



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2010

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

SESSION 2010

U22 - SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures - Coefficient : 2

SUJET

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet est composé de 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7.

L'annexe en page 7/7 est à rendre avec la copie

L'usage de la calculatrice est autorisé.

*La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction
interviendront dans l'appréciation des copies.*

CODE ÉPREUVE : 1006MOE2SC	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION : 2010	SUJET	ÉPREUVE : U22 - SCIENCES PHYSIQUES	
Durée : 2 h	Coefficient : 2	SUJET N°: 27ED09	Page : 1/7

Problème de thermodynamique (11 points)

Moteur HPI à injection directe essence

Dans un système à injection directe, le carburant est directement injecté sur la tête des pistons qui a une forme particulière. L'injection est réalisée à très haute pression grâce à une rampe d'injection commune aux injecteurs électromagnétiques. Le moteur HPI peut être conçu selon deux modes de fonctionnement :

- Fonctionnement à mélange air/essence homogène.
- Fonctionnement à mélange air/essence pauvre.

On étudiera dans un premier temps le cycle thermodynamique du moteur à injection directe en mode « à mélange homogène » puis en mode « pauvre ». Et on comparera d'un point de vue énergétique les deux modes de fonctionnement.

Données :

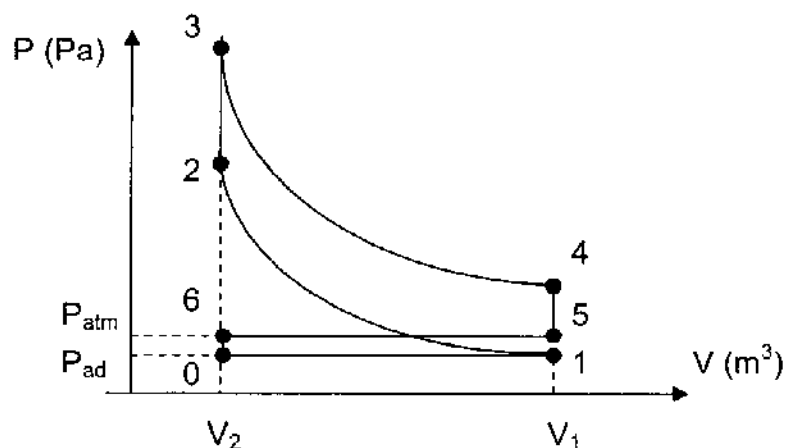
- Moteur à 4 cylindres :
 - Volume d'un cylindre : $V = 500 \text{ cm}^3 = V_1 - V_2$ avec $V_1 = 550 \text{ cm}^3$
 - Rapport volumétrique : $\varepsilon = 11 = V_1 / V_2$ (voir cycles)
- Les gaz admis dans le cylindre sont supposés parfaits :
 - Les constantes des gaz sont égales : $r_{\text{air}} = r_{\text{mélange}} = r = 287 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
 - Les capacités thermiques massiques à volume constant sont égales :
 $C_v = C_{v, \text{air}} = C_{v, \text{mélange}} = 717 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
 - Exposant isentropique : $\gamma = 1,4$
- Pouvoir calorifique inférieur du carburant : $\text{PCI} = 4,5.10^7 \text{ J.kg}^{-1}$
- Conditions ambiantes :
 - Température ambiante : $T_{\text{atm}} = 293 \text{ K}$
 - Pression atmosphérique : $P_{\text{atm}} = 1,00.10^5 \text{ Pa}$

Les deux parties peuvent être traitées indépendamment.

L'étude proposée concerne un seul cylindre.

On fournira l'expression littérale puis l'application numérique lors des calculs.

1. Étude du cycle moteur en mode à mélange homogène



Le cycle théorique étudié est un cycle à admission partielle dérivé du cycle de Beau de Rochas. On admet qu'il est formé de deux boucles :

- La boucle supérieure (1, 2, 3, 4, 1) est constituée de deux isentropiques réversibles et de deux isochores.
- La boucle inférieure (0, 1, 5, 6, 0) est formée de deux opérations mécaniques de transvasement (admission $0 \rightarrow 1$ à P_{ad} et échappement $5 \rightarrow 6$ à P_{atm}) et de deux isochores.

1.1. Sachant que la pression de fin d'admission est $P_1 = P_{ad} = 0,5 \cdot 10^5$ Pa et la température $T_1 = 293$ K, déterminer la masse de mélange $m_{mél}$ au point 1 du cycle.

1.2. En fin de compression, exprimer la température T_2 en fonction du rapport volumétrique ϵ et calculer sa valeur.

1.3. En mode "mélange homogène" le dosage est stœchiométrique :

$$d_S = m_{\text{carburant}} / m_{\text{air}} = 1 / 15$$

On suppose aussi l'apport thermique Q_{23} égal à l'énergie de combustion : Q_c .

