Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

SESSION 2019

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MAINTENANCE DES VÉHICULES

Option A : Voitures particulières
Option B : Véhicules de transport routier
Option C : Motocycles

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

ET

DIPLÔME D'EXPERT EN AUTOMOBILE

Durée : 2 heures
Coefficient : 1

U32 : Physique - Chimie

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

Ce sujet comporte trois parties indépendantes.

Le barème est sur *20 points.*

Partie 1 : *6 points*
Partie 2 : *7,75 points*
Partie 3 : *6,25 points*

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 13 pages, numérotées de 1/13 à 13/13.

La page 13/13 est à compléter et à joindre impérativement à la copie.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Les véhicules modernes comportent plusieurs dizaines de capteurs. Certains permettent d'afficher la vitesse du véhicule, la vitesse de rotation du moteur, le niveau de carburant, la température de l'eau dans le radiateur, la pression au niveau des pneus ou du compresseur de climatisation... D'autres capteurs sont utilisés pour mesurer des grandeurs physiques nécessaires au fonctionnement optimal du véhicule, sans conduire à un affichage pour le chauffeur, mais ils sont alors directement reliés au calculateur du véhicule. Tous aident à la conduite du véhicule et à la sécurité de ses occupants.

L'étude porte sur trois types de capteurs présents dans la voiture et sur les dispositifs associés :

Partie 1 : Étude du capteur de température du liquide de refroidissement

Partie 2 : Étude de l'accéléromètre de l'airbag et du gonflage de celui-ci

Partie 3 : Étude d'un capteur du système d'injection : la sonde lambda

<u>Partie 1</u> : Étude du capteur de température du liquide de refroidissement



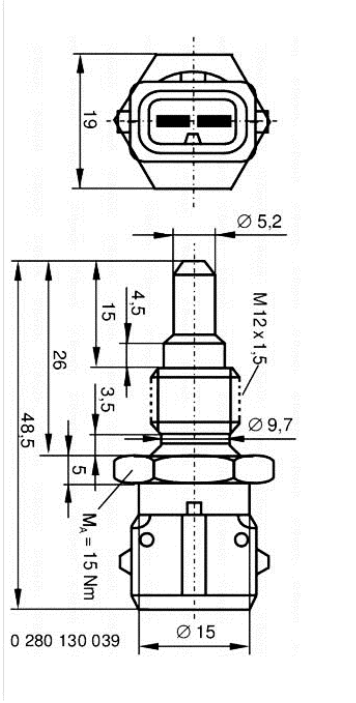
Les différentes sondes de température présentes dans un véhicule peuvent servir à mesurer les températures du liquide de refroidissement, de l'huile du moteur, de l'air d'admission, des gaz d'échappement rejetés ou de l'air de l'habitacle ; autant d'informations utiles au calculateur de bord pour assurer un bon fonctionnement du véhicule.

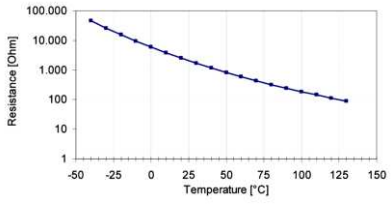
Ainsi, la « sonde de température d'eau » permet au calculateur de connaître la température du liquide de refroidissement du moteur. Le calculateur peut ainsi apporter des corrections au niveau du calcul du couple moteur, de l'injection et de l'allumage par exemple.

Les sondes de température utilisées sont construites à partir de capteurs de température appelés thermistances.

Les caractéristiques techniques de la sonde de température NTC M12 utilisée sont présentées dans le tableau ci-dessous, elles indiquent les valeurs de la résistance R_{th} de la thermistance en fonction de la température θ du liquide de refroidissement.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Temperature Sensor NTC M12	TEMPÉRATURE θ (°C)	RÉSISTANCE R_{th} (Ω)
	-30	88500
	-25	65200
	-20	48540
	-15	36480
	-10	27670
	-5	21160
	0	16330
	5	12700
	10	9950
	15	7855
	20	6245
	25	5000
	30	4029
	35	3266
	40	2664
	45	2185
	50	1802
	55	1493
	60	1244
	70	876
	80	629
	90	459
	100	340
	110	256
	120	195
	130	150



D'après les documents du constructeur

1.1 Indiquer les grandeurs d'entrée et de sortie de ce capteur.

1.2 Indiquer si ce capteur est passif ou actif. Justifier votre réponse.

1.3 D'après les éléments ci-dessus, décrire l'évolution de la résistance du capteur lorsque la température varie. Indiquer si ce capteur est linéaire en justifiant votre réponse.

