

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SESSION 2008	
Spécialité : MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE AUTOMOBILE	Code : MAVPM	
Epreuve : E4 VÉRIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MÉCANISME	Durée : 6h	Coef. : 4

Thème B : PLAN « VEHICULE PROPRE »

LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, SOUTIEN A LA RECHERCHE ET A LA COMPETITIVITE

Les transports routiers sont responsables de 24% des émissions de gaz à effet de serre, de 50% des émissions d'oxydes d'azote, polluants par ailleurs identifiés parmi les précurseurs de la détérioration de la couche d'ozone et de 25% des émissions de particules fines.

Dans le domaine de la lutte contre le changement climatique, un véritable défi est à relever. Les objectifs sont de diviser par 4 à 5 les émissions d'ici 2050, ce qui correspond à une réduction continue de 3% par an.

En développant la recherche et le partenariat avec les constructeurs français, un plan " véhicule propre " et économe est défini à l'occasion des accords de Kyoto.

Le GNV (Gaz Naturel Véhicule) constitue l'un des éléments de la politique environnementale de PSA (Peugeot-Citroën) mise en œuvre pour réduire les émissions polluantes. Le groupe PSA considère aussi le GNV, de part sa disponibilité mondiale, comme un carburant alternatif.

Le groupe PSA accélère sa politique de développement des véhicules GNV. La Citroën C3 1,4 GNV dispose d'un moteur bicarburant essence / GNV. Ce véhicule est conforme aux exigences de la norme Euro 4 en matière de pollution. Ce véhicule intègre les disparités de composition du GNV selon les pays.

Dans le cadre d'une prestation pour le compte de Peugeot-Citroën, GDF (Gaz de France) a effectué une campagne d'essais moteurs afin d'évaluer les performances mécaniques et environnementales en fonction des carburants gaz et essence.

OBJET DE L'ETUDE :

Caractériser l'influence possible des différents carburants sur les performances énergétiques et environnementales du moteur de la C3 1,4 GNV et les conséquences de la variation de richesse sur les émissions des polluants.

Caractéristiques du moteur C 3 1,4 GNV :

Nombre de cylindres	4
Alésage × course	75 mm × 77 mm
Cylindrée	1360 cm ³
Rapport volumétrique	$\epsilon = 10,2$
Puissance maximale en kW à 5500 t/min	Gaz naturel : 50 Essence : 54
Couple maximum en Nm à 3300 t/min	Gaz naturel : 108 Essence : 116

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SESSION 2008	
Spécialité : MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE AUTOMOBILE	Code : MAVPM	
Epreuve : E4 VÉRIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MÉCANISME	Durée : 6h	Coef. : 4

Données et hypothèses sur les carburants gaz et sur l'air :

Masse volumique de l'air à $1,013 \cdot 10^5$ Pa et 0°C , $\rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Masse volumique de l'air à $1,013 \cdot 10^5$ Pa et 20°C , $\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Masse molaire des atomes :

C : $12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ H : $1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ N : $14 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ O : $16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

On considéra l'air dans sa composition chimique $\text{O}_2 + 3,76 \text{ N}_2$

c_p : capacité thermique massique à pression constante

c_v : capacité thermique massique à volume constant

- Pour le gaz GNV type G20 :

$$c_{p\text{G20}} = 2197 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \quad c_{v\text{G20}} = 1680 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

- Pour l'air:

$$c_{p\text{air}} = 1005 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \quad c_{v\text{air}} = 718 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

A. Etude du moteur en mode GNV.

L'objet de cette première étude est de déterminer les variations de puissance du moteur en mode GNV dues à la variation de richesse.

Hypothèses d'étude :

Les différents carburants et comburants sont assimilés à des gaz parfaits.

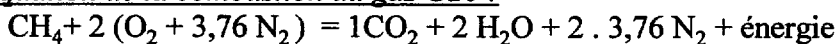
Le cycle théorique en fonctionnement essence et gaz est un cycle 1,2,3,4 de Beau de Rochas formé de deux isentropiques $1 \rightarrow 2$ et $3 \rightarrow 4$ et deux isochores $2 \rightarrow 3$ et $4 \rightarrow 1$.

1. L'objet de cette première partie est de déterminer la masse réelle de mélange admise dans le cylindre. L'étude s'effectue à la pression d'admission (pleine charge) $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$.

Dans cette phase d'étude on considérera que le gaz GNV est le G20 composé de 100% de CH_4 (méthane).

1.1 Il est rappelé que la combustion stœchiométrique est une combustion où tous les composants du carburant sont oxydés et les composants de l'air utilisés.