1.3.1. Montrer que la masse de carburant est : $m_{\text{carburant}} = 2,04 \cdot 10^{-5}$ kg.

1.3.2. Calculer l'énergie de combustion apportée au cours d'un cycle : Q_{23} .

1.4. En fin de combustion calculer la température T_3 des gaz.

1.5. À partir de la définition du travail des forces de pression dans le cas de transformation réversible, exprimer et calculer le travail W_{01} et le travail W_{56} fournis au gaz par le piston. Montrer que $W_{01} + W_{56} = 25$ J.

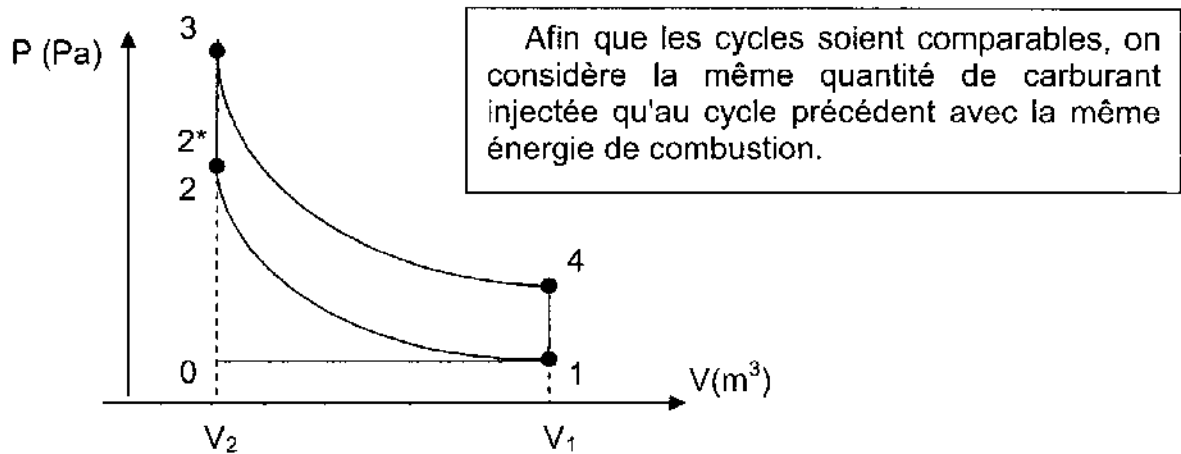
1.6. À partir du premier principe, exprimer et calculer W_{12} . On prendra :

$$m_{mél} = 327 \cdot 10^{-6} \text{ kg et } T_2 = 765 \text{ K.}$$

De même, on trouverait : $W_{34} = -676$ J.

1.7. À partir de la définition du rendement, calculer le rendement thermodynamique théorique η_1 de l'ensemble du cycle (0 à 6) pour ce mode de fonctionnement.

2. Étude du cycle moteur en mode à mélange pauvre



On admet les hypothèses suivantes :

- la pression d'admission $P_{ad} = P_1 = 0,9 \cdot 10^5$ Pa étant voisine de la pression atmosphérique, on néglige la boucle inférieure et on assimile le cycle théorique au cycle de Beau de Rochas.
- le point 2, début d'injection, est situé à la fin de la phase de compression. La masse d'air contenu dans le cylindre est égale à $m_{air} = 534 \cdot 10^{-6}$ kg.
- le point 2* est situé à la fin de la phase d'injection de la masse d'essence $m_{carburant}$. Le cylindre contient maintenant une masse de mélange :
$$m_{mél} = m_{air} + m_{carburant} = 554 \cdot 10^{-6} \text{ kg.}$$
- la température des gaz d'échappement en sortie du cylindre doit être $T_4 = 1200$ K pour obtenir un bon fonctionnement du catalyseur.

2.1

2.1.1 Comparer la proportion de carburant utilisée ici au dosage stœchiométrique utilisé dans la partie précédente.

2.1.2 Pourquoi le mode d'injection envisagé ici est dit à « mélange pauvre ».

2.2 Comparaison des deux modes d'injection étudiés dans les deux parties.

2.2.1 Calculer la pression P_3 à partir de T_4 .

2.2.2 Comparer P_3 à la pression maximale de 88 bars obtenue au point 3 dans le cas d'un mélange homogène dans la partie 1. Comparer sans calcul les travaux moteurs des deux modes homogène et pauvre.

2.2.3 Le cycle étudié dans cette partie ne comporte pas de boucle inférieure. Quelle conséquence cela a-t-il sur le travail total fourni par le moteur ?

2.2.4 Comparer sans calcul les rendements des deux modes d'injection et justifier que l'injection en mode à mélange pauvre permet une baisse appréciable de la consommation de carburant.