Lors d'un diagnostic de panne sur un véhicule mettant en cause la mesure de la température du liquide de refroidissement, le constructeur du véhicule préconise de vérifier la valeur de la résistance de la thermistance lorsque le moteur est froid.

1.4 Indiquer le nom de l'appareil de mesure qui peut permettre à un technicien de mesurer la valeur de la résistance R_{th} de la thermistance.

Dans le cas étudié, le technicien mesure une résistance de l'ordre de 300 Ω, lorsque le moteur est froid.

1.5 Indiquer si le technicien peut faire l'hypothèse d'une défaillance du capteur dans le cas particulier indiqué ci-dessus. Justifier votre réponse.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Le circuit électrique de la sonde de température est alimenté sous une tension de cinq volts continu.

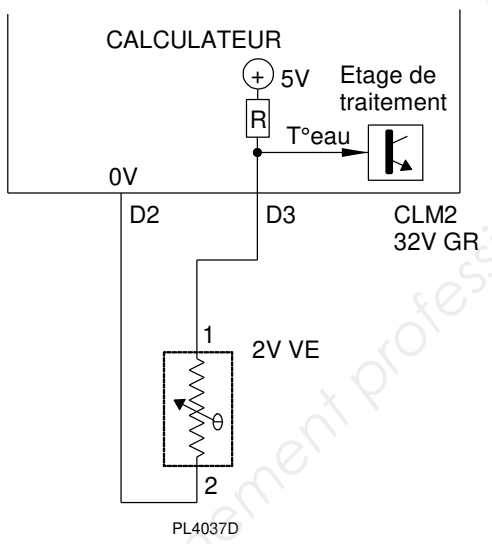
La sonde de température est reliée à une des entrées analogiques du calculateur conformément au schéma représenté ci-contre sur le **document 1**.

Entre ses bornes D3 et D2 du connecteur CLM2, le calculateur mesure la tension aux bornes de la thermistance, qui varie en fonction de la résistance de celle-ci.

Le calculateur réalise le traitement numérique du signal correspondant à la tension aux bornes de la thermistance.

La période d'échantillonnage de la tension aux bornes de la thermistance est égale à T_H = 100 ms.

Document 1 : Schéma de connexion de la sonde de température au calculateur



1.6 Déterminer la fréquence d'échantillonnage imposée par le calculateur.

1.7 Quel est le nom de la fonction principale réalisée par l'étage de traitement de cette entrée analogique pour que le calculateur puisse utiliser la valeur numérique associée à cette information analogique « température du liquide de refroidissement » ?

Pour faciliter l'interprétation et le traitement de la valeur de la température mesurée, le calculateur réalise les calculs permettant d'obtenir une relation linéaire entre la température mesurée et la valeur après traitement. Pour réaliser ce traitement, l'algorithme utilise les caractéristiques de la thermistance CTN : coefficient de température à 298 K et indice de sensibilité (**document 2**).

Nous allons déterminer les paramètres caractéristiques de la thermistance, nécessaires pour que l'algorithme du calculateur puisse réaliser cette opération.

Document 2 : Thermistance de type CTN

Chaque thermistance de type CTN est caractérisée par deux paramètres α_{298} et B définis ci-après :

- α_{298} est le coefficient de température α pris à la température de 298 K :

$$\alpha\ (K^{-1}) = \frac{1}{Rth} \times \frac{\Delta Rth}{\Delta T}$$

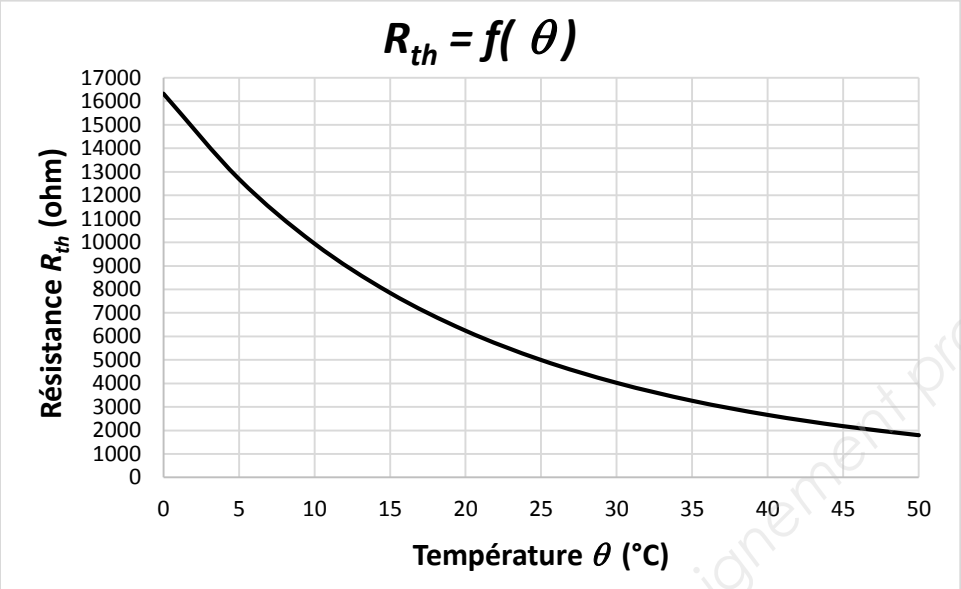
où $\frac{\Delta Rth}{\Delta T}$ est la valeur du coefficient directeur $\frac{\Delta Rth}{\Delta \theta}$ de la tangente à la courbe $R_{th} = f(\theta)$

- B est l'indice de sensibilité donné par la relation suivante en fonction de α (en K^{-1}) :

$$\alpha = -\frac{B}{T^2}$$

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Document 3 : Agrandissement autour de la température θ = 25 °C de la courbe de variation de la résistance R_{th} de la thermistance en fonction de la température θ du liquide de refroidissement.



1.8 En utilisant les **documents 2 et 3**, déterminer le coefficient de température α_{298} à la température de 298 K (θ = 25 °C) et l'indice de sensibilité B caractéristiques de la thermistance utilisée pour réaliser la sonde de température NTC M12.

Dans la gamme des basses températures, un faible écart de température entraîne un écart significatif de la tension aux bornes de la sonde alors que dans la gamme des hautes températures, un écart de température relativement important n'entraîne qu'un écart très faible de la tension aux bornes de la sonde. Ceci est dû aux caractéristiques des thermistances de type CTN utilisées et aux grandes variations possibles de la température du liquide de refroidissement.

La solution utilisée par les constructeurs de véhicules, consiste à modifier la valeur de la résistance R du montage présenté sur le **document 1** lorsque les hautes températures sont atteintes pour le liquide de refroidissement.

1.9 Justifier, à l'aide du montage du **document 1**, qu'il est nécessaire de diminuer la valeur de la résistance R pour obtenir une tension aux bornes de la thermistance (entre les bornes D3 et D2) plus importante dans la gamme des hautes températures.

La diminution de la résistance est obtenue en associant à l'aide d'un transistor une seconde résistance R (non représentée sur le schéma) sur la première résistance R.

1.10 Indiquer si l'association réalisée par le transistor conduit à associer les 2 résistances R en série ou en parallèle pour obtenir une diminution de la résistance équivalente. Justifier votre réponse.

Base Nationale des Sujets d'examen de l'enseignement professionnel

Partie 2 : Étude de l'airbag et de l'accéléromètre associé



Les technologies développées dans l'industrie microélectronique ont été intégrées avec succès pour fabriquer des microsystèmes électromécaniques, c'est-à-dire des systèmes miniaturisés qui intègrent sur une même puce des parties mécaniques (capteurs d'accélération ou de pression, miroirs, micromoteurs, etc.) et des circuits électroniques associés.

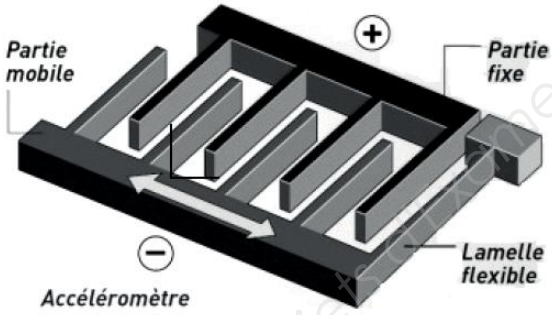
Un des premiers microsystèmes à avoir été développé est l'accéléromètre. Il est notamment utilisé pour déclencher le gonflage des airbags des véhicules en cas de choc brutal.

Document 4 : Fonctionnement de l'accéléromètre et déclenchement de l'airbag

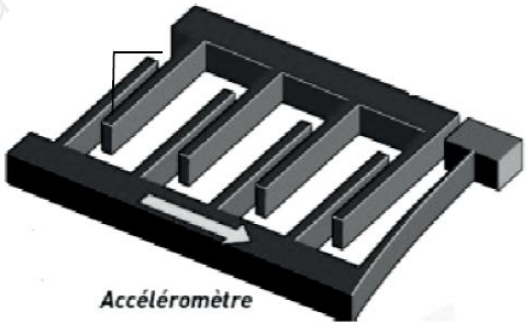
Quelques millisecondes suffisent aux airbags pour se déclencher en cas de chocs. Une prouesse due à un microsystème intégré, l'accéléromètre, capteur d'une surface de 2 mm^2, très sensible aux accélérations.

L'accéléromètre est composé de deux peignes complémentaires conducteurs électriques en silicium, l'un est fixe ; l'autre est mobile, suspendu par une lamelle flexible (**document 5**).

Document 5 : D'après CEA – Défis 118



Accéléromètre avant le choc



Accéléromètre en cas de choc

Le principe de fonctionnement de l'accéléromètre repose sur la mesure d'une variation de capacité électrique entre les deux peignes, qui constituent les deux armatures d'un condensateur. En effet, cette capacité *C* dépend de la distance notée *e* entre les dents des peignes et de la surface *S* en regard des lamelles de ces deux peignes.

La capacité *C* est donnée par la relation : $C = \frac{\varepsilon_0 S}{e}$ où ε_0 est une constante.

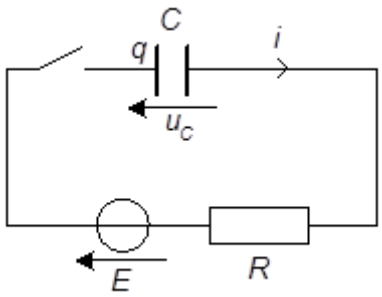
Pour simplifier l'étude, on assimilera l'ensemble constitué des deux peignes complémentaires à un condensateur de capacité *C* branché aux bornes d'un générateur de résistance interne *R* et de force électromotrice *E* (**document 6**).

On rappelle la relation entre la charge *q* d'une capacité et la tension *uc* à ses bornes :

$$q = C \times uc$$

Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Document 6 : Schéma équivalent au dispositif



Données **:** $C = 90\times10^{-12}$ F ; $E = 5{,}0$ V

L'interrupteur est représenté en position ouverte avant le démarrage du véhicule.

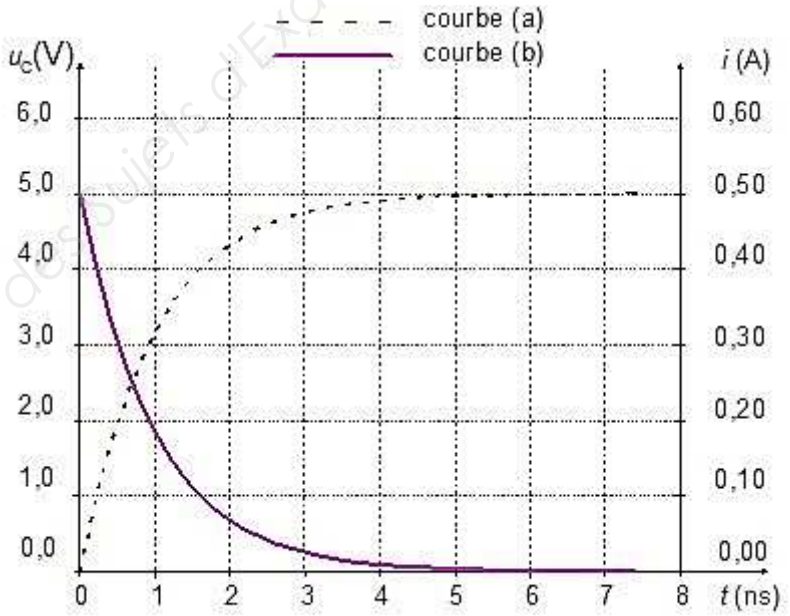
2.1 Comportement de l'accéléromètre au démarrage du véhicule

