

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR	SESSION 2008		
Spécialité : MAINTENANCE ET APRES-VENTE AUTOMOBILE	Code : MAVPM		
Epreuve : E4 VERIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MECANISME	Durée : 6h	Coef. :4	

VERIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MECANISME

Le sujet est constitué de deux thèmes indépendants.

Thème A : TRAIN AVANT A DOUBLE TRIANGULATION ET PIVOT DECOUPLE

Comprend le texte du sujet : pages 1/8 à 8/8

Thème B : PLAN « VEHICULE PROPRE »

Comprend le texte du sujet : pages 1/7 à 7/7

Le document réponse DR est à compléter et à joindre obligatoirement à la feuille de copie.

Barème :

Thème A : TRAIN AVANT A DOUBLE TRIANGULATION sur 100 points

N°	4.1	4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.2.4	4.2.5	4.2.6	Total
Points	6	5	15	8	15	5	5	59
N°	5.1	5.2	5.3					Total
Points	5	5	5					15
N°	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5			Total
Points	5	4	6	5	6			26

Thème B : PLAN « VEHICULE PROPRE » sur 100 points

N°	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	Total
Points	4	4	5	3	5	2	7	30
N°	3.1	3.2	4.1	4.2	5	6	Total	
Points	5	5	14	20	3	3	50	
N°	7.1	7.2	7.3	Total				
Points	2	4	4	10				
N°	8.1	8.2	Total					
Points	2	8	10					

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE

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 A : TRAIN AVANT A DOUBLE TRIANGULATION ET PIVOT DECOUPLE

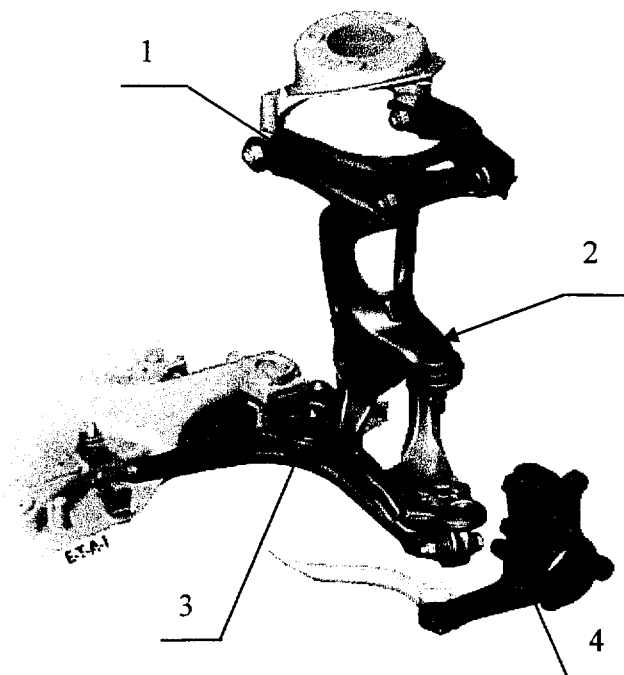
1. Présentation :

Les véhicules haut de gamme actuels tendent à s'équiper de trains avant permettant de concilier comportement routier, sécurité dynamique, agrément de conduite et confort en général.

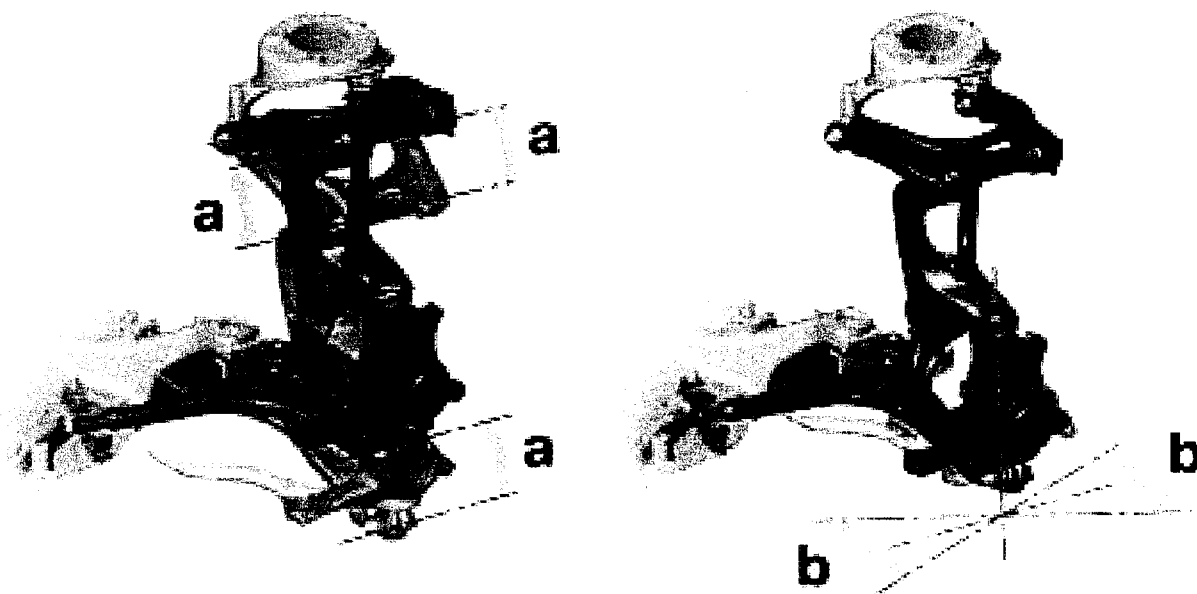
L'architecture présentée ici équipe les Peugeot 407 et Citroën C6.