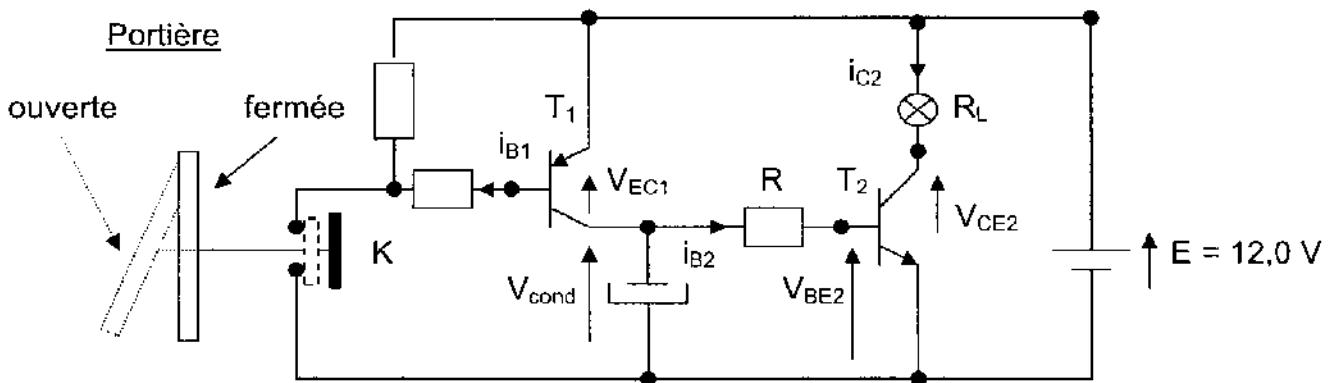
Problème d'électronique (9 points)

Étude d'un éclairage de plafonnier

Données

- Résistance et puissance nominales de la lampe : $R_L = 100 \Omega$, $P_L = 1,5 \text{ W}$.
- Le transistor T_1 , quand il conduit, est en régime de saturation avec $V_{EC1} = 0 \text{ V}$.
- Le transistor T_2 :
 - lorsqu'il est en régime linéaire, on a : $V_{BE2} = 0,70 \text{ V}$ et un coefficient d'amplification $\beta = i_{C2} / i_{B2} = 60$;
 - lorsqu'il fonctionne en régime de saturation on a : $V_{CE2} = 0 \text{ V}$ et $V_{BE2} = 0,70 \text{ V}$.
- $R = 1,00 \text{ k}\Omega$.

Schéma



A) On ouvre la portière : l'interrupteur K est fermé

- 1) Donner le type du transistor T_1 et justifier par une phrase (sans calcul) que T_1 est passant.
- 2) En déduire la valeur de la tension V_{cond} aux bornes du condensateur.
- 3) Calculer l'intensité du courant de base i_{B2} du transistor T_2 .
- 4) On veut montrer que le transistor T_2 est bien saturé. Exprimer et calculer :
 - a) I_{C2sat} l'intensité de saturation du courant collecteur i_{C2} du transistor T_2 .
 - b) $I_{B2min,sat}$ l'intensité minimale du courant de base i_{B2} qui sature ce transistor.
 - c) Comparer $I_{B2min,sat}$ avec i_{B2} et conclure.
- 5) Calculer la puissance de fonctionnement de la lampe, comparer avec sa puissance nominale et conclure.