Le condensateur est déchargé avant la fermeture de l'interrupteur.

Au démarrage, la mise sous tension de l'accéléromètre revient à fermer l'interrupteur sur le schéma équivalent au dispositif représenté sur le **document 6**.

Les courbes représentant les variations de la tension *uc* aux bornes du condensateur et de l'intensité *i* du courant dans le circuit à la mise sous tension sont données sur le **document 7** ci-dessous.

Document 7 : Chronogrammes de la tension *uc* aux bornes du condensateur et de l'intensité *i* du courant dans le circuit au démarrage



2.1.1 En exploitant le **document 7**, indiquer, en justifiant qualitativement votre réponse, quelle est la courbe (a) ou (b) qui correspond à la tension *uc* et celle qui correspond à l'intensité *i* du courant dans le circuit.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

2.1.2 Sur le **document réponse N°1 (page 13 à rendre avec la copie)**, déterminer graphiquement la valeur du temps de réponse t_R du circuit en laissant apparents les traits de construction nécessaires à la mesure.

2.1.3 Le temps de réponse t_R du circuit est tel que $t_R = 3 \times RC$. En déduire la valeur de la résistance R.

2.1.4 Sur le **document réponse N°1 (page 13 à rendre avec la copie)**, délimiter et nommer les deux régimes de fonctionnement du circuit qui apparaissent sur ces courbes.

2.1.5 En exploitant le **document 7**, déterminer graphiquement les valeurs de la tension aux bornes du condensateur $u_C(\infty)$ et de l'intensité $i(\infty)$ du courant en régime permanent.

2.1.6 Montrer que la valeur de la charge $q(\infty)$ du condensateur C en régime permanent est égale à $q(\infty) = 450 \times 10^{-12}$ C.

2.2 Déclenchement de capteur de l'airbag

2.2.1 La durée de déclenchement de l'airbag est inférieure à 10 ns.

La durée d'un choc est de l'ordre de 100 ms.

Justifier à partir de ces valeurs que l'airbag est bien un dispositif de sécurité pour les passagers du véhicule.

2.2.2 En exploitant le **document 5** et les données fournies, déterminer la grandeur caractéristique du capteur qui subit une variation lors d'un choc.

En déduire l'élément du circuit équivalent du dispositif du **document 6** qui va provoquer le déclenchement de l'airbag lors d'un choc.

2.3 Gonflement de l'airbag

L'airbag est un équipement de sécurité d'un véhicule, composé d'un coussin qui se gonfle en cas de choc grâce à une réaction chimique se produisant très rapidement dans un générateur de gaz.

Ce générateur de gaz contient des pastilles blanches constituées d'azoture de sodium. Lors du déploiement de l'airbag, on admettra que cette espèce chimique solide de formule $NaN_{3(s)}$ se décompose totalement, en diazote gazeux de formule $N_{2(g)}$ et en sodium solide de formule $Na_{(s)}$ qui est rapidement oxydé.

La contenance du coussin de l'airbag côté conducteur est d'environ 64 L et la masse m d'azoture de sodium contenue dans le générateur de gaz est de 110 g.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Données :

- Masses molaires atomiques : $M(N) = 14{,}0$ g.mol^{-1} et $M(Na) = 23{,}0$ g.mol^{-1}
- Relation des gaz parfaits : $P.V = n.R.T$

  avec :

  $R = 8{,}31$ Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1} ;

  T la température exprimée en kelvin ($T = \theta + 273$ avec θ la température exprimée en °C) ;

  P la pression exprimée en pascal (Pa) ;

  V le volume exprimé en mètre-cube (m^3) ;

  n la quantité de matière exprimée en mole (mol).
- 1 bar = $1{,}00.10^5$ Pa

2.3.1 Calculer la quantité de matière n_i d'azoture de sodium contenue dans le générateur de gaz.

2.3.2 Écrire l'équation de la réaction chimique qui a lieu dans le générateur de gaz lors du déploiement de l'airbag.

