

Examen : DIPLÔME D'EXPERT EN AUTOMOBILE	Code :	
Epreuve : SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES	Session : 2001	
	Durée : 4H	Coef. : 1

DIPLOME D'EXPERT EN AUTOMOBILE

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Durée : 4h

Coefficient : 1

THEME

BOITE DE VITESSES CD4E FORD

Comprend :

le texte du sujet : pages de 1 à 10/10.

les pages 9/10 et 10/10 doivent être jointes à la feuille de copie.

Barème de notation /200

N°	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
Poids	16	20	20	24	8	12	16	16	12	8	8	12	16	4	8

Aucun document n'est autorisé

BOITE DE VITESSES CD4E FORD

1. PRESENTATION DE L'ETUDE

On se propose d'étudier une boîte de vitesses automatique équipant des véhicules de tourisme traction.

2. CARACTERISTIQUES

Cette boîte de vitesses équipe des véhicules à traction montés avec des moteurs de 1,8 l et 2,0 l Elle possède 4 rapports de marche avant dont un surmultiplié (overdrive) et un rapport de marche arrière.

CONSTITUTION

Elle est constituée des principaux composants suivants (voir pages 6 et 7) :

- un carter 1,
- un convertisseur de couple avec embrayage de pontage 12+19,
- un frein à bande 5,
- cinq embrayages à friction 4, 6, 7, 8, 9,
- deux trains épicycloïdaux 10, 11,
- une chaîne d'entraînement 16,
- un train épicycloïdal de réduction finale 15,
- une pompe à huile,
- un bloc de commande.

GESTION ELECTRONIQUE

Un module de commande électronique gère les électrovannes de pression de commande, le programme de sélection des rapports, la commande de l'embrayage de pontage du convertisseur de couple et l'embrayage de retenue (frein moteur).

Le conducteur dispose de deux programmes de sélection des rapports :

- E pour conduite Economique avec des changements de rapport à bas régime,
- S pour conduite Sport avec des changements de rapport à régime élevé.

Le pontage du convertisseur élimine le glissement du convertisseur et peut s'appliquer en 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} rapport.

POSITIONS DU LEVIER DE SELECTION.

- P** (Park). Bloque le véhicule à l'arrêt par verrouillage de la transmission.
- R** (Marche arrière).
- N** (Neutre). Pas de transmission de couple aux roues.
- D** (Drive-route) Sélection automatique
En activant l'overdrive (4^{ème} rapport) par un interrupteur, les quatre rapports avant sont disponibles avec un frein moteur sur le 4^{ème}
En désactivant l'overdrive : les trois premiers rapports sont disponibles avec un frein moteur pour les 2^{ème} et 3^{ème} rapports.
- 2** (2^{ème} rapport). Les deux premiers rapports sont sélectionnés avec un frein moteur.
- 1** (1^{ère} rapport). Le 1^{er} rapport est sélectionné avec frein moteur.

3. ETUDE CINEMATIQUE

BUT: On se propose de déterminer à partir des schémas cinématiques (pages 7 et 8), des rapports de transmission de la boîte pour certaines positions de sélecteur.

HYPOTHESES ET DONNEES

- On ne tient pas compte du convertisseur de couple dans la détermination des rapports.
- L'entrée se fait par l'arbre de la turbine **T** du convertisseur et la sortie par la couronne **S** fixée sur la roue dentée de la transmission par chaîne 16.
- Repère fixe : le carter 1

- Rapport de réduction à étudier : $R_i = \frac{\omega_{S/1}}{\omega_{T/1}}$

- (Voir page 8) nombre de dents de:
planétaire de A : $Z_A = 27$
couronne de C : $Z_C = 51$
planétaire de D : $Z_D = 29$
couronne de S : $Z_S = 67$

- Etats des embrayages, du frein, et des roues libres

Convention :

- 1 \Rightarrow Activé, arrêt en rotation, le composant transmet un moment.
- 1* \Rightarrow arrêt en rotation dans un seul sens, la roue libre transmet le moment dans un seul sens (pas de frein moteur).