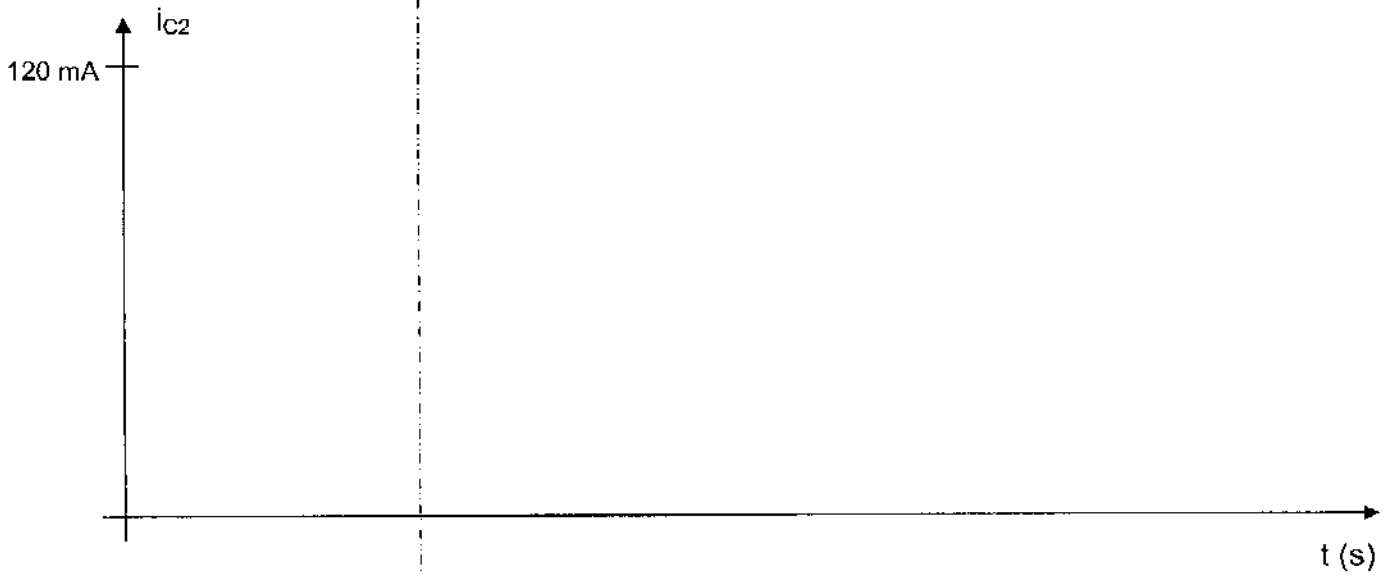
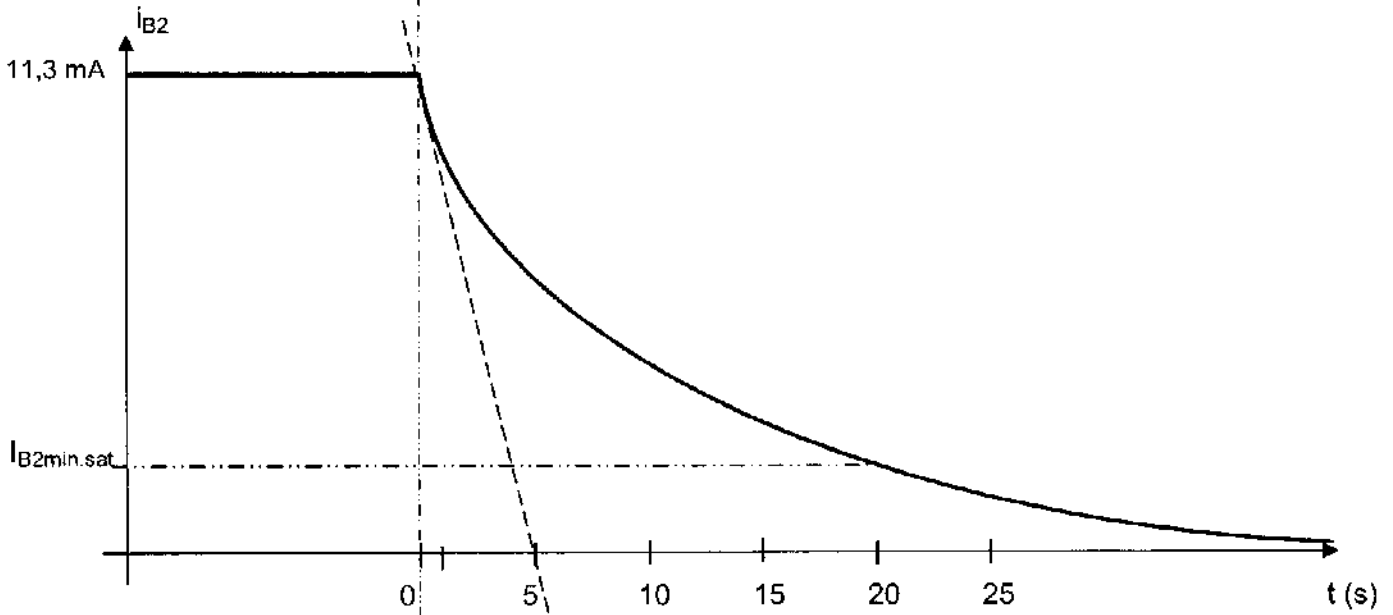
B) On referme la portière : l'interrupteur K est ouvert

- 1) Donner l'état de fonctionnement du transistor T_1 .
- 2) Dessiner le circuit de décharge du condensateur. Exprimer sa constante de temps τ .
- 3) On montre que l'expression de i_{B2} est de la forme : $i_{B2} = A e^{-t/\tau}$ (on prend comme origine des temps l'instant de fermeture de la portière).
 - a) Déterminer à partir de la courbe donnée en annexe, représentant l'évolution de i_{B2} en fonction du temps, les valeurs de A et de τ .
 - b) En déduire la valeur de la capacité C du condensateur.
- 4) Représenter sur **l'annexe à rendre avec la copie** l'évolution de i_{C2} en fonction du temps et compléter le tableau correspondant à l'état de fonctionnement de la lampe au cours du temps.

Annexe (feuille à rendre avec la copie)

Portière ouverte

Portière refermée



État de la lampe		
------------------	--	--