2.3.3 Montrer que la quantité de matière n_{gaz} de gaz formé est égale à 2,54 mol.

Dans ces conditions, on peut considérer le diazote produit comme un gaz parfait.

2.3.4 En considérant que la pression finale P_F dans le coussin gonflable est de 1,00 bar et que la température θ_F du gaz est de 30,0 °C, calculer le volume de gaz V_{gaz} produit par la réaction chimique lors du gonflage de l'airbag.

2.3.5 Justifier alors que le gonflage de l'airbag peut être considéré comme complet.

2.3.6 Quelle conséquence aurait le fait de mettre dans le générateur de gaz une masse de pastilles d'azoture de sodium supérieure à 110 g ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie 3 : Étude d'un capteur du système d'injection : la sonde lambda



Combustion complète de l'essence

L'essence est considérée comme constituée d'un hydrocarbure non cyclique de formule brute C_8H_{18}.

Un moteur thermique fonctionne grâce à l'énergie libérée par la combustion de l'essence contenue dans le mélange air-carburant introduit dans les cylindres.

L'équation de la combustion complète de cet hydrocarbure dans le dioxygène est la suivante :

$$2\ C_8H_{18} + 25\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 18\ H_2O$$

Données :

- L'air comporte 20 % de dioxygène en volume.
- Le volume molaire des gaz dans les conditions d'admission du mélange dans un cylindre est $V_M = 30{,}0\ L.mol^{-1}$.
- Dans les conditions du fonctionnement étudié, la masse m de carburant injectée est de 23,4 mg par cylindre et par admission.
- Masse molaire de l'hydrocarbure C_8H_{18} : $M(C_8H_{18}) = 114\ g.mol^{-1}$.

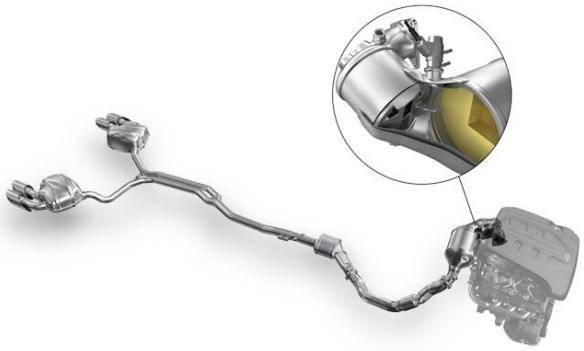
3.1 Calculer la quantité de matière de carburant injectée dans un cylindre par admission.

3.2 À l'aide de l'équation de combustion précédente, montrer que la quantité de matière de dioxygène qui devrait être admise dans un cylindre pour assurer une combustion complète du carburant injecté est $n(O_2) = 2{,}57.10^{-3}$ mol.

3.3 En déduire le volume V_{O2} de dioxygène puis le volume d'air V_{air} nécessaires pour obtenir une combustion complète dans un cylindre.

3.4 Sachant que le volume du cylindre est de 385 cm^3, est-on aux conditions stœchiométriques pour cette combustion ? Justifier.

La sonde lambda est un capteur utilisé dans le système d'injection d'un véhicule à moteur thermique. Elle joue un rôle essentiel dans la régulation de l'alimentation du moteur en carburant. Elle permet de faire la mesure du coefficient d'air λ.



Ce coefficient d'air λ est égal au rapport entre le volume V d'air (exprimé en litre) admis dans un cylindre du moteur et le volume V_{st} d'air (exprimé en litre) nécessaire à la combustion du carburant injecté dans les conditions stœchiométriques.

3.5 Donner l'expression du coefficient d'air λ en fonction des volumes V et V_{st}.

Base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

3.6 Montrer que, dans le cas d'une combustion complète du carburant présent dans un cylindre, la valeur du coefficient d'air est de 1.

