

# Sujet Final ER41 A2018

Nom:  
Prénom

Signature:

---

Aucun document autorisé - durée 2h

---

## Questions de cours

1. Dessiner le schéma général d'une centrale nucléaire de type Candu. Quel est le fluide caloporteur? Quel est le modérateur? Quel est le combustible?

2. La machine ayant le meilleur rendement utilise:

- a- un cycle de Brayton
- b- un cycle de Joule
- c- un cycle de Carnot
- d- un cycle d'Otto
- e- un cycle de Diesel

3. Le deuxième principe de la thermodynamique définit une fonction d'état:

- a- S appelée entropie
- b- H appelée enthalpie
- c- U appelée énergie
- d- G appelée fonction de Gibbs

4. Des verres empilés sont parfois difficiles à séparer. Expliquer ce phénomène et pourquoi l'on peut y remédier en faisant la vaisselle ?

---

**Exercice 1:**

Un tuyau de cuivre de rayon intérieur  $R_1$ , de rayon extérieur  $R_2$  et de conductibilité thermique  $K$  et de longueur supposée infinie, transporte de l'eau chaude à la température  $T_1 = 80^\circ\text{C}$ . L'atmosphère extérieure dans laquelle est plongé le tuyau est à température constante  $T_2 = 20^\circ\text{C}$ . Calculez la quantité de chaleur qui s'échappe dans l'atmosphère par mètre de tuyau et par seconde en régime stationnaire.

Données :  $K = 384 \text{ J}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ,  $R_1 = 10 \text{ mm}$ ,  $R_2 = 12 \text{ mm}$ .

---

---

**Exercice 2:**

La longueur d'une tige de cuivre est 1 m à 0 °C. Quelle doit être à 80 °C la longueur d'une tige de fer pour qu'à 80 °C les 2 tiges aient la même longueur ?  $\lambda_{fer} = 1,2 \cdot 10^{-5} K^{-1}$  ;  
 $\lambda_{cuivre} = 1,7 \cdot 10^{-5} K^{-1}$

---

---

**Problème:** Ce problème est constitué de 2 parties indépendantes. L'objectif est de comparer deux types de cycles moteur classiques et d'essayer de déterminer l'intérêt de l'hybridation sur l'un de ces deux types.

---

---

**Partie 1: Moteur à explosion fonctionnant selon le cycle de Diesel**

---

Le moteur Diesel est un moteur à combustion interne dont l'allumage n'est pas commandé par des éclateurs mais une compression élevée. L'air et le carburant sont comprimés séparément, le carburant n'étant injecté que dans la chambre de combustion et progressivement. Le premier moteur de ce type a été mis au point par l'allemand R. Diesel en 1893. Il fonctionne suivant le cycle éponyme constitué de deux isentropiques, d'une isobare et d'une isochore. Plus précisément, le cycle peut être décrit en quatre temps :

1. Un cylindre admet l'air seul à travers une soupape d'admission dans un volume  $V_A$ .

2. Les soupapes sont fermées. L'injection de combustible démarre au point B et est progressive jusqu'à un point C de sorte que la pression reste constante
3. Les soupapes sont toujours fermées et les produits de la combustion subissent une détente isentropique en repoussant le piston jusqu'à sa position initiale (portion CD)
4. La soupape d'échappement s'ouvre : la pression chute brutalement (portion DA), et les gaz brûlés sont évacués.

Le cycle est caractérisé par le taux de compression volumétrique  $\alpha = \frac{V_A}{V_B}$  et le rapport de détente  $\beta = \frac{V_C}{V_B}$ . Les températures du mélange en A et C valent  $T_A = 293K$  et  $T_C = 1220K$ .

Données numériques:  $\gamma = 1,4$ ,  $\alpha = 14$  et  $\beta = 1,55$

---

Question 1: Tracer schématiquement de ce cycle de Diesel dans le diagramme de Clapeyron.

---

---

Question 2: Identifier sur le cycle les quantités de chaleur échangées et leurs signes, les travaux fournis et leurs signes, et écrire le bilan thermique sur un cycle.

---

---

Question 3: Donner l'expression des quantités de chaleur échangées

---

---

Question 4: donner l'expression de l'efficacité  $\eta_m$  de ce moteur thermique en fonction de des températures aux points A, B, C et D et des coefficients  $C_v$  et  $C_p$ .

---

---

Question 5: Démontrer que l'efficacité du moteur ne dépend que du taux de compression  $\alpha$  et du rapport de détente  $\beta$ . Faire l'application numérique.