POSITIONS SELECTEUR		R	D				1 OU 2 (Imposé)	
N°	RAPPORT	AR	1	2	3	4	1	2
4	Embrayage de marche AR	1	-	-	-	-	-	-
5	Frein à bande 2ème/4ème	-	-	1	-	1	-	1
6	Embrayage de prise directe	-	-	-	1	1	-	-
7	Embrayage de retenue	-	-	-	-	-	1	1
8	Embrayage de marche AV	-	1	1	1	-	-	-
9	Embrayage de 1ère/AR	1	-	-	-	-	1	-
17	Roue libre de 1ère	-	1*	-	-	-	-	-
18	Roue libre de marche AV	-	1*	1*	1*	-	-	-

- FORMULE DE WILLIS : $\frac{\omega_{PLi/1} - \omega_{PS/1}}{\omega_{PLj/1} - \omega_{PS/1}} = R$

R : raison du train
PL : planétaire
PS : porte-satellite.

QUESTIONS

- 3.1 Appliquer la formule de Willis au train épicycloïdal de 1^{ère}/2^{ème} (10) et trouver une relation générale entre $\omega_{C/1}$, $\omega_{A/1}$, $\omega_{S/1}$, Z_A et Z_C . (Voir page 8)
- 3.2 A partir de la configuration "rapport de 1^{ère} imposée page 8", exprimer le rapport de 1^{ère}

($R_1 = \frac{\omega_{S/1}}{\omega_{T/1}}$) en fonction de Z_A , Z_C . Calculer ce rapport

3.3 La formule de Willis appliquée au train épicycloïdal de marche arrière/overdrive (11) nous permet

de trouver la relation générale entre $\omega_{D/1}$, $\omega_{C/1}$, $\omega_{S/1}$, Z_D , et Z_S . soit :
$$\frac{\omega_{S/1} - \omega_{C/1}}{\omega_{D/1} - \omega_{C/1}} = -\frac{Z_D}{Z_S}$$

A partir de la configuration "rapport de 4^{ème} position D page 8", exprimer le rapport de 4^{ème} ($R_4 = \frac{\omega_{S/1}}{\omega_{T/1}}$) en fonction de Z_D et Z_S . Calculer ce rapport.

3.4 Exprimer le rapport de 2^{ème} imposé ($R_2 = \frac{\omega_{S/1}}{\omega_{T/1}}$) en fonction de Z_A , Z_C , Z_D et Z_S (page 8). Pour

cela, utiliser l'expressions obtenues à l'aide de la formule de Willis à la question 3.1 et celle donnée à la question 3.3 puis éliminer $\omega_{C/1}$ entre les deux expressions. Calculer ce rapport.

4. ETUDE DU FREIN A BANDE EN RAPPORT DE 2^{ème}

BUT.: On se propose de déterminer la pression minimale agissant sur le piston de commande du frein à bande 5 en 2^{ème} (voir page 9).

HYPOTHESES ET DONNEES

- Problème plan.
- Poids négligeables.
- Rendement de transmission : $\eta = 1$.
- Frottement négligeable dans les liaisons.
- Vitesse de rotation moteur constante : $N_m = 4000$ tr/min.
- Embrayage du convertisseur activé, donc rendement du convertisseur : $\eta_c = 1$.
- Du fait de la symétrie, les actions mécaniques exercées par les satellites sur les différents composants sont identiques en module.
- On appelle : $F_{i/j}^l = \|\vec{F}_{i/j}^l\|$.
- Nombre de dents : $Z_D = 29$ dents et $Z_S = 67$ dents.
- Rapport de seconde : $R_2 = \frac{\omega_{S/1}}{\omega_m} = 0,6367$.
- Module des engrenages : m .
- Diamètre primitif : $d = m \times Z$.
- Moment moteur au couple maximum : $M_m = 175$ N.m.
- Angle d'enroulement de la bande du frein : $\alpha = 330^\circ = 5,76$ rad.
- Coefficient de frottement : $f = 0,14$.
- Rayon d'actions des tensions : $R = 0,078$ m.
- Diamètre du piston P : $d_p = 0,065$ m.
- $M_{Oz i/j}$ = valeur algébrique du moment par rapport à l'axe oz des actions de i sur j.

QUESTIONS

4.1 La boîte de vitesses (les deux trains épicycloïdaux 10 + 11 + le convertisseur ponté) sans la transmission par chaîne (fig. 1 page 9) est isolée.

- On considère que le moteur exerce sur la boîte le moment maximal M_m à la vitesse N_m , déterminer le moment résistant M_r appliqué par la chaîne de transmission 16 sur la couronne S suivant l'axe Oz : $M_r = |M_{Oz 16/S}|$ lorsque le 2^{ème} rapport est engagé.