Elle offre l'avantage de séparer les fonctions et donc les efforts de pompage et de braquage :

- Le braquage des roues (angle "b") est réalisé autour d'un axe passant par deux rotules implantées entre le pivot 4 et le support de pivot 2.
- Les débattements verticaux (angle "a") sont assurés au travers de trois articulations placées entre le support de pivot (2) et les deux triangles (1) et (3).



1. Triangle supérieur 2. Support de pivot
3. Triangle inférieur 4. Pivot



Ce principe permet de garantir un faible angle de pivot avec peu de déport à l'axe de roue et autorise une épure de carrossage optimisée permettant une très bonne tenue de cap. D'autres effets non négligeables concernent la suppression des remontées de direction, la plus grande précision dans l'inscription d'un virage et la moindre sensibilité au balourd de roue.

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. Objet de l'étude :

Nous allons nous intéresser à la variation de l'angle de carrossage lorsque le véhicule subit une accélération normale (véhicule en virage). En effet, cette suspension permet d'avoir une faible variation de l'angle de carrossage par rapport aux suspensions de type « Mac Pherson » sur lesquelles on constate une importante variation de cet angle qui peut être néfaste pour la tenue de route ou pour l'usure des pneumatiques.

3. Caractéristiques du véhicule :

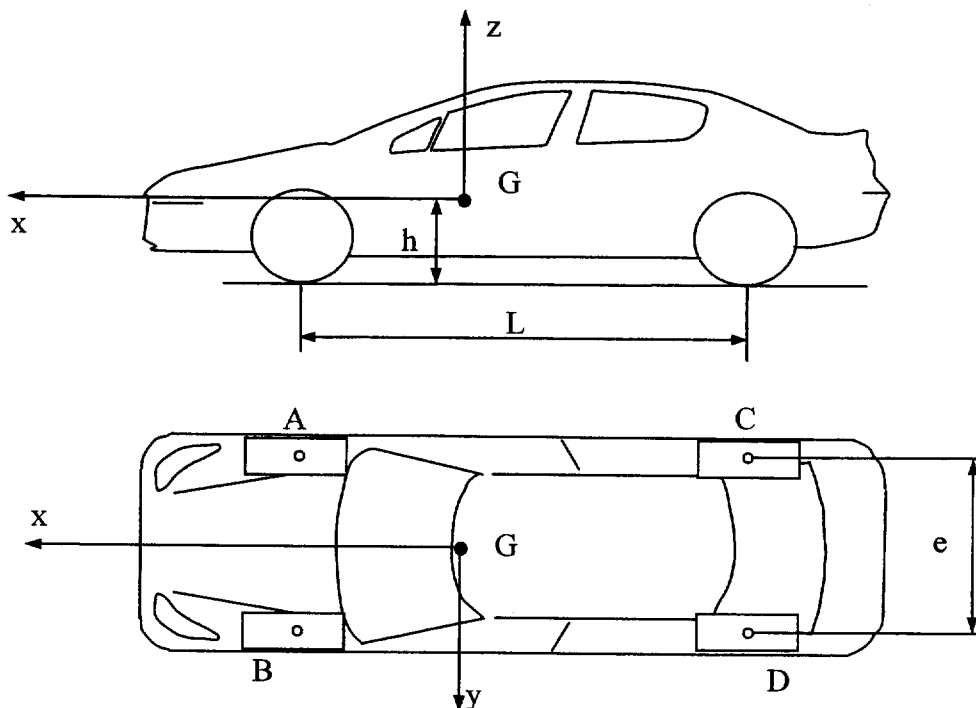
Masse totale en ordre de marche : $m = 1650 \text{ kg}$

Répartition de la masse :
sur l'essieu avant 60%
sur l'essieu arrière 40%

Empattement : $L = 2725 \text{ mm}$

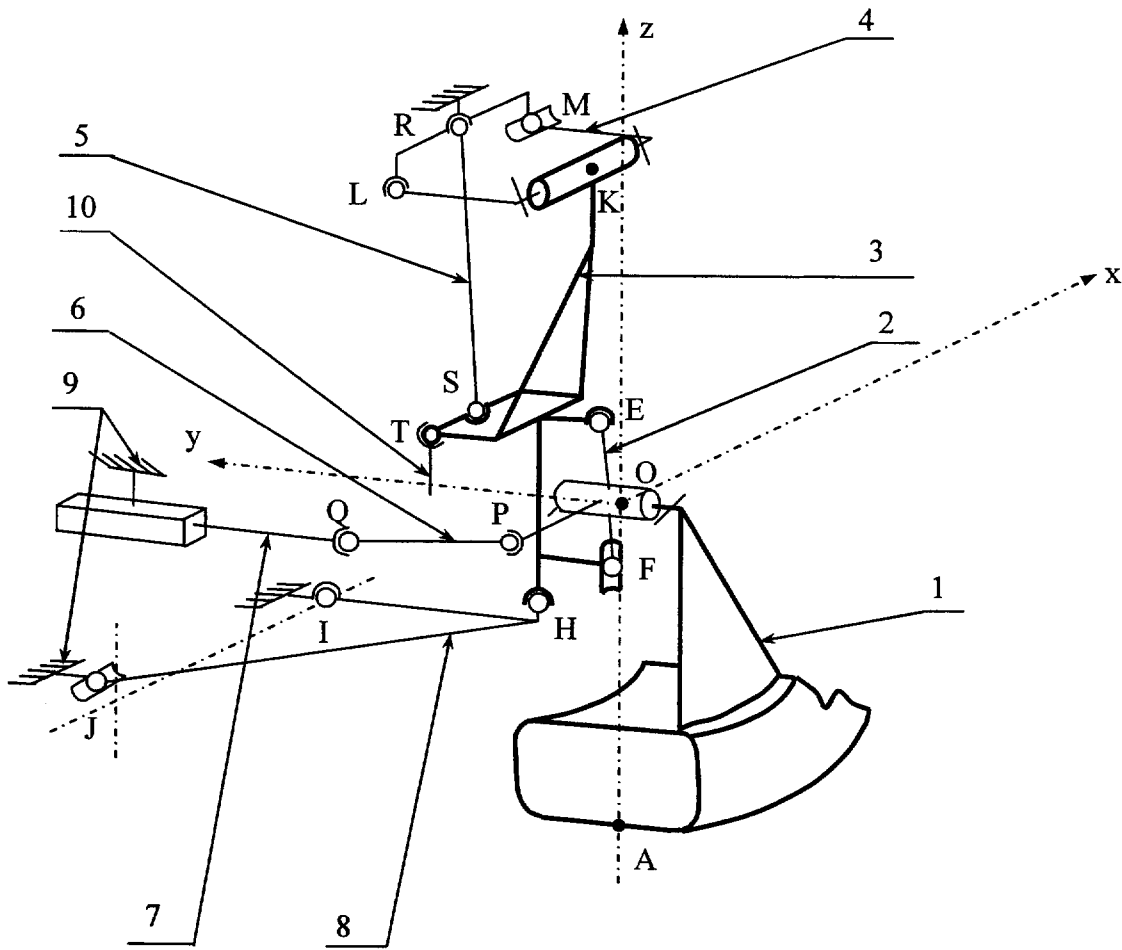
Voie avant/arrière : $e = 1530 \text{ mm}$

