



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**

session 2011

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

SESSION 2011

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 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6.

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 : 2011	SUJET	ÉPREUVE : U22 - SCIENCES PHYSIQUES	
Durée : 2 h	Coefficient : 2	SUJET N°: 28ED09	Page : 1/6

THERMODYNAMIQUE (9 points)

En raison du coût élevé des produits pétroliers, des motoristes recherchent une alternative aux carburants traditionnels. Le moteur HylCE utilise du dihydrogène comme combustible dans un moteur traditionnel à combustion interne. Le dihydrogène est injecté sous forme gazeuse.

Les gaz sont supposés parfaits.

Données :

- composition volumique de l'air : 80 % de diazote et 20 % de dioxygène ;
- pouvoir calorifique inférieur du dihydrogène : PCI (H₂) = 120 .10³ kJ.kg⁻¹ ;
- constante des gaz parfaits : R = 8,32 J .mol⁻¹.K⁻¹ ;
- masse molaire du dihydrogène : M(H₂) = 2,02 g.mol⁻¹ ;
- capacité thermique molaire à volume constant des gaz : c_v = 20,0 J.mol⁻¹.K⁻¹ ;
- coefficient des gaz parfaits : $\gamma = c_p/c_v = 1,40$.

1. Admission du dihydrogène

On étudie la réaction de combustion du dihydrogène avec le dioxygène. Les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques.

1.1. Écrire et équilibrer la réaction de combustion du dihydrogène avec le dioxygène sachant que le produit de combustion est uniquement de l'eau. En déduire que le volume de dioxygène introduit dans les proportions stœchiométriques est deux fois plus faible que celui du dihydrogène.

1.2. La combustion du dihydrogène est réalisée en utilisant de l'air. Le volume de dihydrogène n'est pas négligeable devant celui de l'air. On se place dans les proportions stœchiométriques. Montrer que pour un cylindre de volume V_C le volume de dioxygène dans le cylindre est :

$$V(\text{O}_2) = V_C / 7$$

1.3. Le volume du cylindre est V_C = 300 cm³ et le volume molaire des gaz injectés : V_m = 25,0 L.mol⁻¹.

1.3.1. Déterminer le volume de dihydrogène et la quantité de matière n_{H₂} injectée.

1.3.2. Calculer l'énergie thermique Q_{th} fournie par la combustion de cette quantité.

2. Cycle moteur théorique

Le cycle théorique peut être décrit par un cycle d'OTTO - BEAU DE ROCHAS dont on néglige le transvasement pour des raisons de commodité.

Premier temps

- A à B : compression ISENTROPIQUE (V_A = 300 cm³ ; T_A = 300 K ; P_A = 1,00.10⁵ Pa)

Deuxième temps

- B à C : combustion ISOCHORE (V_B = 34,0 cm³)

Troisième temps

- C à D : détente ISENTROPIQUE (T_D = 1020 K)

Quatrième temps

- D à A : détente ISOCHORE.

2.1 Définir les termes "isochore" et "isentropique".

2.2 Montrer que la température T_B est égale à 717 K.

2.3 Détermination de la température T_C

2.3.1 Montrer que la température T_C peut se mettre sous la forme :

$$T_C = T_B + \frac{Q_{BC}}{n_0 c_v}$$

avec :

- o Q_{BC} : l'énergie thermique reçue par le gaz lors de la transformation BC ;
- o n_0 : la quantité de matière de gaz dans le cylindre après la combustion.

2.3.2 On donne $n_0 = 1,20 \cdot 10^{-2}$ mol et $Q_{BC} = 435$ J.
Pourquoi Q_{BC} est-elle inférieure à Q_{th} ?

2.3.3 Calculer la température T_C .

2.4 Déterminer l'expression du rendement η en fonction des énergies thermiques échangées lors du cycle.

2.5 En déduire que l'expression du rendement théorique η peut être mis sous la forme :

$$\eta = 1 + \frac{T_A - T_D}{T_C - T_B}$$

Calculer η .

2.6 Le rendement peut s'exprimer en fonction du rapport volumétrique $\varepsilon = V_A / V_B$:

$$\eta = 1 - \varepsilon^{1-\gamma}$$

En réalité, le dihydrogène gazeux est injecté tardivement dans la chambre de combustion. Cela permet d'avoir un rapport volumétrique plus grand. Quel est l'effet de cette procédure sur le rendement ? Justifier votre réponse.