4.2 L'effort entre la couronne S et un satellite E s'exerce suivant la droite de pression (voir fig.3). Il se

décompose en une composante tangentielle $F_t = \left\| \vec{F}_{tS/E} \right\|$ et une composante radiale F_r . Donc :

$$\left\{ \vec{T}_{S \rightarrow E} \right\}_{M1} = \begin{Bmatrix} F_t & 0 \\ -F_r & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \quad \text{avec : } F_t = \frac{2 \times M_m}{3 \times m \times Z_s \times R_2} \quad \text{et } F_r = F_t \times \tan 20^\circ$$

- En isolant le satellite E (fig. 3) et en utilisant l'équation de moment suivant P_z , montrer que l'expression littérale de la composante tangentielle de l'action du planétaire D sur E en $N1$ est

$$\text{égale à : } F_t' = \frac{2 \times M_m}{3 \times m \times Z_s \times R_2}$$

4.3 En déduire l'expression littérale du moment suivant Oz ; $M_{/Oz E/D}$ des actions des satellites sur le planétaire D.

La bande du frein 5 (fig. 4) est en équilibre sous l'effet des actions de la pièce D, du bâti 1 et du piston P.

- On donne le moment de l'action de D sur 5 suivant \underline{Oz} : $|M_{/Oz D/5}| = 119 \text{ N.m}$
- On appellera les actions agissant sur le brin tendu \vec{T} et sur le brin mou \vec{t} .

4.4 Placer les actions du bâti et du piston aux points I et J (fig. 4 page 9 feuille à rendre).

4.5 En se situant à l'équilibre strict du frein à bande, écrire l'équation des moments suivant Oz et déterminer les tensions T et t (tensions minimales assurant l'équilibre).

- On rappelle : rapport des tensions dans un frein à bande : $\frac{T}{t} = e^{f \cdot \alpha}$ avec $e = 2,72$

4.6 Déterminer la pression minimale agissant sur le piston P.

5. ETUDE DYNAMIQUE EN 4^{ème}

On se propose de déterminer l'accélération et la vitesse du véhicule dans des conditions particulières.

HYPOTHESES ET DONNEES

- Phase d'accélération
- L'étude se fait en 4^{ème}.
- Le convertisseur est ponté (pas de glissement $\omega_T = \omega_{\text{moteur}}$).
- Les moments d'inerties des pièces tournantes de la transmission et des roues sont négligeables.
- Les effets de la portance aérodynamique sont négligeables devant ceux de la traînée aérodynamique.
- L'étude se fera sur sol horizontal.
- On admet que le véhicule présente un plan de symétrie longitudinal (oxy). L'étude se fera dans ce plan.
- Les contacts entre les roues et le sol se font avec résistance au roulement.
- Les liaisons pivots roues/caisse sont sans frottement.
- Moment d'inertie d'une roue / axe de rotation : $J_{r/Oz} = 0$
- Moment moteur transmis à la boîte de vitesses : M_m en N.m

- Rapport global de réduction en 4^{ème} : $R_g = \frac{\omega^r / 1}{\omega^m / 1}$

avec $\omega_{r/1}$ vitesse de la roue et $\omega_{m/1}$ celle du moteur

- Rendement de transmission : $\eta = 0,9$
- Paramètre de résistance au roulement : δ en m
- Rayon sous charge d'une roue : $r = 0,286$ m
- Masse véhicule : $m = 1387$ kg
- Accélération terrestre : $g = 9,81$ m/s²
- Maître couple : S_v
- Coefficient aérodynamique de traînée : C_x
- Masse volumique de l'air : ρ
- Vitesse du véhicule : V

QUESTIONS

5.1 Montrer que le moment transmis par la transmission sur les roues avant 3 s'écrit : $|M_{t/3}| = \frac{|M_m| \times \eta}{R_g}$

5.2 En isolant les roues avant 3 (voir fig 1 et 2 page 10) :

- faire l'inventaire des actions extérieures et les placer sur la fig 1. (Feuille à rendre), On appellera T_3 la composante tangentielle de l'action du sol sur les roues avant et N_3 la composante normale. En écrivant l'équation du moment dynamique par rapport à O_1z exprimer T_3 en fonction de M_m , R_g , N_3 , r , δ , η .