Hauteur du centre de gravité : $h = 550 \text{ mm}$



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

Schéma cinématique du train avant :



5	Ressort + amortisseur	10	Biellette barre stabilisatrice
4	Triangle supérieur	9	Châssis
3	Support de pivot	8	Triangle inférieur
2	Pivot	7	Crémaillère de direction
1	Jante + pneumatique	6	Biellette de direction

Coordonnées en millimètres :

$$\begin{aligned}
 \vec{OA} &\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -325 \end{pmatrix} & \vec{OE} &\begin{pmatrix} -10 \\ 40 \\ 140 \end{pmatrix} & \vec{OF} &\begin{pmatrix} 10 \\ 10 \\ -60 \end{pmatrix} & \vec{OH} &\begin{pmatrix} 0 \\ 35 \\ -120 \end{pmatrix} & \vec{OI} &\begin{pmatrix} 0 \\ 330 \\ -105 \end{pmatrix} & \vec{OJ} &\begin{pmatrix} -290 \\ 380 \\ -80 \end{pmatrix} \\
 \\ \\
 \vec{OK} &\begin{pmatrix} -50 \\ 20 \\ 420 \end{pmatrix} & \vec{OL} &\begin{pmatrix} -160 \\ 220 \\ 420 \end{pmatrix} & \vec{OM} &\begin{pmatrix} 50 \\ 220 \\ 420 \end{pmatrix} & \vec{OP} &\begin{pmatrix} -160 \\ 30 \\ -15 \end{pmatrix} & \vec{OQ} &\begin{pmatrix} -220 \\ 300 \\ 30 \end{pmatrix} & \vec{OR} &\begin{pmatrix} -50 \\ 150 \\ 580 \end{pmatrix} \\
 \\ \\
 \vec{OS} &\begin{pmatrix} 30 \\ 190 \\ 100 \end{pmatrix} & \vec{OT} &\begin{pmatrix} -10 \\ 190 \\ 100 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

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

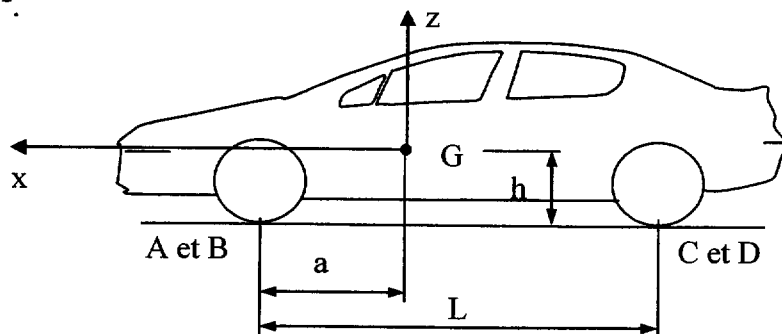
4. Calculs préliminaires :

4.1 Le véhicule est à l'arrêt, sur route horizontale. Déterminer :

- les actions mécaniques \vec{A}_0 , \vec{B}_0 , \vec{C}_0 et \vec{D}_0 du sol sur les roues du véhicule en A, B, C et D.
- la position du centre de gravité G repérée par la distance a.

On suppose que la répartition des charges est symétrique par rapport au plan (G, \vec{x}, \vec{z}) .