ÉLECTRONIQUE (11 points)

Le dihydrogène utilisé dans le moteur HylCE est stocké dans un réservoir à très basse température sous une pression maximale de 4,5 bars. Afin de limiter les risques de surpression en cas d'accident, on place une soupape de sécurité qui s'ouvre et permet au carburant de s'échapper dans l'air.

Des capteurs de pression placés en différents points du réservoir et du conduit d'admission permettent d'assurer le contrôle du dispositif.

Le schéma simplifié de la chaîne électronique ci-dessous (Figure 1) peut assurer ce fonctionnement.

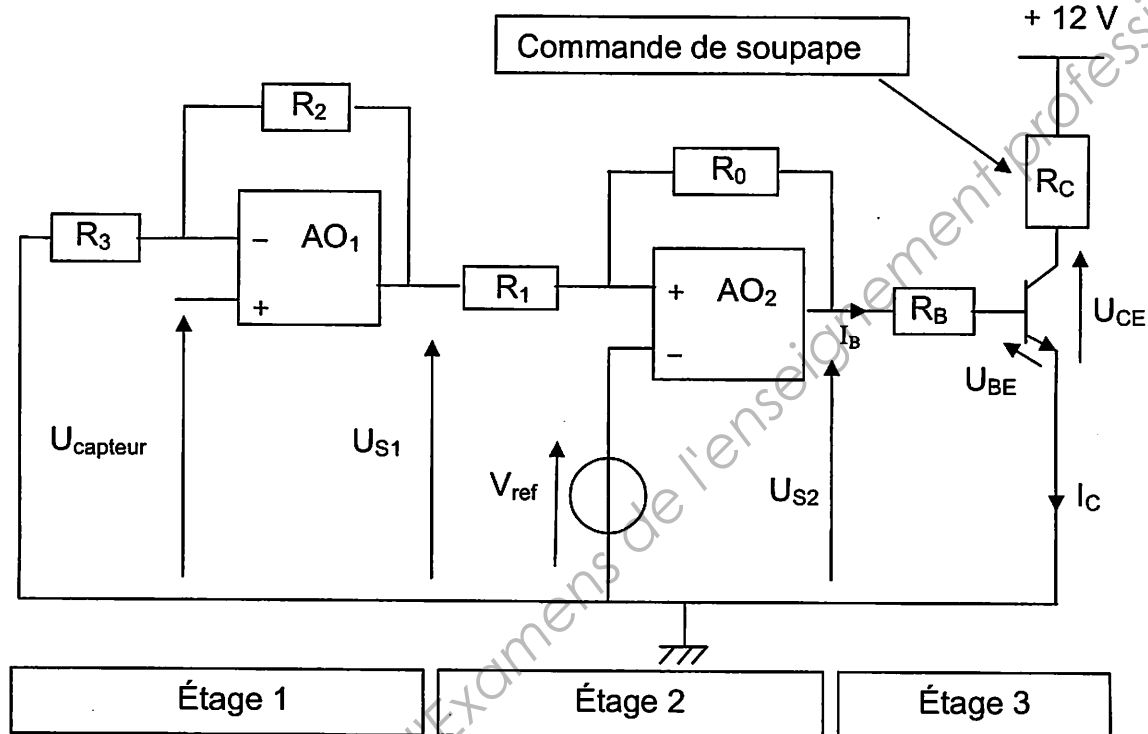


Figure 1

Données :

$R_0 = 1,00 \text{ M}\Omega$; $R_1 = 150 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 99,0 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 1,00 \text{ k}\Omega$; $V_{\text{ref}} = 2,40 \text{ V}$.

Les amplificateurs opérationnels sont considérés parfaits et alimentés par une source de tension constante symétrique. Les tensions de saturation sont $\pm U_{\text{sat}}$ avec $U_{\text{sat}} = 12,0 \text{ V}$.

1. Étude de l'étage 1

L'amplificateur opérationnel AO_1 fonctionne en régime linéaire.

1.1. Donner la propriété d'un amplificateur parfait fonctionnant en régime linéaire.

1.2. Démontrer que la tension U_{S1} peut se mettre sous la forme :

$$U_{S1} = 100 U_{\text{capteur}}$$

U_{S1} représente la tension de sortie de l'amplificateur AO_1 .

U_{capteur} est la tension aux bornes du capteur de pression.