5.3 On isole (voir fig 2) le véhicule $S = 1+2+3$. Soit :

- la masse du véhicule = m ,

- l'action de l'air sur le véhicule (modèle simple): $\{T_{Air} \rightarrow S\} = \begin{Bmatrix} -R_{aé} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_G$

avec $R_{aé} = 0,5 \cdot \rho \cdot S_v \cdot C_x \cdot V^2$

- l'action du sol sur les roues arrière : $\{T_0 \rightarrow 2\} = \begin{Bmatrix} -\frac{\delta}{r} \cdot N_2 & 0 \\ N_2 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_B$

- Faire l'inventaire des actions extérieures
- En écrivant le théorème de la résultante dynamique tirer l'expression de l'accélération γ du véhicule en fonction de M_m , r , R_g , η , $R_{aé}$, m , g , δ .

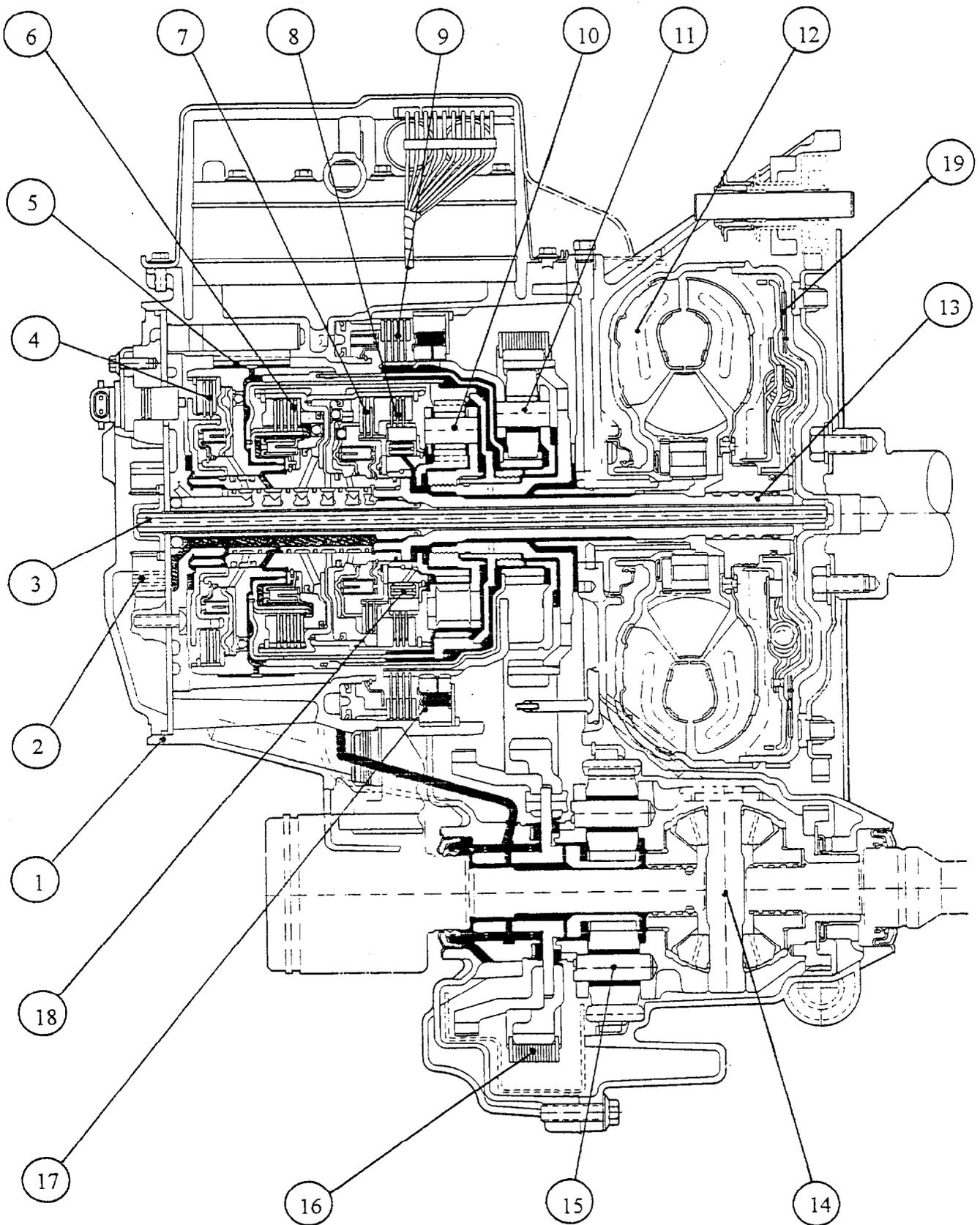
5.4 Le graphe fig 3 représente les variations, en fonction de la vitesse du véhicule en 4^{ème}, de :