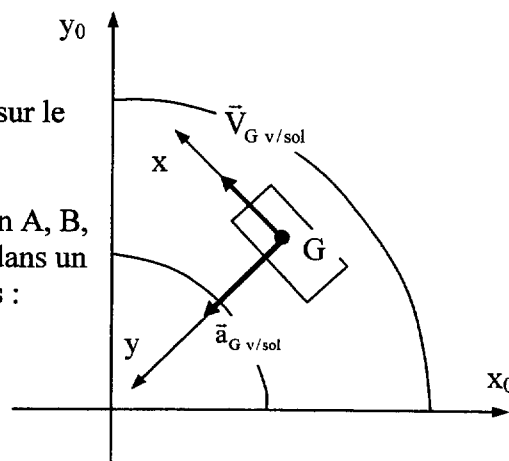
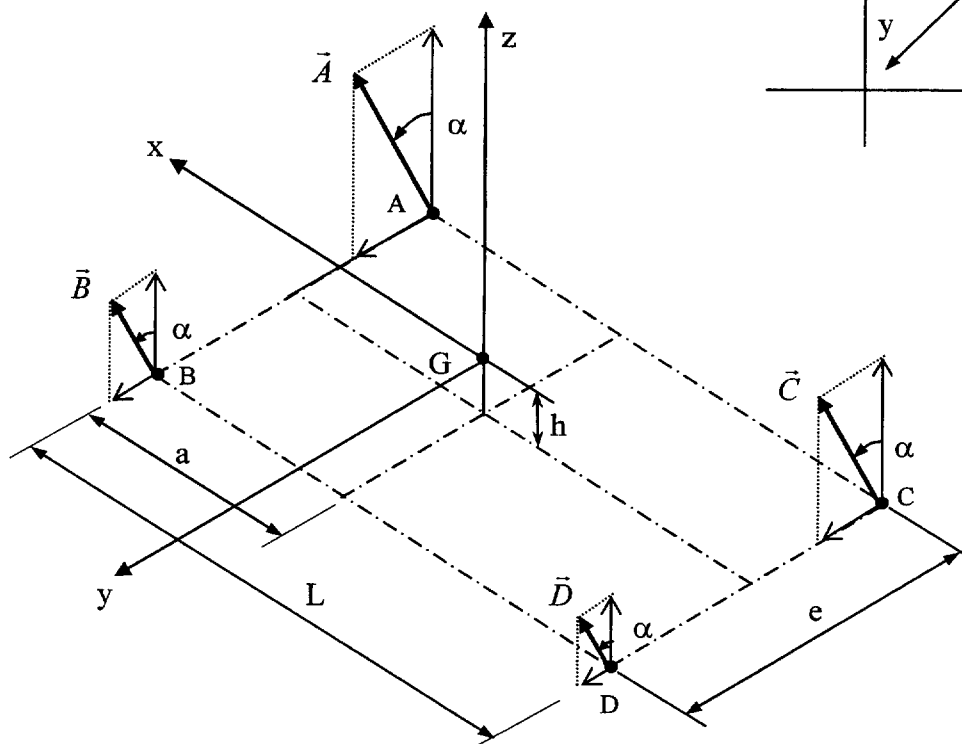
On prend $g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$.



4.2 Le véhicule aborde, sur route horizontale, un virage à gauche de rayon $R = 40 \text{ m}$ à vitesse constante $\|\vec{V}_{G \text{ v/sol}}\| = 65 \text{ km.h}^{-1}$.

Hypothèses :

- On néglige toutes les résistances à l'avancement agissant sur le véhicule.
- On néglige le roulis du véhicule.
- Les actions mécaniques du sol sur les roues se réduisent en A, B, C, D à des actions modélisées par des glisseurs contenus dans un plan parallèle au plan (G, \vec{y}, \vec{z}) suivant la figure ci-dessous :



4.2.1 Donner l'expression de l'accélération du centre de gravité du véhicule $\vec{a}_{G \text{ v/sol}}$ dans le repère $(G, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ et calculer sa valeur (accélération normale).

Quelle que soit la valeur trouvée, on prendra pour la suite de l'étude $\vec{a}_{G \text{ v/sol}} = + 8. \vec{y}$

Soit $a_G = a_n = + 8 \text{ m.s}^{-2}$

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

4.2.2 On admet que la répartition des efforts du sol sur les roues se fait comme indiquée sur la figure de la page précédente.

Le véhicule étant isolé, on donne les actions du sol sur les roues avant en A et B.

$$\left\{ T_{solA/v} \right\}_A = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_A & 0 \\ Z_A & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} = \begin{Bmatrix} 0 & -\frac{e}{2} Z_A + h Y_A \\ Y_A & -a Z_A \\ Z_A & a Y_A \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} ; \left\{ T_{solB/v} \right\}_B = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_B & 0 \\ Z_B & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} = \begin{Bmatrix} 0 & \frac{e}{2} Z_B + h Y_B \\ Y_B & -a Z_B \\ Z_B & a Y_B \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

Y_A, Y_B, Z_A et Z_B sont des valeurs algébriques.

- Exprimer les autres actions mécaniques extérieures au véhicule.
- Appliquer le principe fondamental de la dynamique au centre de gravité G du véhicule isolé et en déduire les cinq équations qui lient les composantes des actions du sol sur les roues en A, B, C et D ($Y_A, Z_A, Y_B, Z_B, Y_C, Z_C, Y_D$ et Z_D).

Pour cela, on admettra que l'expression du torseur dynamique du véhicule en G dans le repère

$$(G, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}) \text{ est : } \left\{ D_{v/sol} \right\}_G = \begin{Bmatrix} m \cdot \vec{a}_{G v/sol} \\ \vec{\delta}_{G v/sol} \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ m a_n & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

Quels que soient les résultats trouvés, on prendra pour la suite de l'étude :

$$Y_A + Y_B + Y_C + Y_D = m \cdot a_n \quad \text{équation (1)}$$

$$Z_A + Z_B + Z_C + Z_D - m \cdot g = 0 \quad \text{équation (2)}$$

$$h \cdot (Y_A + Y_B + Y_C + Y_D) - e/2 \cdot (Z_A - Z_B + Z_C - Z_D) = 0 \quad \text{équation (3)}$$

$$-a \cdot (Z_A + Z_B + Z_C + Z_D) + L \cdot (Z_C + Z_D) = 0 \quad \text{équation (4)}$$

$$a \cdot (Y_A + Y_B + Y_C + Y_D) - L \cdot (Y_C + Y_D) = 0 \quad \text{équation (5)}$$

4.2.3 On admet que le véhicule est en équiadhérence. A l'aide des équations (1), (2) et (6), déterminer la valeur de l'angle d'inclinaison α des actions du sol sur les roues et en déduire la valeur minimale du facteur d'adhérence sol/roue $\mu = \tan \alpha$ pour que le véhicule ne dérape pas.

On rappelle que le véhicule est en équiadhérence, alors :

$$\tan \alpha = \frac{Y_A}{Z_A} = \frac{Y_B}{Z_B} = \frac{Y_C}{Z_C} = \frac{Y_D}{Z_D} \quad \text{équation (6)}$$

$Y_A, Z_A, Y_B, Z_B, Y_C, Z_C, Y_D$ et Z_D sont des valeurs algébriques

Quelles que soient les valeurs trouvées, on prendra pour la suite de l'étude :

$$\mu = \tan \alpha = 0,85 \text{ et } a = 1090 \text{ mm}$$

4.2.4 Afin de connaître la charge s'appliquant sur chaque roue, on définit un taux k de répartition de charge entre les roues intérieures et extérieures d'un véhicule en virage tel que :

$$k = \frac{Z_A}{Z_B} = \frac{Z_C}{Z_D} \quad \text{équation (7)}$$

- A l'aide des équations (2), (4) et (7), déterminer les expressions littérales des composantes Z_A, Z_B, Z_C et Z_D en fonction de a, k, L, m et g.

Quelles que soient les valeurs trouvées, on prendra pour la suite de l'étude :

$$Z_B = \frac{(L - a) \cdot m \cdot g}{L \cdot (k + 1)} \text{ et } Z_D = \frac{a \cdot m \cdot g}{L \cdot (k + 1)}$$

4.2.5 Application numérique : calculer les valeurs Z_A, Z_B , ainsi que Y_A, Y_B , en prenant un taux de répartition de charge $k = 4$.

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

4.2.6 On prendra comme hypothèses pour la suite de l'étude les valeurs suivantes (en Newton) :

	Action en A	Action en B	Action en C	Action en D
Composante Y (en Newton)	6605	1651	4403	1107
Composante Z (en Newton)	7770	1942	5180	1295

En fonction des résultats trouvés lorsque le véhicule est à l'arrêt, déterminer la « surcharge ou décharge » T pour chacune des quatre roues (Test une valeur algébrique).

On prendra comme notation $T_A = Z_A - Z_{A0}$ avec Z_A véhicule en virage
 Z_{A0} véhicule à l'arrêt

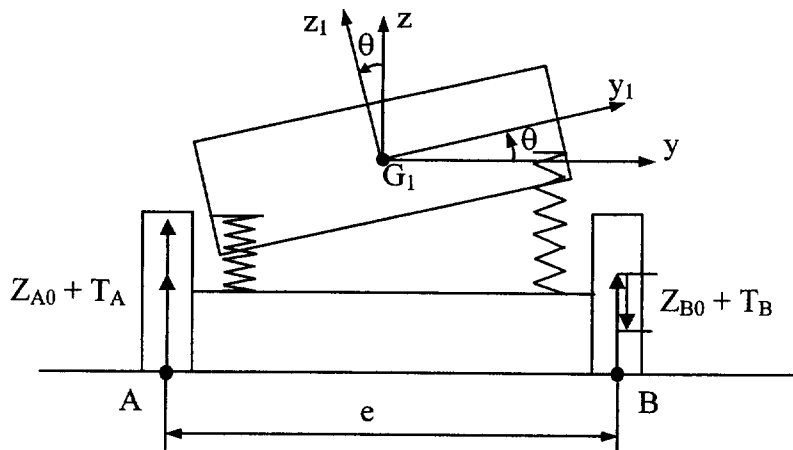
Quelles que soient les valeurs trouvées, on prendra pour la suite de l'étude :

$$T_A = 2900 \text{ N}$$

$$T_B = -2900 \text{ N}$$

5. Détermination de l'angle de roulis du véhicule :

Le roulis du véhicule est déterminé par l'angle de rotation de la caisse du véhicule autour de l'axe (G, \vec{x}) .
 Soit G_1 le centre de rotation de roulis et θ l'angle de roulis sur le train avant modélisé ci-dessous :

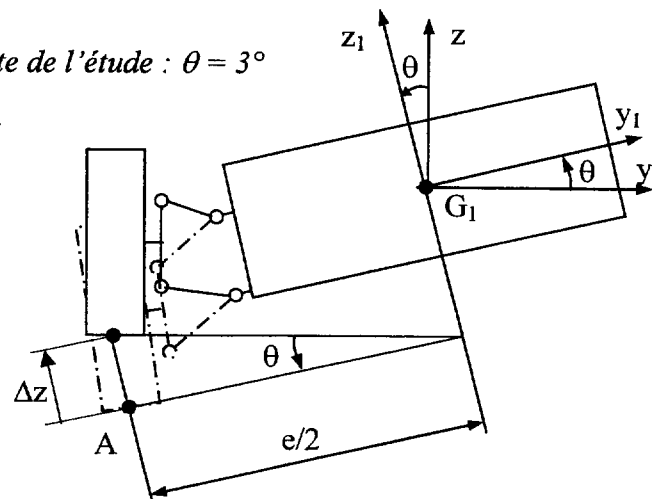


5.1 D'après les valeurs des « surcharge ou décharge » T_A et T_B déterminées précédemment, calculer la valeur du moment exercé par ces actions au centre G_1 du véhicule par rapport à l'axe de roulis (G_1, \vec{x}) que l'on notera $M_{TA, TB/G_1, x}$

5.2 Sachant que la raideur totale anti-roulis du train avant (raideur de la suspension + raideur de la barre anti-roulis + raideur des pneumatiques) est $K_\theta = 80000 \text{ mN.rad}^{-1}$, déterminer la valeur de l'angle θ de roulis du véhicule sur le train avant en degré.

Quelle que soit la valeur trouvée, on prendra pour la suite de l'étude : $\theta = 3^\circ$

5.3 En déduire la valeur du déplacement vertical Δz de la roue intérieure ainsi que celui de la roue extérieure par rapport au repère lié à la caisse $(G_1, \vec{x}, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$.
 On négligera le déplacement suivant l'axe (G_1, \vec{y}_1) .



Quelle que soit la valeur trouvée, on prendra pour la suite de l'étude : $\Delta z = 40 \text{ mm}$

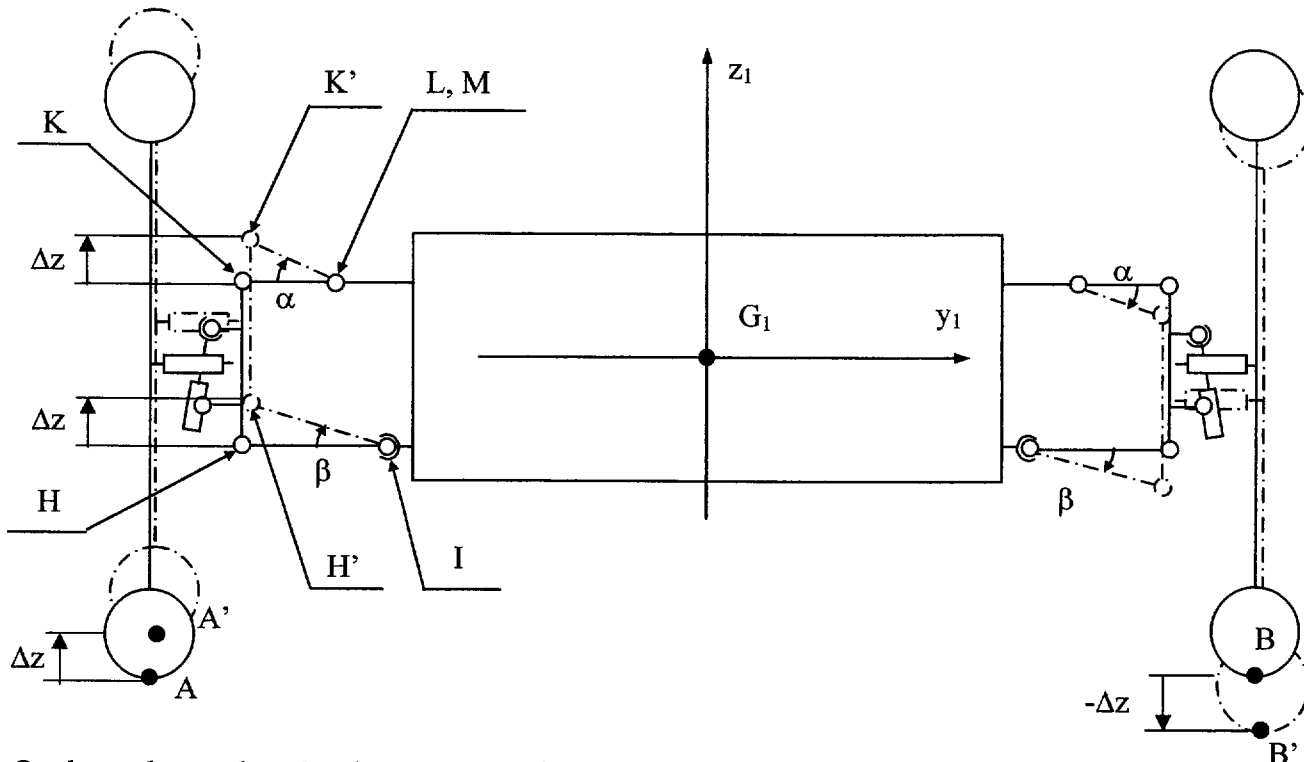
Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SESSION 2008	
Spécialité : MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE AUTOMOBILE	Code : MAVPM	
Epreuve : E4 VÉRIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MÉCANISME	Durée : 6h	Coef. : 4

6. Détermination de la variation de l'angle de carrossage :

Pour un angle de roulis de 3° on constate, sur les suspensions de type « Mac Pherson », des variations de l'ordre de $0,4^\circ$ sur la roue extérieure et de l'ordre de $0,7^\circ$ sur la roue intérieure (ces variations dépendent aussi de la position de l'implantation du triangle inférieur).

Recherchons cette variation sur la suspension à double triangulation.

Pour la suite de l'étude, on ne considérera que les déplacements suivant le plan $(G_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ en vue de face comme indiqué sur la figure ci-dessous :



On donne les coordonnées des vecteurs suivants :

$$\vec{LK} = -200. \vec{y}_1 \text{ pour la roue extérieure en A}$$

$$\vec{LK} = 200. \vec{y}_1 \text{ pour la roue intérieure en B}$$

$$\vec{IH} = -295. \vec{y}_1 \text{ pour la roue extérieure en A}$$

$$\vec{IH} = 295. \vec{y}_1 \text{ pour la roue intérieure en B}$$

$$\vec{IL} = -110. \vec{y}_1 + 540. \vec{z}_1 \text{ pour la roue extérieure en A}$$

$$\vec{IL} = 110. \vec{y}_1 + 540. \vec{z}_1 \text{ pour la roue intérieure en B}$$

6.1 Déterminer les valeurs respectives des angles α et β correspondant à un déplacement Δz de 40 mm sur la roue extérieure du véhicule en A.

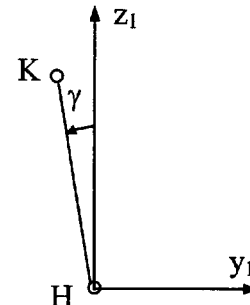
6.2 Exprimer les composantes du vecteur \vec{LK}' en fonction de l'angle α ainsi que les composantes du vecteur \vec{IH}' en fonction de l'angle β dans le repère $(G_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ lorsque la roue subit un déplacement Δz au point A. Calculer ces valeurs en millimètres.

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

6.3 Afin d'évaluer la variation de l'angle de carrossage, nous étudierons la variation d'inclinaison de la droite HK en H'K'.