1.3. La caractéristique de transfert du capteur, $U_{\text{capteur}} = f(P)$, où P est la pression dans le réservoir, est donnée sur la courbe 1 page 6/6. Déterminer la valeur de U_{capteur} quand la pression maximale est atteinte dans le réservoir.

2. Étude de l'étage 2

L'amplificateur opérationnel AO₂ fonctionne en régime saturé.

La caractéristique de transfert, $U_{S2} = f(U_{S1})$, est donnée sur la courbe 2, page 6/6.

2.1 À l'aide de la courbe 2, déterminer les valeurs :

- U_{HAUT} de U_{S1} pour laquelle U_{S2} bascule de $-U_{sat}$ à $+U_{sat}$.
- U_{BAS} de U_{S1} pour laquelle U_{S2} bascule de $+U_{sat}$ à $-U_{sat}$.

2.2 Initialement, $U_{S2} = -U_{sat}$. Le basculement de U_{S2} à $+U_{sat}$ actionne l'ouverture de la soupape de sécurité. Déterminer la pression dans le réservoir à partir de laquelle la soupape s'ouvre.

2.3 Une fois la soupape ouverte, elle se referme pour $U_{S1} = U_{BAS}$, ce qui se produit pour une pression de 1 bar.

2.3.1 Décrire sans calcul l'évolution du système s'il se produit un accident entraînant une surpression dans le réservoir.

2.3.2 Pourquoi utilise-t-on un tel montage, dit à hystérésis, pour actionner la soupape d'évacuation du réservoir plutôt qu'un montage à une seule valeur de basculement ?

2.4 On étudie maintenant le montage afin de retrouver les valeurs de U_{S1} pour lesquelles on a basculement.

2.4.1 Exprimer le potentiel V^+ à l'entrée non inverseuse de l'amplificateur AO₂ en fonction de R_0 , R_1 , U_{S2} et U_{S1} .

En déduire que $V^+ = 0,130.U_{S2} + 0,869.U_{S1}$.

2.4.2 Initialement, $U_{S2} = -U_{sat}$. Retrouver par le calcul la valeur de U_{S1} faisant basculer la tension de sortie de l'amplificateur AO₂ à $+U_{sat}$ (on rappelle que $V_{ref} = V^- = 2,40$ V).

3. Étude de l'étage 3

Le transistor est monté pour fonctionner en commutation.

Sa tension de saturation est $U_{CEsat} = 0,20$ V et la tension base émetteur $U_{BE} = 0,70$ V.

Le rapport d'amplification β en régime linéaire est : $\beta = I_C / I_B = 150$.

La commande de la soupape est modélisée par une résistance $R_C = 50,0$ Ω . La valeur de l'intensité I_C permettant l'ouverture de la soupape est de 220mA.

3.1. Donner les deux états de fonctionnement d'un transistor en commutation.

3.2. Comportement à saturation.

3.2.1. À saturation, calculer la valeur de l'intensité du courant I_C circulant dans la résistance R_C .

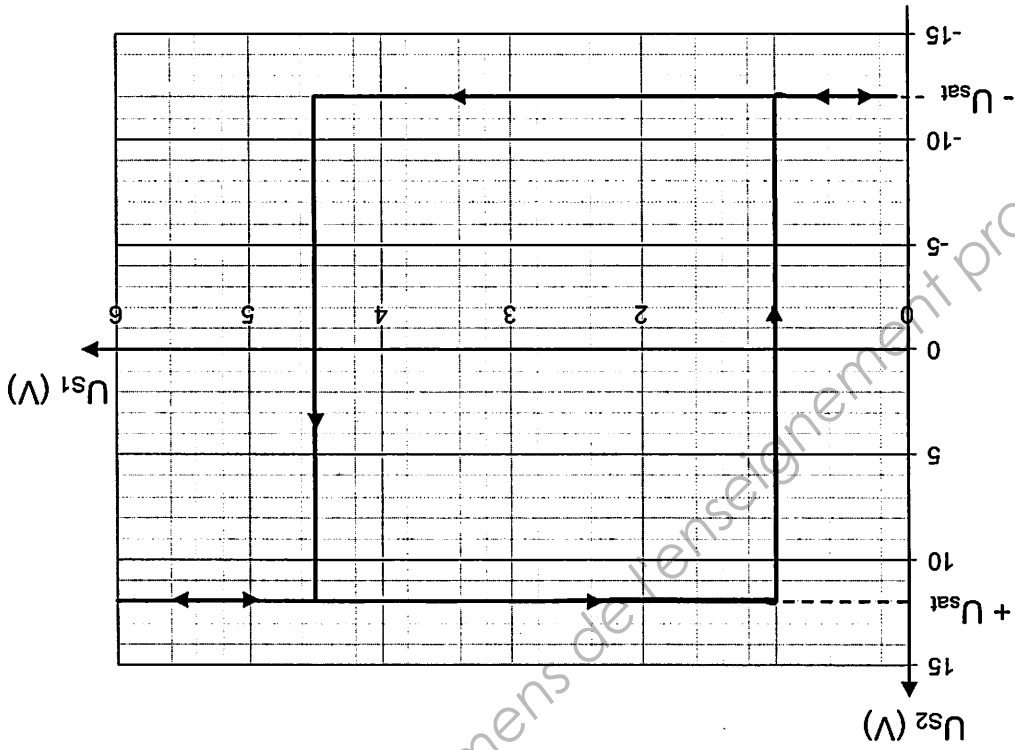
3.2.2. En déduire l'état de la soupape à saturation.