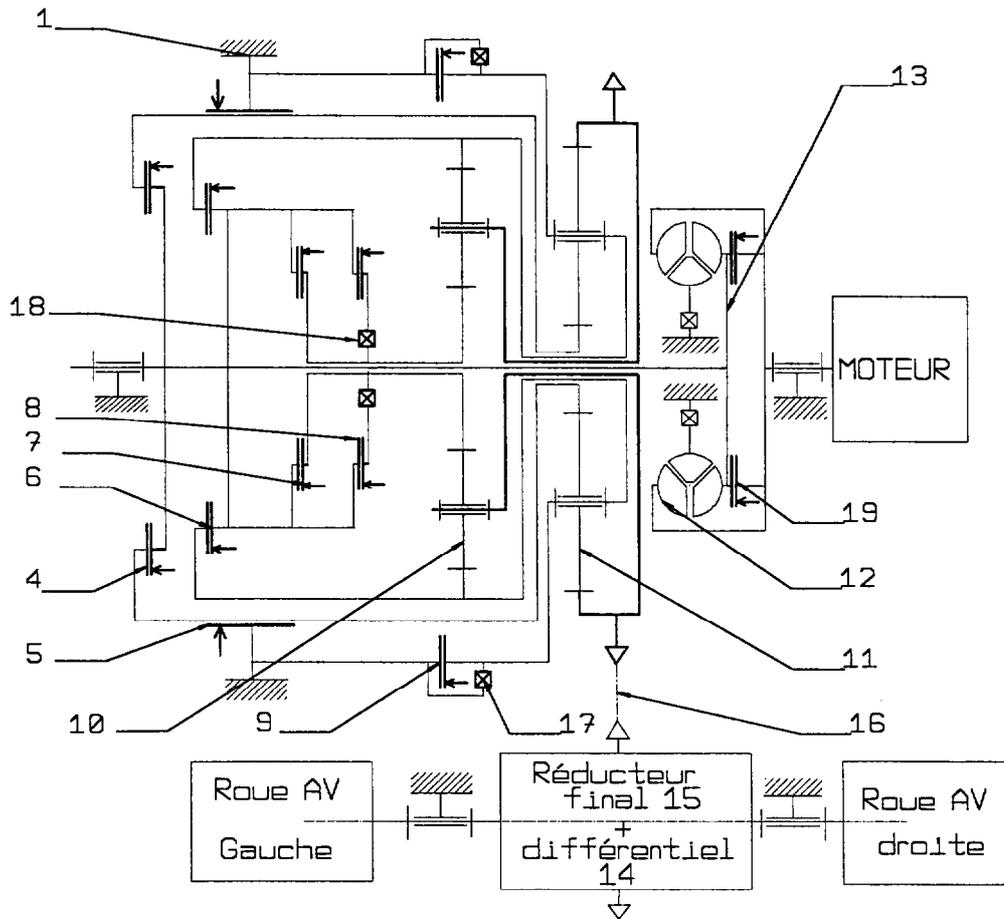
- l'effort moteur transmis à la jante F_m ,
- la somme des efforts résistants $F_r = R_r + R_{aé}$

($R_r = m \cdot g \cdot \frac{\delta}{r}$ résistance au roulement et $R_{aé} =$ traînée aérodynamique).

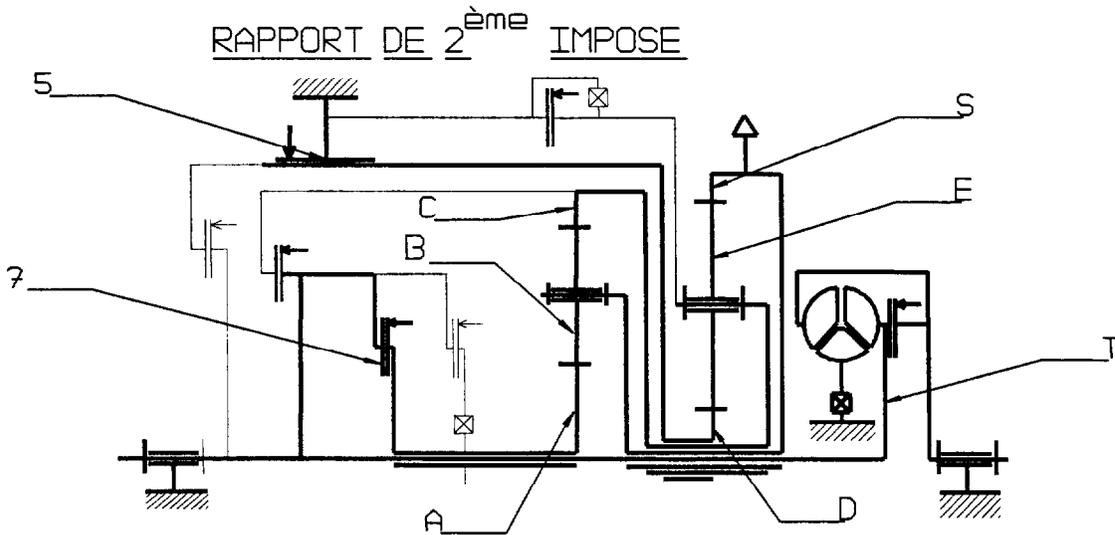
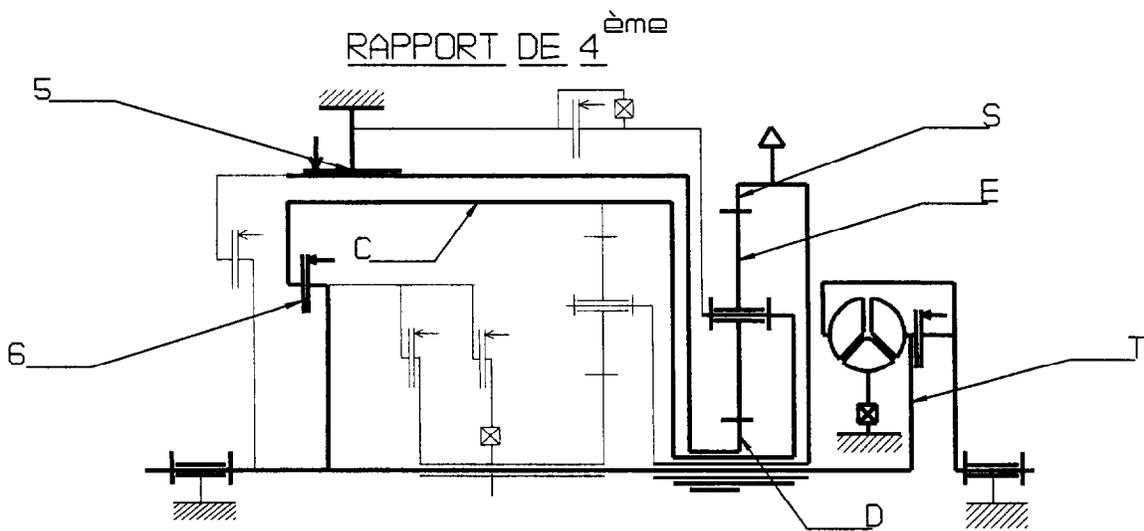
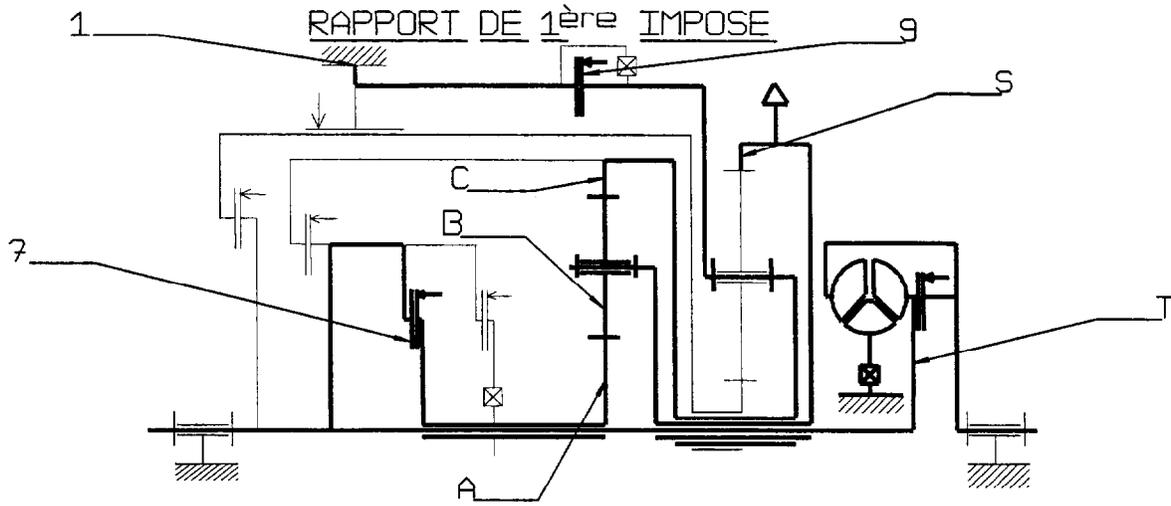
- Déterminer graphiquement la vitesse maximale du véhicule (vitesse stabilisée).