Exprimer les vecteurs \vec{HK} et $\vec{H'K'}$ en fonction, respectivement, de \vec{HI} , \vec{IL} et \vec{LK} et de $\vec{H'I}$, \vec{IL} et $\vec{LK'}$ et calculer les valeurs de leurs composantes respectives au point A.

6.4 En déduire la valeur de l'angle γ et de l'angle γ' formé par les droites HK et H'K' avec la verticale au point A comme indiqué sur la figure ci-contre :



6.5 On admettra, par hypothèses, que les calculs effectués sur la roue intérieure au point B (subissant un déplacement $\Delta z = -40$ mm) donnent les résultats suivants :

	Δz (en mm)	α (en degré)	β (en degré)	Coordonnées de \vec{HK} en mm dans $(G_1, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$	γ (en degré)	Coordonnées de $\vec{H'K'}$ en mm dans $(G_1, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$	γ' (en degré)
Roue intérieure en B	-40	-11,54°	-7,79°	$\begin{pmatrix} 0 \\ 15 \\ 540 \end{pmatrix}$	-1,59°	$\begin{pmatrix} 0 \\ 13,67 \\ 540 \end{pmatrix}$	-1,45°

- En déduire la variation de l'angle de carrossage sur les roues intérieure et extérieure.
- Conclure sur l'efficacité de la suspension en comparant ces valeurs avec celles données au paragraphe 6 concernant les variations d'angles sur les suspensions de type « Mac Pherson ».

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.

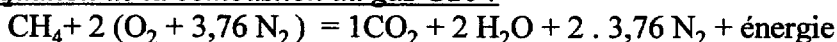
Le cycle théorique en fonctionnement essence et gaz est un cycle 1,2,3,4 de Beau de Rochas formé de deux isentropiques $1 \rightarrow 2$ et $3 \rightarrow 4$ et deux isochores $2 \rightarrow 3$ et $4 \rightarrow 1$.

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.

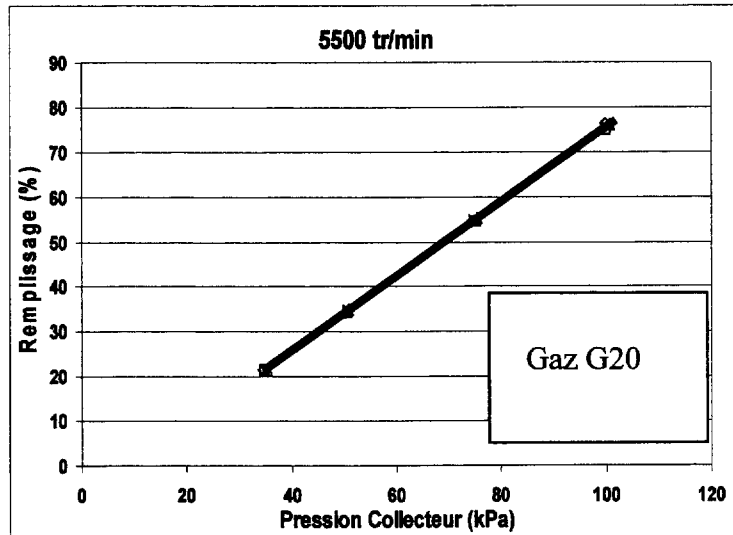
On prendra pour la suite des calculs : $r_{\text{mél}} = 300 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $T_1 = 293 \text{ K}$, $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$
et $\gamma_{\text{mél}} = 1,39$

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} :



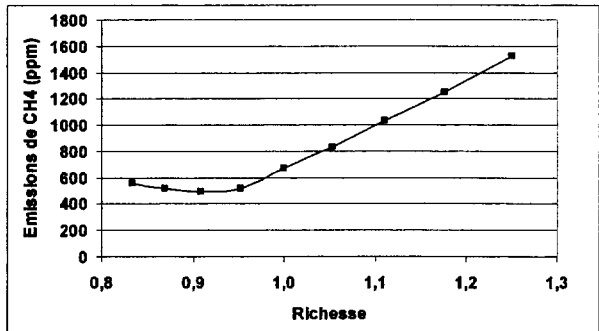
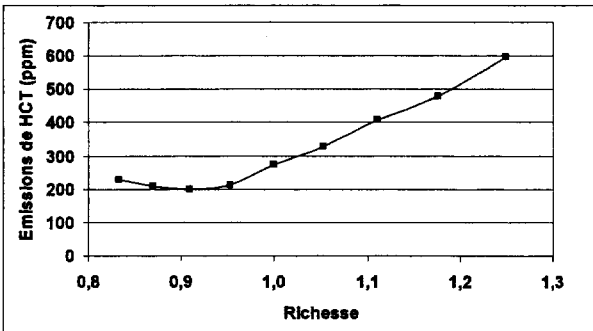
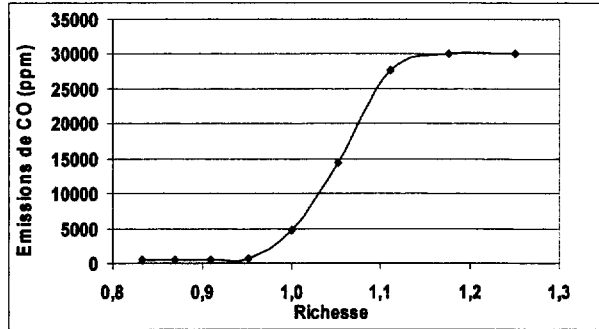
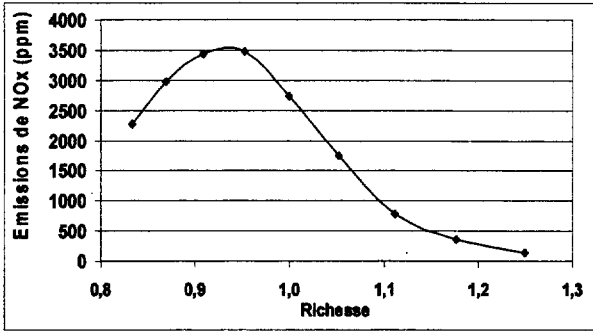
1.4.1 Sur le graphe ci-dessus, relever la valeur du taux de remplissage en pleine charge (pression collecteur $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$).

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 1,013.10⁵ 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 1,013.10⁵ 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 Q₂₃ 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

$\gamma = 1,39$; $c_v = 771 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $r_{\text{mél}} = 300 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $V_1 = 377 \text{ cm}^3$; $V_2 = 36,96 \text{ cm}^3$; $T_1 = 293 \text{ K}$;
 $m_{\text{tot}} = 0,43.10^{-3} \text{ kg/cyl}$

4.1 On donne les valeurs des grandeurs caractéristiques du mélange pour une richesse =1 et Q₂₃ = 797 J/cylindre

Point	1	2	3	4
Pression p en Pa	10 ⁵	25,23.10 ⁵ Pa	109,2.10 ⁵ Pa	4,33.10 ⁵ Pa
Volume en m ³	377.10 ⁻⁶	36,96.10 ⁻⁶	36,96.10 ⁻⁶	377.10 ⁻⁶
T en K	293	724,8	3128,8	1264,8

4.1.1 Effectuer le bilan mécanique du cycle : W_{cycleR1}.

4.1.2 Calculer la valeur du rendement thermodynamique du cycle η_{cycleR1} .

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.

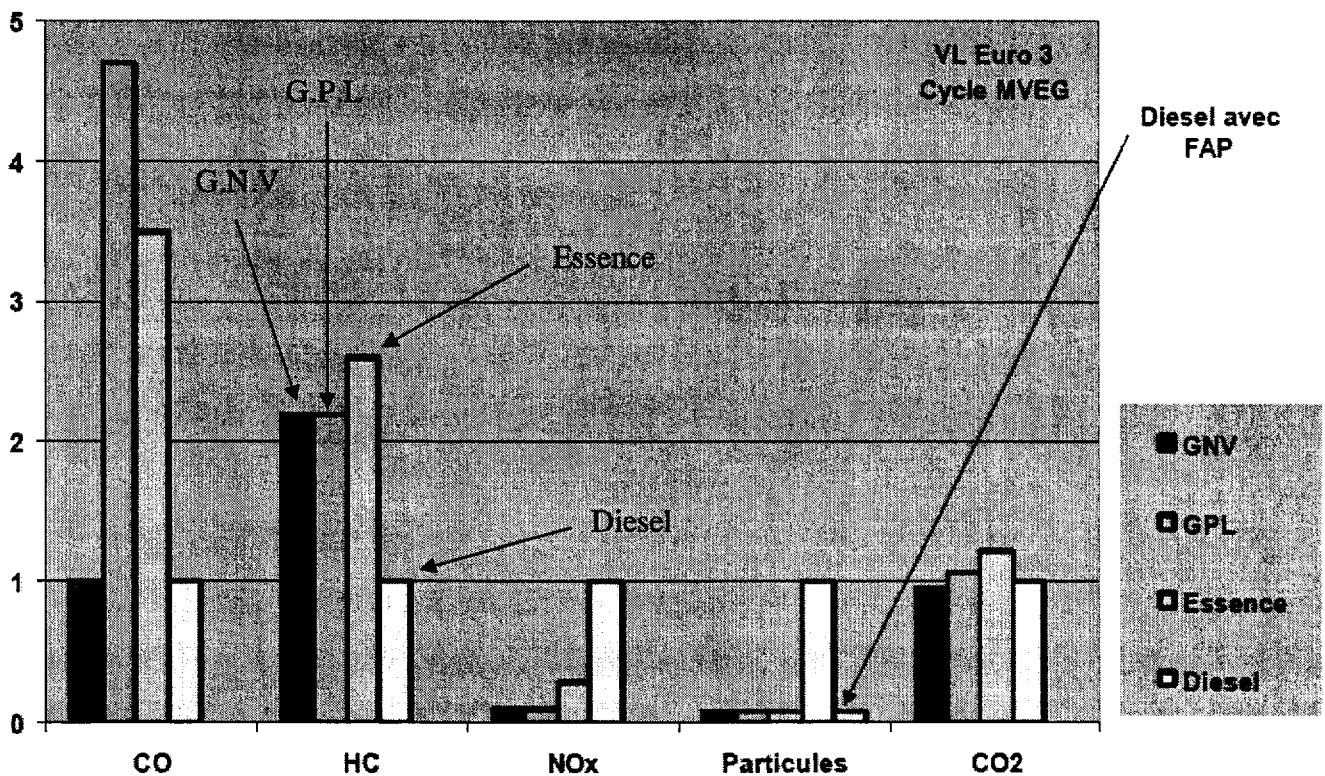
L'objet de cette dernière étude est de déterminer les variations de puissance du moteur en mode essence et GNV et les variations des différents polluants.

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 ?

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR	SESSION 2008	
Spécialité : MAINTENANCE ET APRES-VENTE AUTOMOBILE	Code : MAVPM	
Epreuve : E4 VERIFICATION DES PERFORMANCES D'UN MECANISME	Durée : 6h	Coef. :4

DOCUMENT REPONSE A RENDRE AVEC LA COPIE

THEME B : PLAN « VEHICULE PROPRE »

Question 2.1

	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					

Question 2.3

	m_{G20}
Richesse = 1	
Richesse = 0,8	

Question 3.1.3

	gaz G20
Densité	0,56
Masse volumique	
Pci en kJ.kg ⁻¹	

Question 3.2.1

	$Q_{23 G20}$
Richesse = 1	
Richesse = 0,8	