



**LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Réseau Canopé
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

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

BTS MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE DES ENGIN DE TRAVAUX PUBLICS ET DE MANUTENTION

SCIENCES PHYSIQUES – U. 32

SESSION 2018

Durée : 1 heure 30
Coefficient : 1

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Document à rendre et àagrafer à la copie :

- document-réponse..... page 10/10

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

BTS MAVETPM	Session 2018
Sciences physiques – U. 32	Code : MME3SC Page : 1/10

Étude d'une pelle hydraulique avec accumulateur d'énergie

Afin de se conformer aux nouvelles normes européennes sur les émissions de CO_2 , un technicien décide de modifier une pelle hydraulique, dans le but de réaliser des économies de carburant.

Sur une pelle hydraulique, les mises à l'arrêt de l'engin et de sa tourelle s'effectuent par frottement, ce qui occasionne une perte d'énergie. L'objectif du projet est d'éviter cette perte en convertissant l'énergie cinétique afin de stocker de l'énergie dans des réservoirs appelés « *accumulateurs hydropneumatiques à vessie* ».

Ces réservoirs contiennent de l'azote gazeux. Lors des freinages, l'azote présent dans un réservoir est comprimé. Puis, lors du redémarrage de l'engin, la détente du gaz permet alors de récupérer une partie de cette énergie. Ce dispositif permet donc de diminuer la consommation de gazole.



Le sujet comporte trois exercices qui peuvent être traités de façon indépendante.

Partie 1 : étude énergétique de la combustion du diesel (6 points).

Partie 2 : étude de l'accumulateur hydropneumatique (8 points).

Partie 3 : système de détection de surpression (6 points).

PARTIE 1 : étude énergétique de la combustion du diesel (6 points).

Cet engin avant modification consomme en moyenne un volume de carburant de 21,0 L par heure. On considère que le carburant utilisé est du diesel de formule brute $C_{16}H_{34}$ de masse volumique $840 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Q 1. Citer la famille à laquelle appartient le carburant $C_{16}H_{34}$.

Q 2. Déterminer la masse de diesel consommée pour une heure.

Q 3. Déterminer la quantité de matière n de diesel nécessaire pour une utilisation d'une heure.

Q 4. Déterminer l'énergie thermique produite Q_d lors de la combustion complète du volume de 21,0 L de diesel, qui correspondent à une masse de 17,6 kg.

On donne le pouvoir calorifique : $Pc = 44,8 \times 10^6 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$

Q 5. Déterminer l'énergie mécanique E_m utilisable en une heure si le rendement du moteur diesel de l'engin est estimé à 26 %. On considère que l'énergie thermique produite est égale à 800 MJ.

Q 6. La documentation technique de l'engin donne une puissance mécanique P de 58 kW, préciser si cette valeur de P est cohérente avec le calcul précédent.

Données :

$$M_C = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M_H = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M_O = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

PARTIE 2 : étude de l'accumulateur hydropneumatique (8 points).

Principe de fonctionnement de l'accumulateur hydropneumatique : FIGURE 1.

L'accumulateur comprend un réservoir gonflé avec de l'azote gazeux qui subit un cycle selon deux phases principales. Lors du freinage, de l'huile entre dans l'accumulateur ce qui met le gaz sous pression (phase de stockage d'énergie). Le fonctionnement s'inverse lors du redémarrage (phase de restitution d'énergie).

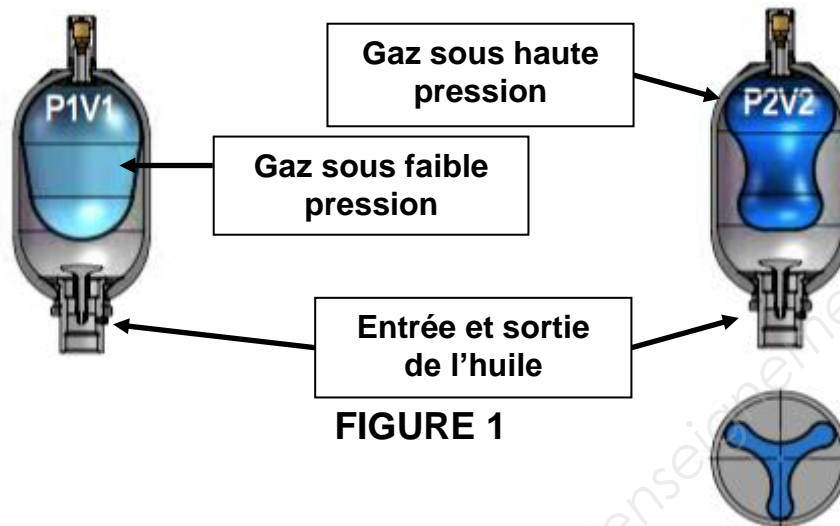


FIGURE 1

*Accumulateur avant
récupération d'énergie*

*Accumulateur sous pression,
ayant récupéré de l'énergie*

L'azote présent dans l'accumulateur est assimilé à un gaz parfait. Le réservoir contient une quantité de matière n égale à 40 mol de gaz.

Le cycle de transformation subi par l'azote gazeux est représenté sur la figure 2 ci-après.

Il comporte en réalité quatre transformations considérées comme réversibles et décrites ci-dessous.

- Transformation de 1 à 2 : transformation à température constante qui correspond à la phase de stockage de l'énergie emmagasinée lors du freinage (phase de compression).
- Transformation de 2 à 3 : refroidissement.
- Transformation de 3 à 4 : transformation à température constante qui correspond à la phase de restitution de l'énergie sous forme mécanique (phase de détente).
- Transformation de 4 à 1 : transformation à pression constante.

Données :

- $n = 40$ mol ;
- $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $1 \text{ bar} = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$
- Travail lors d'une transformation à température constante : $W = -nRT \cdot \ln\left(\frac{V_{final}}{V_{initial}}\right)$;
- Travail lors d'une transformation à pression constante : $W = -p \cdot (V_{final} - V_{initial})$.

BTS MAVETPM		Session 2018
Sciences physiques – U. 32	Code : MME3SC	Page : 4/10

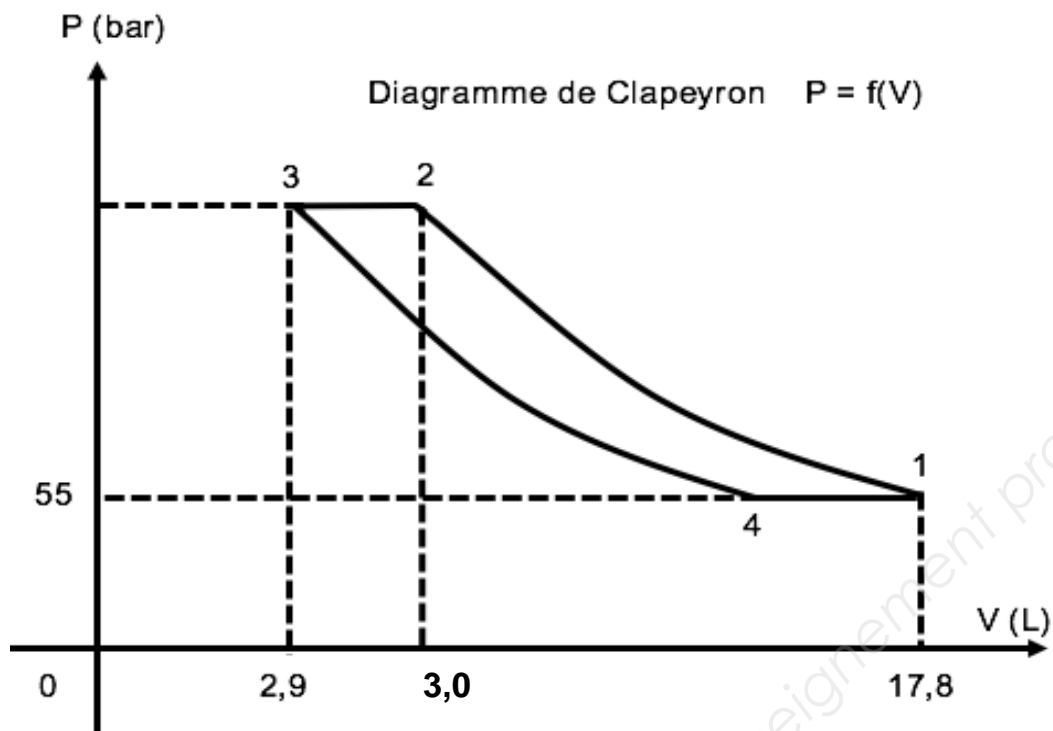


FIGURE 2

Étude de la transformation de 1 à 2.

Q 7. Par lecture du graphique, donner les valeurs de la pression P_1 en pascal (Pa) et du volume V_1 en m^3 du gaz dans l'état 1.

Q 8. Proposer un adjectif qui caractérise la transformation de 1 à 2.

Q 9. En déduire l'expression de la pression P_2 en fonction de V_1 , V_2 , P_1 . À l'aide de la figure 2, lire la valeur du volume V_2 , puis calculer la pression P_2 .

Q 10. Déterminer la température T_1 de l'azote présent dans l'accumulateur.

Q 11. Déterminer l'énergie mécanique W_{12} , emmagasinée par l'accumulateur lors de la transformation de 1 à 2, à l'aide des relations fournies.

Étude de la transformation de 2 à 3.

Q 12. Proposer un adjectif caractérisant la transformation de 2 à 3.

Q 13. En déduire la valeur de la pression P_3 .

Évaluation du volume de carburant économisé.

On considère que l'énergie mécanique économisée correspond au travail effectué par le gaz lors de la transformation de 3 vers 4. Ce travail vaut 170 kJ.

Q 14. Déterminer le volume de gasoil correspondant à l'énergie économisée lors d'un cycle, sachant que ce carburant possède un pouvoir calorifique P_c égal à $36,5 \times 10^6 \text{ J}\cdot\text{L}^{-1}$.

Q 15. Sachant que l'engin possède deux accumulateurs et qu'en moyenne 120 cycles sont réalisés par heure pour chaque accumulateur, déterminer le volume global de gasoil économisé par heure de fonctionnement.

Q 16. À l'aide du tableau ci-dessous, extraire l'information qui permet de donner la référence de l'accumulateur choisi pour la réalisation de ce système de récupération.

CARACTÉRISTIQUES ET DIMENSIONS

ABVE	Code LEDUC	Capacité azote V_0 litres	Pression maxi (bar)	Masse (kg)
ABVE 4	066850	3,7	350	14
ABVE 10	066860	9,2	330	30
ABVE 20	066870	17,8	330	50
ABVE 32	066880	32	330	80
ABVE 50	066890	48,5	330	100

PARTIE 3 : étude du capteur de pression (6 points).

Une pression trop importante d'azote dans un réservoir est susceptible d'occasionner des dégâts irréversibles. Il est donc nécessaire de mesurer la pression à l'aide d'un capteur et de signaler les dépassements par allumage d'un voyant lumineux. On étudiera donc successivement le capteur (partie A) et de détecteur de surpression (partie B).

Partie A : étude du capteur de pression

1) Le convertisseur

La caractéristique du capteur de pression utilisé est représentée sur la figure 3.

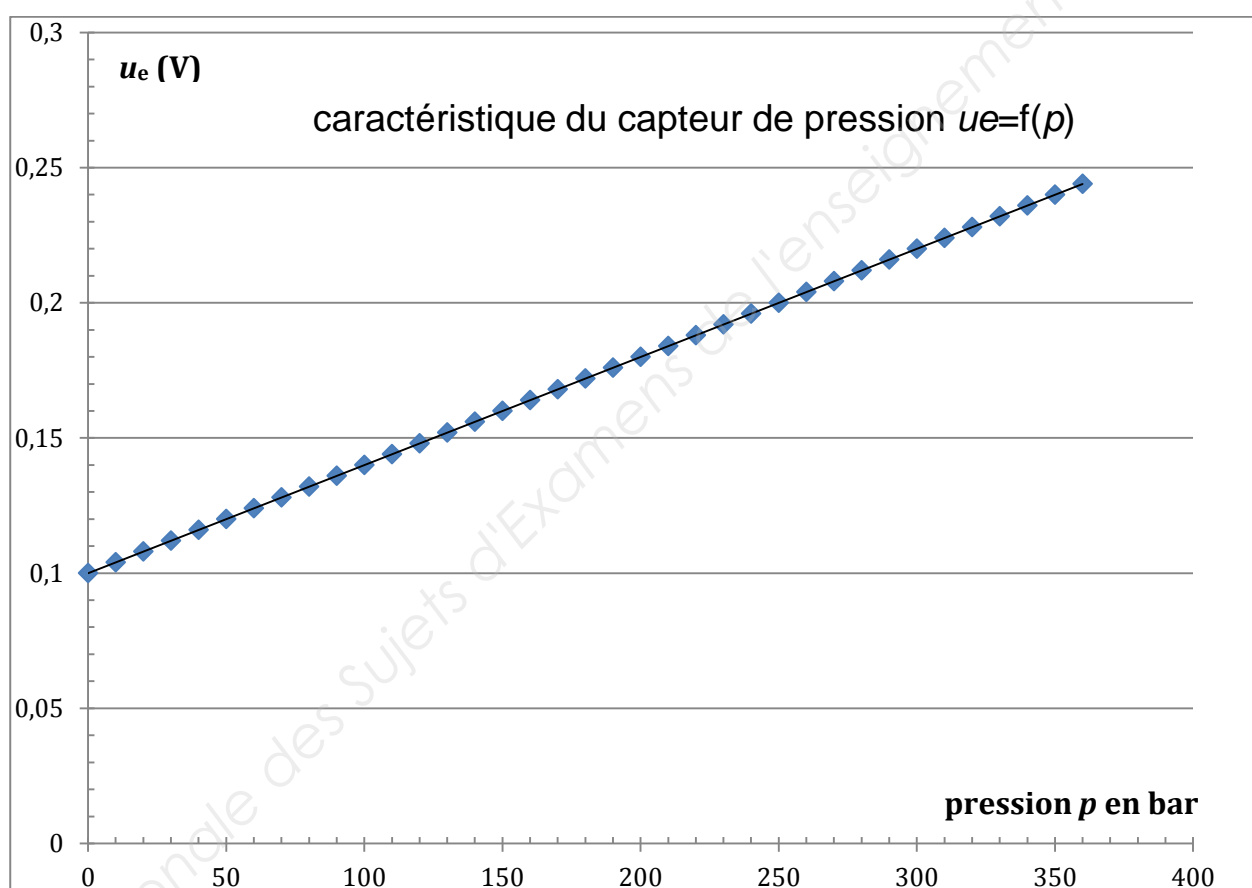


FIGURE 3

Q 17. Par lecture graphique, compléter la ligne correspondante à la tension u_e dans le tableau document-réponse (page 10/10).

BTS MAVETPM	Code : MME3SC	Session 2018
Sciences physiques – U. 32		Page : 7/10

2) Amplification du signal fourni par le capteur

Le circuit représenté sur la **FIGURE 4** permet d'amplifier le signal u_e fourni par le capteur. L'AOP représenté sur cette figure est monté en amplificateur de tension, et la tension de sortie a pour expression :

$$u_{s1} = \left(1 + \frac{R_2 + R_v}{R_1} \right) \cdot u_e$$

avec $\frac{R_2 + R_v}{R_1} = 15,7$

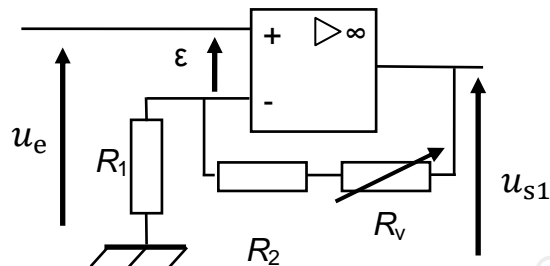


FIGURE 4

Q 18. Exprimer u_{s1} en fonction de p sachant que : $u_e = 0,1 + 4,0 \times 10^{-4} \times p$

Q 19. Compléter la ligne de la tension u_{s1} dans le tableau du document-réponse.

Partie B : circuit de détection de surpression : FIGURE 5

La pression maximale de bon fonctionnement p_{\max} vaut 360 bar. Lorsque cette valeur est atteinte, la LED D s'allume afin de signaler le défaut.

L'amplificateur opérationnel représenté sur la figure 5 est supposé parfait. Ses tensions de saturation seront supposées égales à 0 V et 12 V. L'amplificateur fonctionne en régime non linéaire.

Données :

$$E = 12 \text{ V}$$

$$R_3 = 1000 \ \Omega$$

$$R_4 = 2000 \ \Omega$$

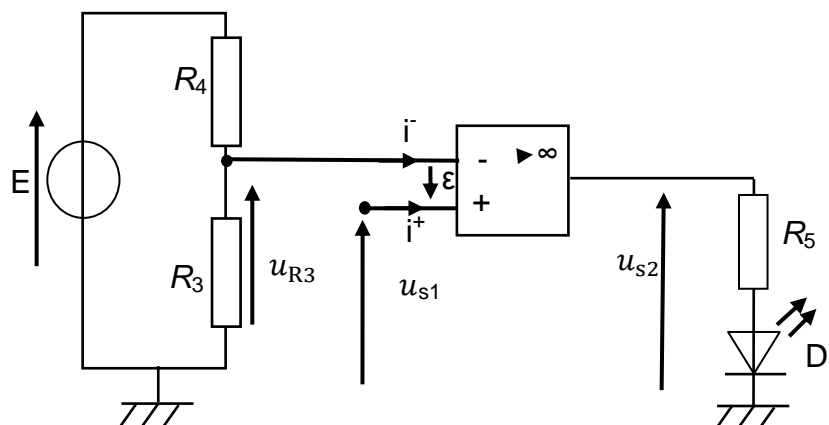


FIGURE 5

Q 20 Déterminer à l'aide du diviseur de tension la valeur de la tension u_{R3} aux bornes de la résistance R_3 .

Q 21. Exprimer la différence ε entre les potentiels V^+ et V^- aux bornes d'entrée de l'amplificateur opérationnel en fonction de la tension u_{R3} et de la tension u_{s1} .

Q 22. Si ε est négatif, préciser la valeur de la tension u_{s2} et comparer les deux tensions u_{s1} et u_{R3} . Compléter la ligne du signe ε dans le tableau du document-réponse.

Q 23. Déterminer la valeur de la tension u_{s2} pour laquelle la LED s'allume. Compléter la ligne de la tension u_{s2} dans le tableau du document-réponse.

Q 24. Expliquer pourquoi ce dispositif permet de signaler le dépassement de la pression au-delà d'une valeur d'alerte. Argumenter à l'aide du tableau du document-réponse.

DOCUMENT-RÉPONSE (à rendre avec la copie)

p (bar)	0	330	360
u_e			
u_{s1}			
Signe de ε			
u_{s2}			
États de D			