Equation de la combustion du gaz G20 :



On rappelle que le dosage stœchiométrique est égal au rapport de la masse du carburant sur la masse du comburant.

Calculer la valeur du dosage stœchiométrique dst_{G20} du gaz G20 à l'aide des masses molaires et de la composition chimique du mélange dans la chambre de combustion.

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SESSION 2008	
Spécialité : MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE AUTOMOBILE	Code : MAVPM	
Epreuve : E4 VÉRIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MÉCANISME	Durée : 6h	Coef. : 4

1.2 Grandeurs caractéristiques du mélange admis dans le cylindre.

Pour la suite de l'étude on prendra les données suivantes :

- Dosage stœchiométrique gaz G20 $dst_{G20} = 1/17,16$
- Valeurs des capacités thermiques massiques du mélange admis dans le cylindre
 $c_{p\text{ mél}} = 1071 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ $c_{v\text{ mél}} = 771 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

1.2.1 Par la relation de Mayer calculer les valeurs de la constante caractéristique massique $r_{\text{mél}}$ pour le mélange air + GNV et pour l'air r_{air} .

1.2.2 Calculer les valeurs de γ (exposant isentropique) : $\gamma_{\text{mél}}$ pour le mélange air+GNV et γ_{air} pour l'air.

1.3 Détermination de la masse théorique de mélange admis.

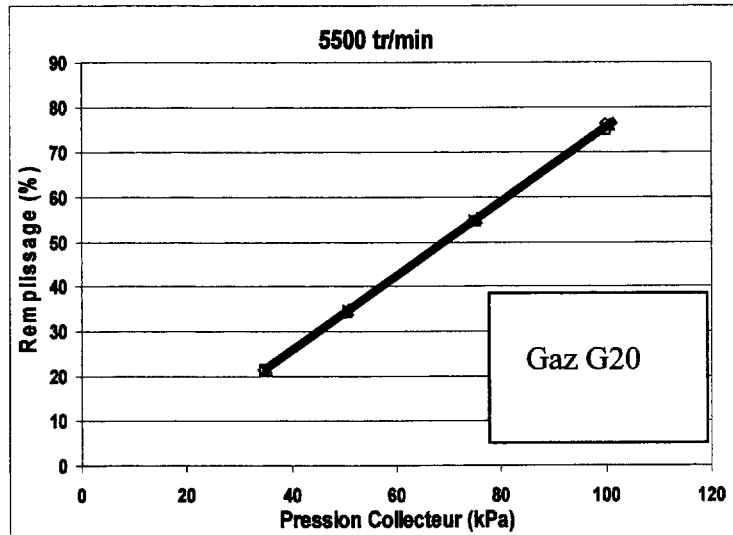
On prendra pour la suite des calculs : $r_{\text{mél}} = 300 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $T_1 = 293 \text{ K}$, $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$
et $\gamma_{\text{mél}} = 1,39$

1.3.1 Calculer les valeurs : de la cylindrée unitaire V_u du moteur et des volumes situés au dessus du piston au PMB V_1 et au PMH V_2 .

1.3.2 Calculer la valeur de la masse théorique de mélange $m_{\text{mélth}}$ admise par cycle et par cylindre.
On prendra un taux de remplissage égal à 1 (le mélange occupe la totalité de la cylindrée).

1.4 Détermination de la masse réelle de mélange admis.

Les essais effectués par GDF donnent le taux de remplissage à 5500 tr.min^{-1} :



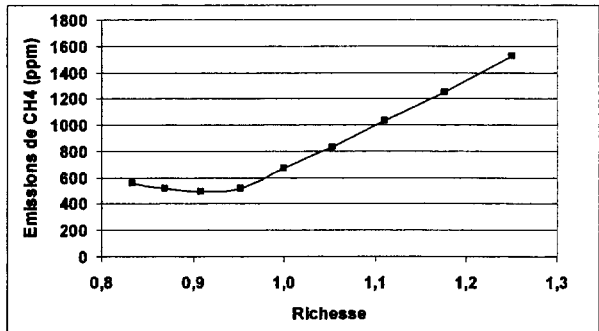
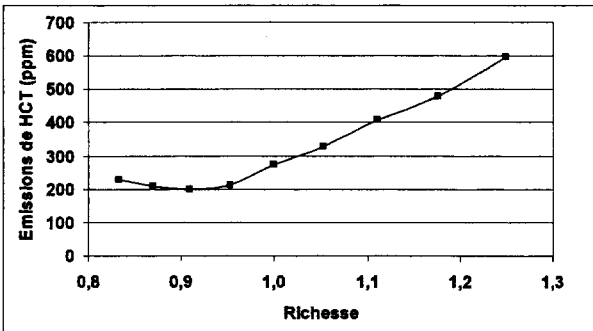
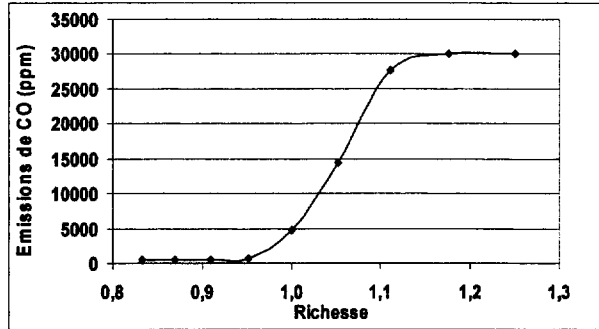
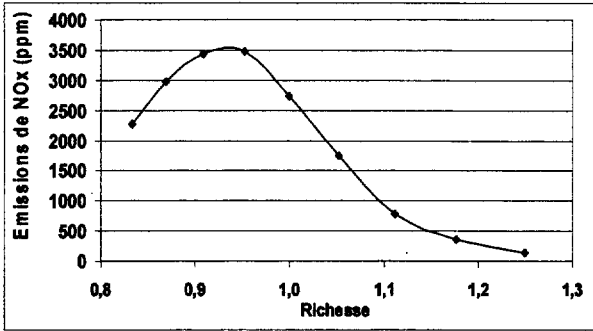
1.4.1 Sur le graphe ci-dessus, relever la valeur du taux de remplissage en pleine charge (pression collecteur $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$).

1.4.2 En déduire la valeur de la masse de mélange $m_{\text{mélrél}}$ réellement admise par cycle et par cylindre.

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SESSION 2008	
Spécialité : MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE AUTOMOBILE	Code : MAVPM	
Epreuve : E4 VÉRIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MÉCANISME	Durée : 6h	Coef. : 4

2. L'objet de cette deuxième partie est de justifier la plage de richesse choisie par le constructeur et de déterminer la masse de mélange admise pour deux valeurs de richesse.

Les graphes ci après (essais effectués par GDF, le gaz testé est un gaz G25 de composition proche du G20) présentent les niveaux d'émissions des différents polluants en fonction de richesses comprises entre 0,83 et 1,25



L'unité d'émission ppm signifie particules par million.

2.1 Par analyse des graphes ci-avant, compléter page DR l'équivalent du tableau ci-dessous.

Pour les taux de variation en pourcentage, on prendra la valeur d'émission en richesse 1 comme valeur de référence.

	Ri = 1	Ri = 0,83	% de variation de Ri=1 à Ri =0,83	Ri = 1,25	% de variation de Ri=1 à Ri= 1,25
Emission de NO _x					
Emission de CO					
Emission de HCT					
Emission de CH ₄					

A COMPLETER PAGE DR

2.2 Le constructeur a choisi une richesse Ri=0,8 ; justifiez ce choix.

2.3 Sachant que $dst_{G20} = 1/17$ et $m_{mélreel} = 0,29 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cycle.cylindre}$, calculer pour les richesses Ri = 1 et Ri = 0,8 les valeurs de la masse de gaz admise par cycle et par cylindre. Compléter page DR l'équivalent du tableau ci dessous.

	m_{G20}
Richesse = 1	
Richesse = 0,8	<i>A COMPLETER PAGE DR</i>

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SESSION 2008	
Spécialité : MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE AUTOMOBILE	Code : MAVPM	
Epreuve : E4 VÉRIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MÉCANISME	Durée : 6h	Coef. : 4

3 Détermination de la quantité de chaleur fournie par la combustion.

3.1 L'entreprise GDF donne les caractéristiques ci-dessous :

	Gaz G20
Pci en kWh/m ³	9,97
Densité du gaz	0,56

La valeur de Pci est donnée pour une pression de $1,013 \cdot 10^5$ Pa et une température de 0°C.

La densité d'un gaz est le rapport sans dimension qui existe entre la masse volumique du gaz par rapport à la masse volumique de l'air, à pression et température égales.

3.1.1 Calculer la valeur de la masse volumique du gaz à $1,013 \cdot 10^5$ Pa et à une température de 0°C.

3.1.2 Calculer la valeur du Pci en kJ m⁻³ puis en kJ.kg⁻¹.

3.1.3 Compléter **page DR** l'équivalent du tableau ci dessous.

	gaz G20
Densité	0,56
Masse volumique	A COMPLETER PAGE DR
Pci en kJ.kg ⁻¹	A COMPLETER PAGE DR

Ces valeurs de Pci en kJ.kg⁻¹ sont des constantes supposées indépendantes de la température.

3.2 Détermination de la masse de carburant admise par cylindre, de la masse totale de mélange participant à la combustion.

3.2.1 Calculer la valeur de la quantité de chaleur Q_{23} fournie, par cycle et par cylindre, par la combustion pour la richesse de 1, en déduire la valeur pour la richesse de 0,8 et compléter **page DR** l'équivalent du tableau ci- dessous.

	Q_{23} G20
Richesse = 1	A COMPLETER PAGE DR
Richesse = 0,8	A COMPLETER PAGE DR

3.2.2 Calculer la valeur de la masse totale m_{tot} de mélange évoluant dans une chambre durant un cycle.

4 Détermination du travail fourni par le cycle

Hypothèses d'étude

$\gamma = 1,39$; $c_v = 771 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $r_{mél} = 300 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $V_1 = 377 \text{ cm}^3$; $V_2 = 36,96 \text{ cm}^3$; $T_1 = 293 \text{ K}$;
 $m_{tot} = 0,43 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cyl}$

4.1 On donne les valeurs des grandeurs caractéristiques du mélange pour une richesse =1 et $Q_{23} = 797 \text{ J/cylindre}$

Point	1	2	3	4
Pression p en Pa	10^5	$25,23 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$109,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$4,33 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
Volume en m ³	$377 \cdot 10^{-6}$	$36,96 \cdot 10^{-6}$	$36,96 \cdot 10^{-6}$	$377 \cdot 10^{-6}$
T en K	293	724,8	3128,8	1264,8

4.1.1 Effectuer le bilan mécanique du cycle : $W_{\text{cycleR}1}$.

4.1.2 Calculer la valeur du rendement thermodynamique du cycle $\eta_{\text{cycleR}1}$.

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SESSION 2008	
Spécialité : MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE AUTOMOBILE	Code : MAVPM	
Epreuve : E4 VÉRIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MÉCANISME	Durée : 6h	Coef. : 4

4.2 Pour une richesse $\phi = 0,8$, on prendra $Q_{23} = 645 \text{ J/cylindre}$.

4.2.1 Calculer p_2 et T_2 , grandeurs caractéristiques en fin de compression.

4.2.2 Calculer p_3 et T_3 , grandeurs caractéristiques en fin de combustion.

4.2.3 Calculer p_4 et T_4 , grandeurs caractéristiques en fin de détente.

4.2.4 Calculer le bilan mécanique du cycle : $W_{\text{cycleR } 0,8}$.

5 Calculer la valeur de la puissance P_{cycle} à la vitesse de 5500 tr.min^{-1} pour les deux richesses, ainsi que le taux de variation de la puissance d'une richesse de 1 à une richesse de 0,8 avec la valeur de la puissance à $R_i = 1$ comme référence.

6 A partir du tableau du paragraphe 2.1 et de la réponse à la question 5, conclure sur l'opportunité de fonctionner avec une richesse de 0,8 au lieu de 1.

B. Etude du moteur en mode essence.

Hypothèses d'étude :

Le mélange est assimilé à un gaz parfait dont les caractéristiques sont celles de l'air.

Le cycle théorique en fonctionnement essence est un cycle 1,2,3,4 de Beau de Rochas.

Le calcul s'effectue en pleine charge.

Pour l'air: $c_{\text{pair}} = 1005 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ $c_{\text{vair}} = 718 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ $\gamma_{\text{air}} = 1,4$

$V_1 = 377 \text{ cm}^3$; $V_2 = 36,96 \text{ cm}^3$; $T_1 = 293 \text{ K}$; $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$ $m_{\text{tot}} = 0,43.10^{-3} \text{ kg/cyl}$

$R_i = 1$ et dosage stœchiométrique = 1/15 (Taux de remplissage = 0,75)

$P_{\text{ci essence}} = 45000 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Pour effectuer une comparaison entre les deux modes de fonctionnement, on considérera que les mêmes masses de mélange sont admises dans le cylindre dans les deux modes de fonctionnement :

$m_{\text{mélréel}} = 0,29.10^{-3} \text{ kg/cylindre}$.

7.1 Calculer la valeur du rendement du cycle $\eta_{\text{cycleR } 1}$ (Rappel : $\eta_{\text{Beau de Rochas}} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\gamma-1}}$)

7.2 Calculer la valeur du travail mécanique du cycle : $W_{\text{cycleR } 1}$

7.3 Calculer la valeur de la puissance théorique moteur en mode essence P_{cycle} à la vitesse de 5500 tr.min^{-1}

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SESSION 2008	
Spécialité : MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE AUTOMOBILE	Code : MAVPM	
Epreuve : E4 VÉRIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MÉCANISME	Durée : 6h	Coef. : 4

C. Comparaison des modes GNV et essence.

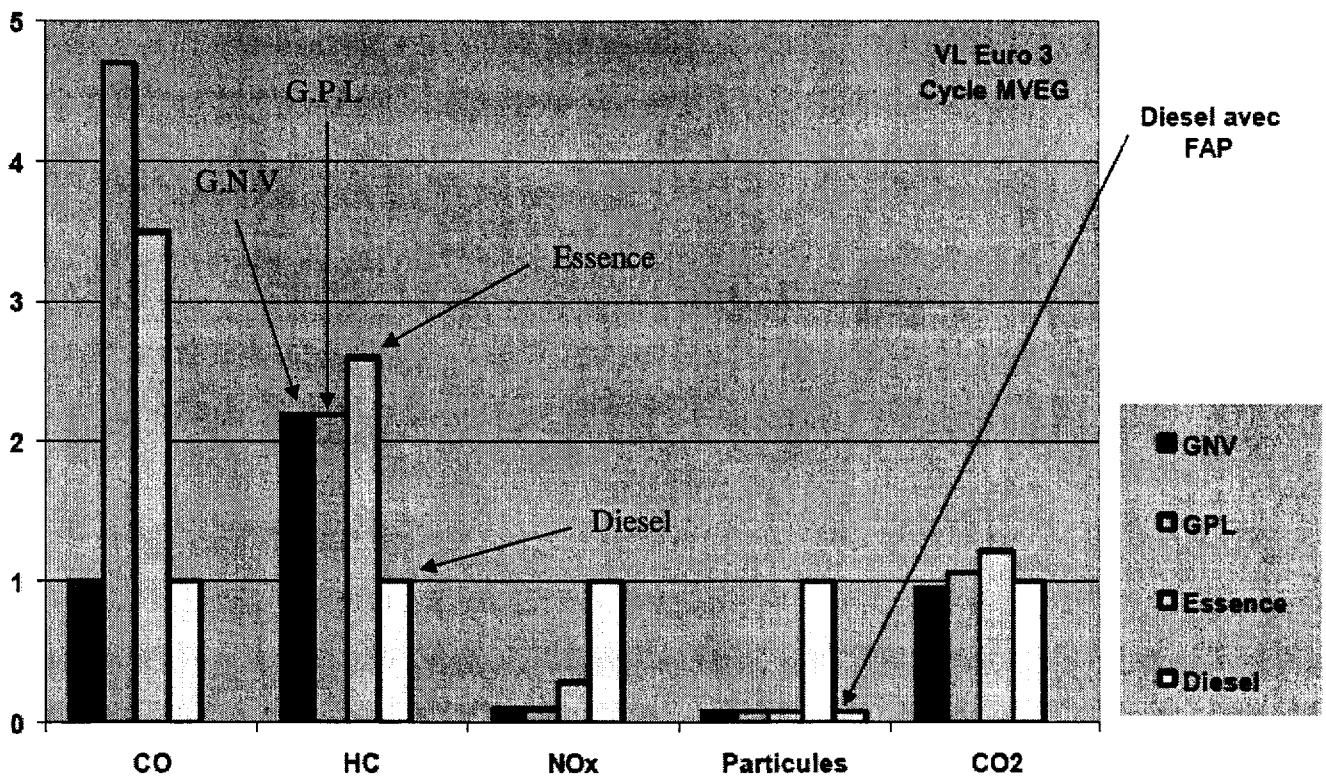
L'objet de cette dernière étude est de déterminer les variations de puissance du moteur en mode essence et GNV et les variations des différents polluants.

8.1 Pour une richesse de $R_i \approx 1$ Quelle est le taux de variation de puissance entre le mode GNV et le mode essence, en prenant la puissance en mode essence comme référence ?

8.2 Le graphique suivant présente le positionnement relatif des différents carburants concernant les émissions de polluants réglementés et le CO₂.

Cette hiérarchisation est obtenue à partir de véhicules légers répondant à la norme Euro 3 à partir de mesures sur le cycle européen d'homologation MVEG (conditions mixtes urbaines et extra-urbaines). Sur ce graphique, pour chaque polluant, la première barre concerne le moteur fonctionnant au carburant GNV, la deuxième au GPL, la troisième à l'essence et la quatrième au gazole.

Emissions des polluants réglementés et du CO₂ par rapport au Diesel



A partir du résultat de la question précédente et des données ci-dessus la variation de puissance se justifie-t-elle ?