---

---

## **Partie 2: Moteur à explosion fonctionnant selon le cycle de Beau de Rochas**

---

Le moteur à explosion est un moteur à combustion interne dont l'allumage est commandé par des éclateurs (bougies). Il fonctionne suivant le cycle de Beau de Rochas (du nom de

l'ingénieur français qui l'a proposé dès 1862) ou cycle d'Otto (du nom de l'ingénieur allemand qui a réalisé et présenté pour la première fois une version de ce moteur à explosion en 1878). Ce cycle est constitué de deux isentropiques et deux isochores que subit un mélange d'air et de carburant. Le système fermé considéré est donc une masse déterminée de ce mélange.

Plus précisément, le cycle peut être décrit en quatre temps :

1. Un cylindre admet le mélange à travers une soupape d'admission dans un volume  $V_A$ .
2. Les soupapes sont fermées et le mélange subit une compression isentropique jusqu'à un volume  $V_B$ . Au point B se produit l'explosion du mélange qui augmente la pression de  $P_B$  à  $P_C$  (à volume constant)
3. les soupapes sont toujours fermées et les produits de la combustion subissent une détente isentropique en repoussant le piston jusqu'à sa position initiale. Ceci correspond à l'état D du mélange.
4. La soupape d'échappement s'ouvre : la pression chute brutalement, et les gaz brûlés sont évacués. le système retourne à l'état A.

Le cycle est caractérisé par le taux de compression volumétrique  $\alpha = \frac{V_A}{V_B}$ . Les températures du mélange en A et C valent respectivement  $T_A = 293K$  et  $T_C = 1220K$ .

Données numériques:  $\gamma = 1,4$  et  $\alpha = 9$

---

Question 1: Tracer schématiquement de ce cycle de Beau de Rochas dans le diagramme de Clapeyron.

---

---

Question 2: Identifier sur le cycle les quantités de chaleur échangées et leurs signes, les travaux fournis et leurs signes, et écrire le bilan thermique sur un cycle.

---

---

Question 3: Donner l'expression des quantités de chaleur échangées et donner l'expression de l'efficacité  $\eta_m$  de ce moteur thermique en fonction de des températures aux points A, B, C et D.

---



---

Question 4: Démontrer que l'efficacité du moteur ne dépend que du taux de compression  $\alpha$ .

---

---

Question 5: Donner l'efficacité du moteur de Carnot idéal de ce cycle.

---

---

Question 6: Calculer le rendement de ce moteur par rapport au moteur de Carnot idéal de ce Cycle.

---

---

Question 7: Une étude faite par Toyota illustre le pourcentage d'utilisation de leur véhicule hybride en mode zéro émission (mode uniquement électrique) selon le tableau suivant:

	Temps du parcours en mode "zéro émission" <sup>(1)</sup>	Distance parcourue en mode "zéro émission" <sup>(2)</sup>	Temps du parcours où le véhicule est mû uniquement par le moteur électrique	Distance parcourue où le véhicule est mû uniquement par le moteur électrique
> Péri-urbain	65,9 %	58,5 %	42,6 %	36,5 %
> Urbain	86,9 %	77,4 %	71,6 %	60,3 %
> Autoroute urbaine	65,0 %	43,6 %	39,2 %	24,4 %
> Ensemble du parcours	70,1 %	51,5 %	45,9 %	30,7 %

Le mode zéro emission inclus à la fois les phase de traction en utilisant uniquement le moteur électrique et les phases en roues libres ou en mode récupération. Le cycle NEDC (New European Driving Cycle), qui est l'ancien cycle d'homologation de consommation, est composé d'un parcours d'un parcours urbain de 4,502 km et un parcours extra-urbain

de 6,966 km. On considèrera que le rendement moteur est constant sur ces parcours (pas de dépendances en fonction du régime moteur ou de la vitesse) afin de simplifier les calculs. Par ailleurs, on considèrera que le rendement de la chaîne de traction électrique est de 0,85 (prise en compte de la consommation des fonctions accessoires)

Calculer, l'efficacité corrigée  $\eta_{C_{BdR-urbain}}$  en cycle urbain (prenant en compte l'efficacité de la partie électrique en plus de la partie thermique utilisant un cycle de Beau de Rochas) ainsi que l'efficacité  $\eta_{C_{BdR-extra-urbain}}$  en cycle extra urbain (on prendra le pourcentage autoroute urbaine pour nos calculs). Calculer l'efficacité corrigée  $\eta_{C_{BdR}}$  sur le cycle NEDC. Conclure quant à l'intérêt de l'hybridation du point de vue purement énergétique.