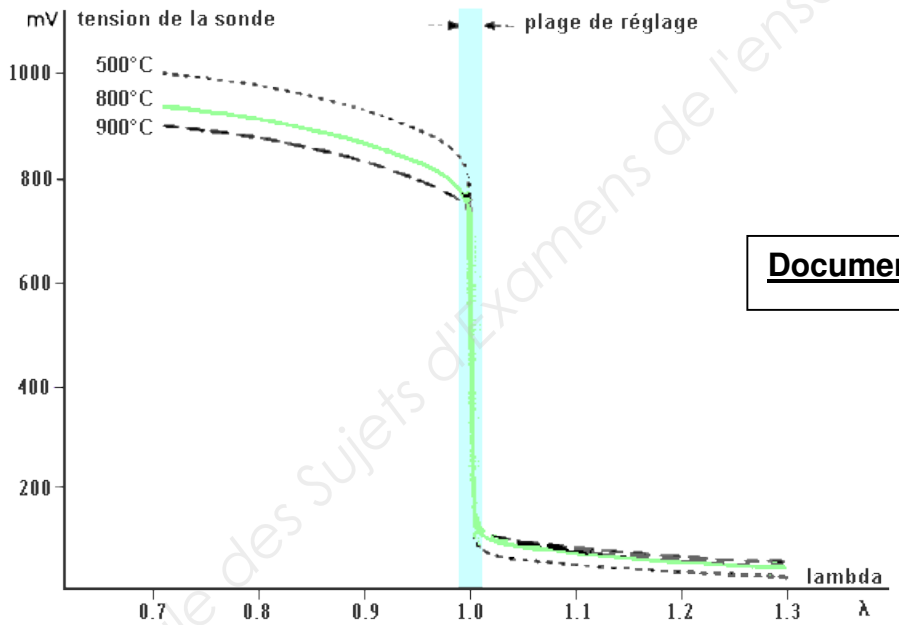
3.7 Si $\lambda < 1$, le mélange carburant-air est dit « riche ».

3.7.1 Quel est alors le réactif limitant ?

3.7.2 Comment qualifie-t-on ce type de combustion ?

Fonctionnement de la sonde lambda

Le fonctionnement correct de la sonde doit garantir une utilisation optimale de toute la puissance du moteur et le respect des normes prescrites en matière de gaz d'échappement.
Pour cela, la sonde lambda mesure le taux de dioxygène résiduel dans les gaz d'échappement et génère une tension *us* de valeur comprise entre 25 mV et 1000 mV en fonction du taux de dioxygène présent dans les gaz d'échappement.
Cette tension permet au calculateur de déterminer la composition du mélange carburant-air avant combustion.
Des relevés à la sortie de la sonde ont donné les résultats ci-dessous (**document 8**).



Document 8

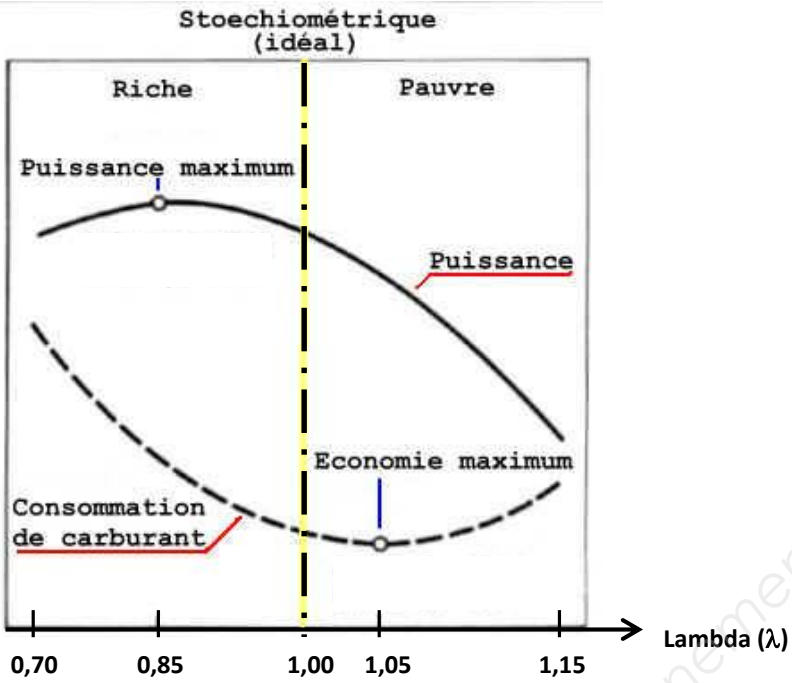
En fonctionnement permanent, les gaz ont une température de 800°C, la sonde fournit une tension de 900 mV.