3.3. Condition sur le montage pour être à saturation

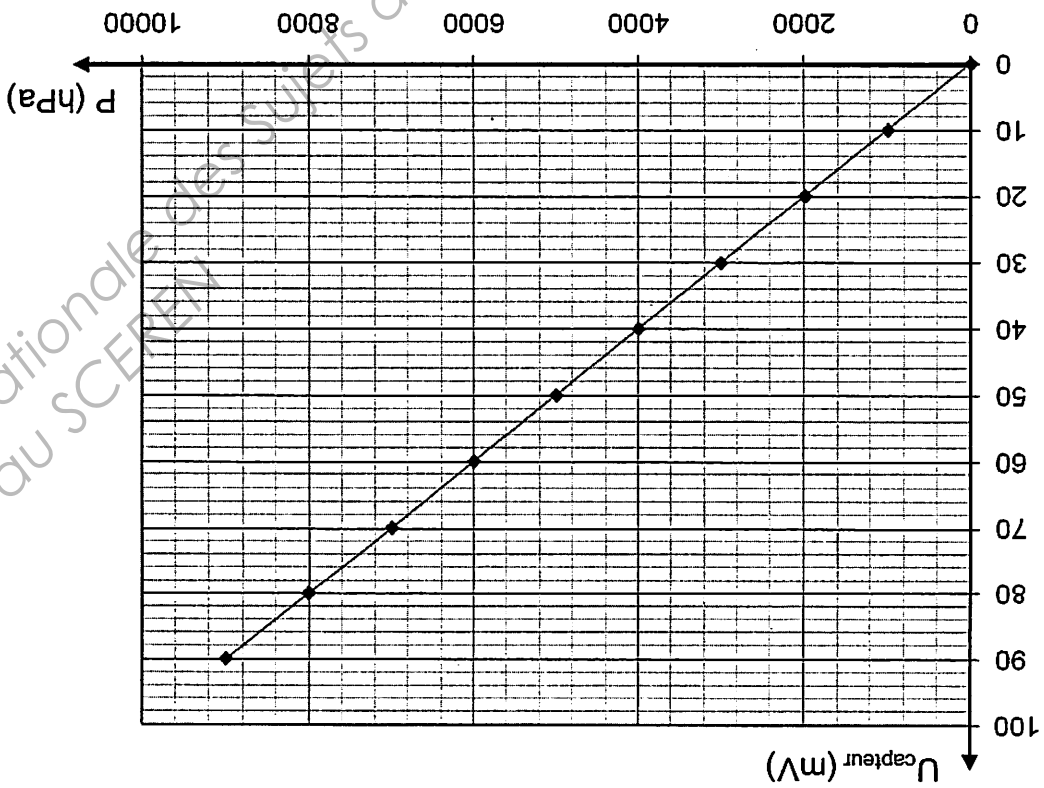
3.3.1. Déterminer la valeur minimale de l'intensité du courant I_B à la base du transistor afin que ce dernier soit saturé quand on veut ouvrir la soupape.

3.3.2. En déduire la valeur maximale de R_B permettant cette saturation.

Courbe 2



Courbe 1



Annexe : courbes pour le problème d'électronique

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN