CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

ELEMENTS DE CORRECTION PARTIE A

4. Calculs préliminaires :

4.1

$A_0 = B_0 = 1650.9{,}81.0{,}6 = 9711{,}9$ N

$C_0 = D_0 = 1650.9{,}81.0{,}4 = 6474{,}6$ N

Position centre de gravité :

Somme des moments par rapport à A :

$$L.C_0 - a.mg = 0 \qquad a = \frac{L.C_0}{m.g} = 1090 \text{ mm}$$

4.2.1 Accélération normale du véhicule :

$$\vec{A}_{G\in v/sol} = \frac{v^2}{R}.\vec{y} \qquad \text{d'où } a_n = 8{,}15 \text{ m.s}^{-2}$$

4.2.2 PFD appliqué au centre de gravité du véhicule :

- Les autres actions extérieures :

$$\{T_{solC/v}\} = {}_C\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_C & 0 \\ Z_C & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})} \; ; \; \{T_{solD/v}\} = {}_D\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_D & 0 \\ Z_D & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})} \; ; \; \{T_{pesanteur/v}\} = {}_G\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -m.g & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

- PFD appliqué en G :

Réduction des torseurs en G

$$\{T_{solC/v}\} = {}_G\begin{Bmatrix} 0 & -\frac{e}{2}.Z_C + h.Y_C \\ Y_C & (L-a).Z_C \\ Z_C & -(L-a).Y_C \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})} \qquad \{T_{solD/v}\} = {}_G\begin{Bmatrix} 0 & \frac{e}{2}.Z_D + h.Y_D \\ Y_D & (L-a).Z_D \\ Z_D & -(L-a).Y_D \end{Bmatrix}_{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$$

PFD appliqué en G :

$$Y_A + Y_B + Y_C + Y_D = m.a_n \qquad \textit{équation (1)}$$
$$Z_A + Z_B + Z_C + Z_D - m.g = 0 \qquad \textit{équation (2)}$$
$$h.(Y_A + Y_B + Y_C + Y_D) - e/2.(Z_A - Z_B + Z_C - Z_D) = 0 \qquad \textit{équation (3)}$$
$$- a.(Z_A + Z_B + Z_C + Z_D) + L.(Z_C + Z_D) = 0 \qquad \textit{équation (4)}$$
$$a.(Y_A + Y_B + Y_C + Y_D) - L.(Y_C + Y_D) = 0 \qquad \textit{équation (5)}$$

4.2.3 Détermination du facteur d'adhérence μ :

(1) ⇔ $Y_A + Y_B + Y_C + Y_D = m.a_n$

(2) ⇔ $Z_A + Z_B + Z_C + Z_D = m.g$

et : $\tan\alpha = \frac{Y_A}{Z_A} = \frac{Y_B}{Z_B} = \frac{Y_C}{Z_C} = \frac{Y_D}{Z_D}$ d'où $Y_i = Z_i.\tan\alpha$

(1) ⇔ $\tan\alpha.(Z_A + Z_B + Z_C + Z_D) = m.a_n$

avec (2), on a $\tan\alpha.(m.g) = m.a_n$ ⇔ $\tan\alpha = \frac{a_n}{g} = 0{,}815$ d'où $\alpha = 39{,}2°$

4.2.4

$k = \frac{Z_A}{Z_B} = \frac{Z_C}{Z_D}$ donc $Z_A = k.Z_B$ et $Z_C = k.Z_D$

- (2) $\Leftrightarrow$ $Z_A + Z_B + Z_C + Z_D = m.g$

$\Leftrightarrow$ $k.Z_D + Z_D + k.Z_B + Z_B = m.g$

$\Leftrightarrow$ $(k+1).Z_D + (k+1).Z_B = m.g$

$\Leftrightarrow$ $(k+1).(Z_B + Z_D) = m.g$ (2')

Avec l'équation (4) : $-a.(Z_A + Z_B + Z_C + Z_D) + L.(Z_C + Z_D) = 0$

Or: $Z_A + Z_B + Z_C + Z_D = m.g$ (voir équation (2))

donc : $-a.(m.g) + L.(Z_C + Z_D) = 0$ *or* $Z_C = k.Z_D$

Donc $-a.(m.g) + L.(k.Z_D + Z_D) = 0$ *ainsi* $-a.(m.g) + L.(k+1)\, Z_D = 0$

on obtient : $Z_D = \frac{a.m.g}{L.(k+1)}$ d'où $Z_C = k.Z_D = \frac{k.a.m.g}{L.(k+1)}$

avec l'équation (2'), on a $Z_B = \frac{m.g}{(k+1)} - Z_D$

on obtient : $Z_B = \frac{(L-a).m.g}{L.(k+1)}$ d'où $Z_A = k.Z_B = \frac{k.(L-a).m.g}{L.(k+1)}$

4.2.5 Application numérique :

	Action en A	Action en B	Action en C	Action en D
Composante en Y en Newton	6604	1651	4403	1101
Composante en Z en Newton	7769,5	1942,4	5179,7	1294,9

4.2.6 Surcharge et décharge :

$$T_A = Z_A - Z_{A0} = 7770 - \frac{9711{,}9}{2} = 2914{,}05\ N$$

$$T_B = Z_B - Z_{B0} = 1942 - \frac{9711{,}9}{2} = -2913{,}95\ N$$

$$T_C = Z_C - Z_{C0} = 5180 - \frac{6474{,}6}{2} = 1942{,}7\ N$$

$$T_D = Z_D - Z_{D0} = 1295 - \frac{6474{,}6}{2} = -1942{,}3\ N$$

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

5.1

$$M_{TA,TB/G1x} = (T_A.\frac{e}{2}) - (T_B.\frac{e}{2}) = 2900.1{,}53 = 4437\ m.N$$

5.2

$$M_{TA,TB/G1x} = K_\theta.\theta \quad \text{donc} \quad \theta = \frac{M_{TA,TB/G1x}}{K_\theta} = \frac{4437}{80000} = 0{,}0555\ rad$$

soit $\theta = 3{,}17°$

5.3

$$\tan\theta = \frac{\Delta z}{\left(\frac{e}{2}\right)} \quad \text{d'où} \quad \Delta z = \frac{e.\tan\theta}{2} = 42{,}4\ mm$$

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

6.1 Détermination des angles α et β :

$$\sin\alpha = \frac{\Delta z}{\left\|\vec{LK'}\right\|} = \frac{40}{200} \qquad \alpha = 11{,}54° \qquad \sin\beta = \frac{\Delta z}{\left\|\vec{IH'}\right\|} = \frac{40}{295} \qquad \beta = 7{,}79°$$

6.2 vecteur $\overrightarrow{LK'} = (-200.\cos\alpha).\vec{y}_1 + (200.\sin\alpha).\vec{z}_1$ (ou $=(-200.\cos\alpha).\vec{y}_1 + \Delta z.\vec{z}_1$)

vecteur $\overrightarrow{IH'} = (-295.\cos\beta).\vec{y}_1 + (295.\sin\beta).\vec{z}_1$ (ou $=(-295.\cos\beta).\vec{y}_1 + \Delta z.\vec{z}_1$)

donc :

vecteur $\overrightarrow{LK'} = -195{,}95\,\vec{y}_1. + 40.\vec{z}_1$

vecteur $\overrightarrow{IH'} = -292{,}28\,\vec{y}_1. + 40.\vec{z}_1$

6.3 $\overrightarrow{HK} = \overrightarrow{HI} + \overrightarrow{IL} + \overrightarrow{LK} = 295.\ \vec{y}_1 + (-110.\ \vec{y}_1 + 540.\vec{z}_1) - 200.\ \vec{y}_1$

$= -15.\ \vec{y}_1 + 540.\vec{z}_1$

et :

$\overrightarrow{H'K'} = \overrightarrow{H'I} + \overrightarrow{IL} + \overrightarrow{LK'} = 292{,}28.\ \vec{y}_1 - 40.\vec{z}_1 + (-110.\ \vec{y}_1 + 540.\ \vec{z}_1) - 195{,}95.\ \vec{y}_1 + 40.\vec{z}_1$

$= -13{,}67.\ \vec{y}_1 + 540.\ \vec{z}_1$

6.4 Détermination des angles γ et γ' :

$$\text{tg}\,\gamma = \frac{15}{540} \quad \text{soit } \gamma = 1{,}59°$$

$$\text{tg}\,\gamma' = \frac{13{,}67}{540} \quad \text{soit } \gamma' = 1{,}45°$$

	Δz en mm	α en degré	β en degré	Coordonnées de $\overrightarrow{HK}$ en mm dans (G_1, x_1, y_1, z_1)	γ en degré	Coordonnées de $\overrightarrow{H'K'}$ en mm dans (G_1, x_1, y_1, z_1)	γ' en degré
Roue extérieure en A	40	11,54°	7,79°	$\begin{pmatrix} 0 \\ -15 \\ 540 \end{pmatrix}$	1,59°	$\begin{pmatrix} 0 \\ -13{,}67 \\ 540 \end{pmatrix}$	1,45°
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°

6.5 Variation de l'angle de carrossage :

$\Delta\gamma = \gamma - \gamma' = 1{,}59° - 1{,}45° = 0{,}14°$ donc prise de contre-carrossage sur la roue extérieure

$\Delta\gamma = \gamma - \gamma' = -1{,}59° + 1{,}45° = -0{,}14°$ donc prise de carrossage sur la roue intérieure

Conclusion :

Le train avant à double triangulation génère, pour un même angle de roulis, une variation de 0,14° en contre-carrossage sur la roue extérieure au lieu de 0,4° pour un train avant de type « Mac-Pherson », ce qui améliore le comportement en virage.

Le train avant à double triangulation génère, pour un même angle de roulis, une variation de -0,14° en carrossage sur la roue intérieure au lieu de 0,7° pour un train avant de type « Mac-Pherson », ce qui limite les effets néfastes.

ELEMENTS DE CORRECTION PARTIE B

Etude A :

1.1 Dosage stœchiométrique :

$$dst_{G20} = \frac{masse.molaire.CH_4}{masse.molaire2.(O_2 + 3{,}76N_2)}$$

$$dst_{G20} = \frac{12+(1\times4)}{2.(16\times2+3{,}76\times2\times14)} = \frac{1}{17{,}16}$$

1.2.1 $r_{mél} = c_{pmél} - c_{vmél} = 1071 - 771 = 300\ J\ kg^{-1}K^{-1}$

et $r_{air} = c_p - c_v = 1005 - 718 = 287\ J\ kg^{-1}K^{-1}$

1.2.2 $\gamma_{mél} = 1.389\ J\ kg^{-1}K^{-1}$ $\gamma_{air} = 1.4\ J\ kg^{-1}K^{-1}$

1.3.1 $\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$ et $V_1 - V_2 = \frac{V}{4}$

$V_u = \frac{1360}{4} = 340\ cm^3$ $V_2 = \frac{V_u}{\varepsilon - 1} = \frac{1360}{4.(10{,}2-1)} = 36{,}96\ cm^3$

$V_1 = \varepsilon.V_2 = 10{,}2.36{,}96 = 377\ cm^3$

1.3.2 $p_1.V = m_{melth}.r_{mel}.T_1 \Rightarrow m_{melth} = \frac{340.10^{-6}.10^5}{300\times293} = 3{,}868.10^{-4}\ kg_{mel}/cyl$

1.4.1 Taux de remplissage = 0,75

1.4.2 $m_{melréel} = 3{,}868.10^{-4}\ kg_{mel}/cyl \times 0{,}75 = 0{,}29.10^{-3}\ kg_{mel}/cyl$

2.1

	Richesse = 1	Richesse = 0,83	% de variation R=1 et R =0,83	Richesse = 1,25	% de variation R=1 et R= 1,25
Emission de NO_x	2750	2250	$\frac{2250-2750}{2750}$ soit -18%	125	-95%
Emission de CO	5000	10	-100%	30000	500%
Emission de HCT	280	230	-17,85%	600	114%
Emission de CH_4	680	580	-14,7%	1550	127%

2.2 L'ensemble des polluants est en diminution en passant d'un taux de richesse de 1 à 0,8.

2.3 $R_i = \dfrac{\dfrac{m_{Gazréel}}{m_{airréel}}}{dstgaz}$ et $m_{Gazréel} + m_{airréel} = m_{melréel} = 0{,}29.10^{-3}\ kg_{mel}/cyl$

$R_i = 1$: $m_{G20} = \dfrac{m_{melréel}}{18} = 0{,}0161.10^{-3}$ kg/cyl

$R_i = 0{,}8$: $m_{G20} = \dfrac{m_{melréel}}{\dfrac{17}{0{,}8}+1} = \dfrac{0{,}29\times10^{-3}}{\dfrac{17}{0{,}8}+1} = 13{,}03.10^{-6}$ kg/cyl

	m_{G20}
Richesse = 1	$0{,}0161.10^{-3}$ kg/cyl
Richesse = 0,8	$13{,}03.10^{-6}$ kg/cyl

3.1.1 Densité = $0{,}56 = \dfrac{\rho_{GazG20}}{\rho_{air}} \Rightarrow \rho_{GazG20} = 0{,}56\times1{,}29 = 0{,}722\ kg.m^{-3}$

3.1.2 $PCI_{G20} = 9{,}97.3600 = 35892\ kJ.m^{-3}$

$PCI_{G20} = 35982.\dfrac{1}{0{,}722} = 49711\ kJ.kg^{-1}$

3.1.3

	Gaz G20
Densité	0,56
Masse volumique	0,722
PCI en $kJ.kg^{-1}$	49711

3.2.1 $Q_{23} = PCI \times m_{Gaz}$

	$Q_{23\ G20}$
Richesse = 1	$49711.10^{3}.\ 0{,}0160.10^{-3}$ kg/cyl = 795,38 J/cyl
Richesse = 0,8	$49711.10^{3}.\ 13{,}03.10^{-6}$ kg/cyl = 646 J/cyl

3.2.2 . $p_1.V_1 = m_{tot}.r_{mel}.T_1 \Rightarrow m_{tot} = \dfrac{377.10^{-6}.10^{5}}{300\times293} = 0{,}429.10^{-3}\ kg_{mél}/cyl$

4.1.1

$W_{cycleR1} = m_{tot}.c_v.(T_2 - T_1 + T_4 - T_3) = 0{,}43.10^{-3}.771.(724{,}8 - 293 + 1264{,}8 - 3128{,}8) = -474{,}8\ J$

4.1.2 $\eta_{cycleR1} = \left|\dfrac{W_{cycle}}{Q_{23}}\right| = \dfrac{474{,}8}{797} = 0{,}6$

4.2.1 $p_2 = p_1.\varepsilon^{\gamma} = 10^5.10{,}2^{1.39} = 25{,}23.10^5$ Pa et $T_2 = T_1.\varepsilon^{\gamma-1} = 293.10{,}2^{0{,}39} = 724{,}8$ K

4.2.2 $Q_{23} = m_{tot}.c_v.(T_3 - T_2) \Rightarrow T_3 = 724{,}8 + \dfrac{645}{0{,}43.10^{-3}.771} = 2670{,}3$ K

$p_3 = m_{tot}.r.\dfrac{T_3}{V_3} = \dfrac{0{,}43.10^{-3}.300.2670{,}3}{36{,}96.10^{-6}} = 93{,}2.10^5$ Pa

4.2.3

$$T_4 = T_3.\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\gamma-1} = 2670,3.\left(\frac{1}{10,2}\right)^{0,39} = 1079,46 \text{ K}$$

$$p_4 = m_{tot}.r.\frac{T_4}{V_4} = \frac{0,43.10^{-3}.300.1079,46}{377.10^{-6}} = 3,69.10^5 \text{ Pa}$$

4.2.4 $W_{cycleR0.8} = m_{tot}.c_v.(T_2 - T_1 + T_4 - T_3) = 0,43.10^{-3}.771.(724,8 - 293 + 1079,46 - 2670,3)$
$= -384J$

5.
Pour Ri = 1 $W_{cycle} = -474,8$ J/cyl
Pour Ri = 0,8 $W_{cycle} = -384$J/cyl

$P_{cycle} = W_{cycle}.4.x$

Pour Ri = 1 $P_{cycle} = 474,8.4.\dfrac{5500}{2.60} = 87047$ W

Pour Ri = 0,8 $P_{cycle} = 384,16.4.\dfrac{5500}{2.60} = 70429$ W

Le taux de variation de puissance = $\dfrac{87047-70429}{87047} = 0,19$

6. Le tableau montre une baisse des différents polluants pour une perte de puissance de l'ordre de 18%. Ceci permet de réduire le taux de pollution des véhicules à carburation GNV.

Etude B :

7.1 $\eta_{CycleR1} = 1 - \dfrac{1}{10,2^{0,4}} = 0,605$

7.2 $W_{CycleR1} = -\eta_{CycleR1}.Q_{23} = -0,605.\dfrac{0,29.10^{-3}}{16}.45.10^6 = -493 J/cycle$

7.3 $P_{cycle} = W_{cycleR1}.4.x$

$P_{cycle} = 493.4.\dfrac{5500}{2.60} = 90400$ W

Etude C :

8.1 Le taux de variation de puissance = $\dfrac{90400-87047}{90400} = 0,037$ soit 3,7%

8.2 En richesse de 1, et à pleine charge, la perte de puissance de 3,7% du moteur fonctionnant au GNV par rapport à celui fonctionnant à l'essence est amplement compensée par le gain en terme de pollution. En effet on constate que les émissions de CO (transformées en CO2 dans le pot catalytique) sont divisées par 3.5. Et si les productions de HC et de CO2 (avant le « pot catalytique ») sont équivalentes pour les deux carburants, la production de NOx est divisée par 3.