travaux indiqués massiques et le coefficient de performance (CoP)..
Puissance	Utiliser le débit massique pour évaluer des puissances.
<b>Utilisation d'un modèle</b>	
Technologie des moteurs à piston	Distinguer les temps mécaniques (4 temps ou 2 temps) et identifier les temps thermodynamiques (modélisation des transformations thermodynamiques).
Puissance consommation	Lier la puissance au nombre de tours par minute.

**Vecteurs - Systèmes de coordonnées (cours + exercices de projection de vecteurs)**

– quelques rappels sur les vecteurs : composantes d'un vecteur, produit scalaire.

– projection d'un vecteur : **savoir projeter le poids d'une masse placée sur plan incliné sur la base  $(\vec{u}_x, u_y)$ .**



- coordonnées du plan : cartésiennes et polaires. Déplacements élémentaires associés.
- coordonnées 3D : BON directe. Coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques : **savoir exprimer les déplacements élémentaires dans ces trois systèmes de coordonnées et savoir représenter graphiquement chacune des composantes de ces déplacements.**

### **M5 - Dynamique newtonnienne (cours + exercices sur les mouvements rectilignes uniformes ou rectilignes uniformément accélérés ou mouvement sinusoïdal )**

- Rappels sur les forces :
  - Force de pesanteur, interaction gravitationnelle, interaction électrostatique, force élastique.
  - Force de liaison : réaction d'un support ; lois de Coulomb du frottement solide. Tension d'un fil.
  - Forces dans un fluide : poussée d'Archimède. Force de frottement visqueux, force de frottement quadratique.

- Définition du vecteur vitesse et du vecteur accélération d'un point matériel dans un référentiel donné.

*Le programme se restreint à l'étude des mouvements rectilignes.*

Exemples : mouvement rectiligne uniforme, mouvement rectiligne uniformément accéléré, mouvement rectiligne sinusoïdal.

- Travail et puissance d'une force.
  - Force conservative : lien avec l'énergie potentielle.

$$\delta W = -dE_p$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = E_p(A) - E_p(B) = -\Delta E_p$$

- Calcul de l'énergie potentielle de pesanteur ; énergie potentielle gravitationnelle ;