3.8 À l'aide du **document 8**, déterminer la valeur du coefficient d'air λ correspondant à cette valeur de tension de sortie.

3.9 En utilisant le **document 9**, déterminer le régime de fonctionnement du moteur correspondant.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Document 9 : Fonctionnement du moteur : Puissance et consommation en fonction du coefficient d'air λ



3.10 Lors d'un déplacement, on peut décomposer le mouvement d'un véhicule en phases de deux types : la phase d'accélération et la phase de roulage à vitesse constante.
Indiquer l'intervalle des valeurs du coefficient d'air correspondant à la phase d'accélération puis celui correspondant à la phase de roulage à vitesse constante pour obtenir un fonctionnement optimal du véhicule.

Si $\lambda < 1$, le mélange carburant-air est dit « riche » : la combustion du carburant admis dans le cylindre est incomplète, il se produit du monoxyde de carbone qui se retrouve dans les gaz d'échappement.
Si $\lambda > 1$, le mélange carburant-air est dit « pauvre » : la combustion du carburant admis dans le cylindre est complète. Le dioxygène présent en surplus dans le cylindre peut réagir avec le diazote de l'air pour former du monoxyde d'azote lors de l'explosion dans le cylindre. Le monoxyde d'azote se retrouve dans les gaz d'échappement.

3.11 La norme EURO 6c, en vigueur depuis le 1er septembre 2018, impose de maintenir le coefficient d'air λ compris entre 0,97 et 1,03 pour optimiser la combustion.
Que peut-on en conclure sur les conditions de combustion du carburant utilisé ?
Que peut-on en conclure quant aux performances du véhicule ?
Qu'en est-il de l'aspect environnemental ?

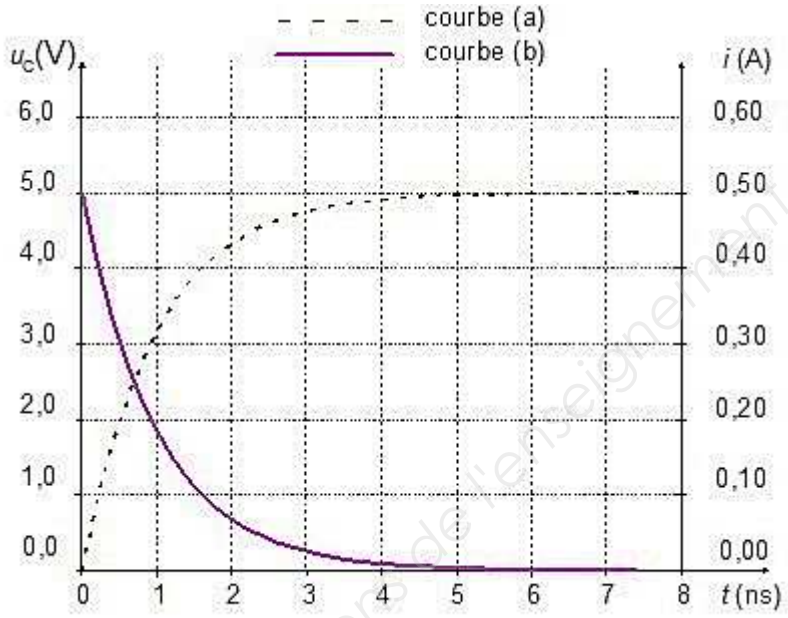
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

ANNEXE À RENDRE IMPÉRATIVEMENT AVEC LA COPIE

Document réponse N° 1

Chronogrammes de la tension *uc* aux bornes du condensateur

et de l'intensité *i* du courant dans le circuit au démarrage



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.