

# Sujet Final ER41 A2019

Nom:  
Prénom

Signature:

---

Aucun document autorisé - durée 2h

---

**Questions de bon sens (répondez aux questions - il est possible d'avoir plusieurs réponses)**

1. Quel est le nom générique d'un dispositif cycle qui transforme de la chaleur en travail?

- a- un réfrigérateur
- b- une pompe à chaleur
- c- un moteur diesel
- d- une machine thermique
- e- un cycle de Carnot

2- La zone à l'intérieur d'une courbe dans un diagramme PV est:

- a- le travail effectué par le système au cours d'un cycle
- b- le travail fourni au système au cours d'un cycle
- c- l'énergie thermique échangée par le système au cours d'un cycle
- d- la chaleur transférée par le système à l'extérieur au cours d'un cycle

3- L'efficacité d'une machine thermique est déterminée par:

- a- sa conception
- b- la quantité de chaleur échangée
- c- les pressions minimum et maximum
- d- le facteur de compression
- e- les températures minimum et maximum

4- 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

5- De manière générale lequel de ces moteurs possède le meilleur rendement

- a- un moteur essence
- b- un moteur GPL
- c- un moteur diesel
- d- un moteur hybride essence/électrique
- e- une machine à vapeur

---

### Exercice d'échauffement

---

Certaines douches solaires sont constituées d'un sac plastique noir dans lequel on place de l'eau et que l'on expose au Soleil. Identifier le mode de transfert thermique :

(1) du Soleil vers le sac plastique

Réponse:

(2) du sac plastique vers l'eau qu'il contient

Réponse:

(3) dans l'eau contenue dans le sac plastique

Réponse:

---

**Exercice : un peu d'informatique.**

---

L'amélioration des performances des processeurs d'ordinateur repose notamment sur l'augmentation du nombre de composants électroniques qu'ils contiennent. Si dans les années soixante-dix ces composants se comptaient par milliers, dans les années 2010, ils se comptent en milliards grâce une miniaturisation de plus en plus poussée.

Par effet Joule, un processeur peut chauffer bien plus qu'un fer à repasser! Un radiateur à ailettes, en contact avec le processeur, associé à un ventilateur, est nécessaire pour éviter la détérioration du processeur.

---

Question 1: Expliquer comment un radiateur à ailettes permet de refroidir un processeur.

---

---

Question 2. Pourquoi le refroidissement est-il plus efficace quand la surface des ailettes est importante et quand un ventilateur est associé au radiateur?

---

---

Question 3: Certains constructeurs testent des modèles de processeurs à l'intérieur desquels de l'eau peut circuler. Justifier ce choix.

---

---

**Exercice: C'est bon pour l'environnement?**

---

En France, en 2011, environ 75 % de la production d'électricité est réalisée dans des centrales électronucléaires. L'énorme énergie libérée par la fission de l'uranium 235 ne peut techniquement pas être entièrement convertie en énergie électrique. Pour évacuer l'énergie non convertie, la centrale doit être équipée d'un circuit d'eau de refroidissement. Les centrales électronucléaires sont donc construites à proximité de rivières, fleuves, mers

ou océans. Ce circuit de refroidissement est un élément crucial pour la sécurité, car, s'il n'est plus alimenté en eau, la température peut augmenter jusqu'à la fusion du coeur du réacteur. C'est ce qui s'est passé lors de l'accident nucléaire de Fukushima en mars 2011. Le fonctionnement d'une centrale électronucléaire est modélisé par la chaîne énergétique suivante :

Le coeur du réacteur fournit à la centrale une énergie thermique  $Q$ . L'eau du circuit de refroidissement est à la température initiale  $T = 16^\circ\text{C}$  et la centrale lui fournit une énergie thermique  $Q'$ . Le travail électrique fourni par la centrale au réseau électrique est noté  $W$ . Le rendement de conversion de la centrale vaut 33 %.

---

Question 1: Etablir le bilan énergétique de la centrale en précisant le signe de grandeurs qui interviennent.

---

---

Question 2: Comment se traduit la conservation de l'énergie lors du fonctionnement de cette centrale?

---

---

Question 3: Définir le rendement de conversion  $\rho$  de cette centrale électronucléaire.

---

---

Question 4: Dédire de ce qui précède l'expression du transfert thermique entre la centrale et l'eau du circuit de refroidissement en fonction de  $W$  et  $\rho$ .

---

---

Question 5: Quelle est la conséquence pour l'eau du circuit de refroidissement de ce transfert thermique? Quel impact cela a-t-il sur l'environnement?

---

---

Question 6: En 600s, la masse d'eau qui va circuler au contact de la centrale est  $m = 4,2 \cdot 10^4 \times 600 = 2,52 \cdot 10^7 \text{ kg}$ . Calculez la variation de température de cette eau.

---

---

Question 7: Comment limiter cette augmentation de température? D'un point de vue thermodynamique pourquoi est-ce important?

---

---

Question 8: Quel est le type de réacteur majoritairement utilisé en France? Quel est la différence avec le réacteur de type CANDU?

---

---

---

### Exercice: 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 chaine 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.

---

**Exercice Bonus: Peut-on détruire une planète avec l'étoile noire ou tout autre engin disposant d'un laser puissant?**

La saga Star Wars vient de se finir au cinéma. Un des éléments récurrents de tous les épisodes est la destruction d'une planète avec un engin spatial (étoile noire, étoile de la mort, base Star Killer,...) à l'aide d'un rayon laser. L'objectif de cet exercice bonus n'est pas de discuter sur la qualité de la fin de la saga et des derniers films en particulier mais de voir quelle énergie est nécessaire pour détruire une planète.

L'énergie de cohérence d'une planète est donnée par  $U = \frac{3.G.M_p^2}{5.R_p}$  avec  $G = 6.674 \times 10^{-11} N.(m/kg)^2$ ;  $M_p = 5,97.10^{24} kg$ ;  $R_p = 6371 km$ .

Afin de détruire une planète, il faudrait fournir une énergie au moins égale à cette énergie de cohérence. La puissance du soleil est de l'ordre de  $3,8651.10^{26} W$ . Combien de temps faudrait-il exposer la planète à cette puissance pour la détruire en supposant que la conversion a un rendement unitaire? Doit-on craindre ce type d'arme?