5.5 Déterminer, à partir des courbes, l'accélération possible du véhicule à 120 km/h.





1	Carter
2	Pompe à huile
3	Arbre d'entraînement de pompe à huile
4	Embrayage de marche arrière
5	Frein à bande 2ème/4ème
6	Embrayage de prise directe
7	Embrayage de retenue
8	Embrayage de marche avant
9	Embrayage de 1ème/2ème
10	Train épicycloïdal de 1ère/2ème
11	Train épicycloïdal de marche arrière/overdrive
12	Convertisseur de couple
13	Arbre de turbine
14	Différentiel
15	Train épicycloïdal final
16	Chaîne d'entraînement
17	Roue libre ou Embrayage unidirectionnel de 1ère
18	Roue libre ou Embrayage unidirectionnel de marche avant
19	Embrayage de pontage de convertisseur



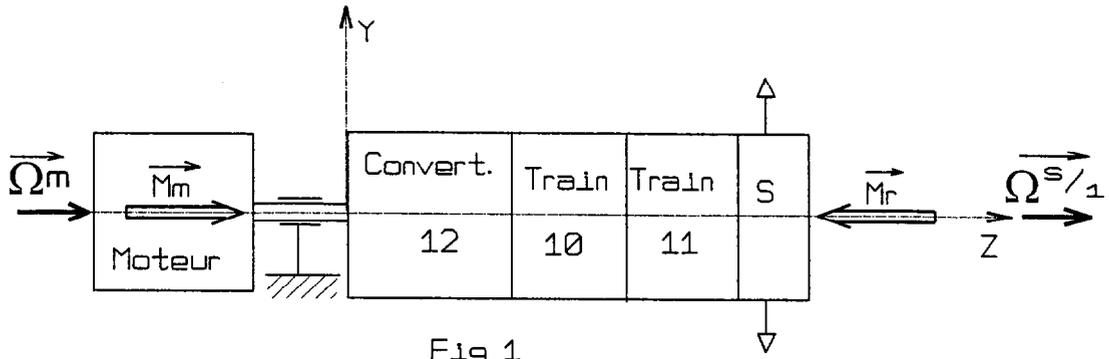


Fig 1

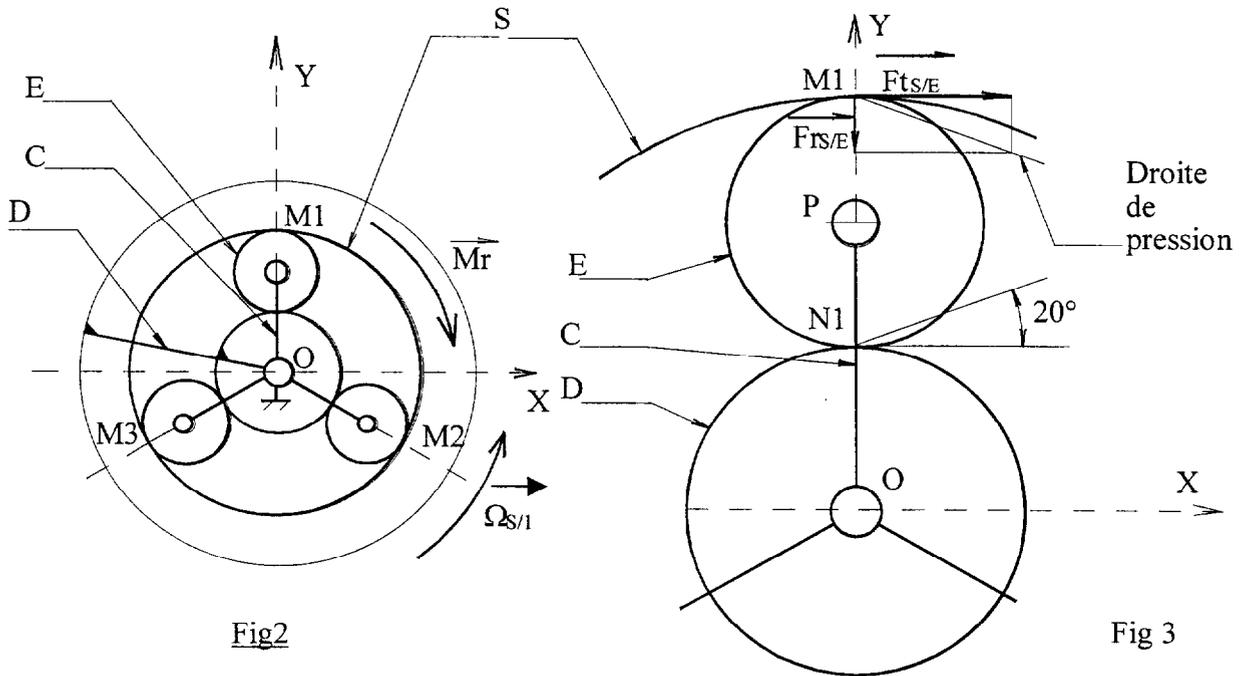


Fig2

Fig 3

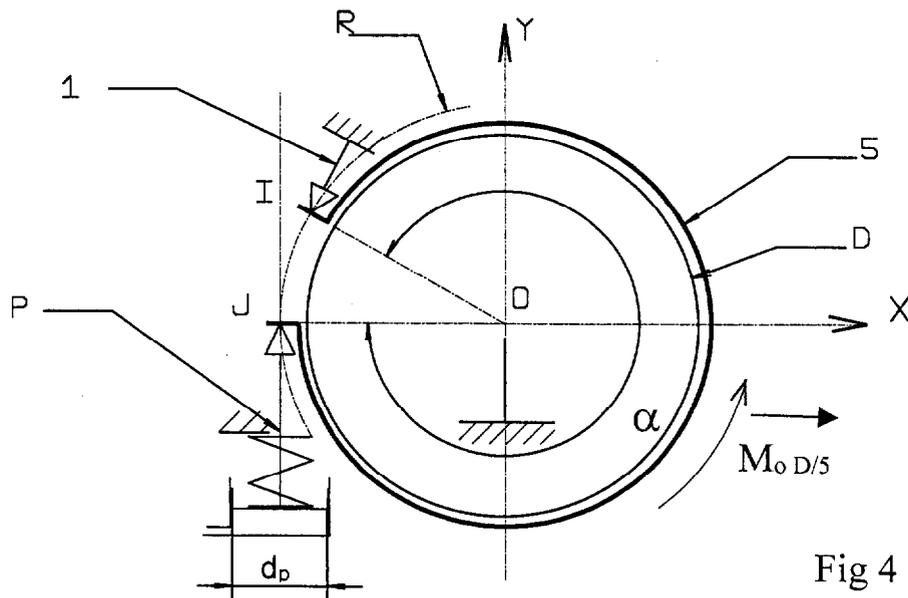


Fig 4

DOCUMENT A RENDRE

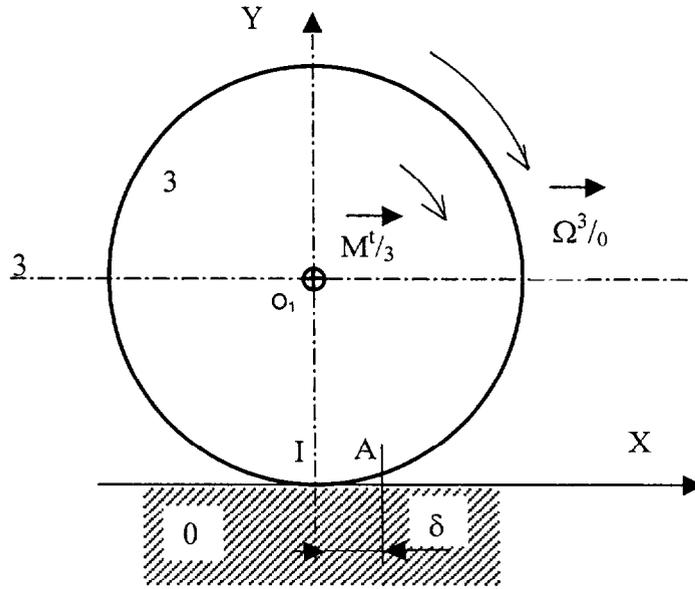


Fig 1

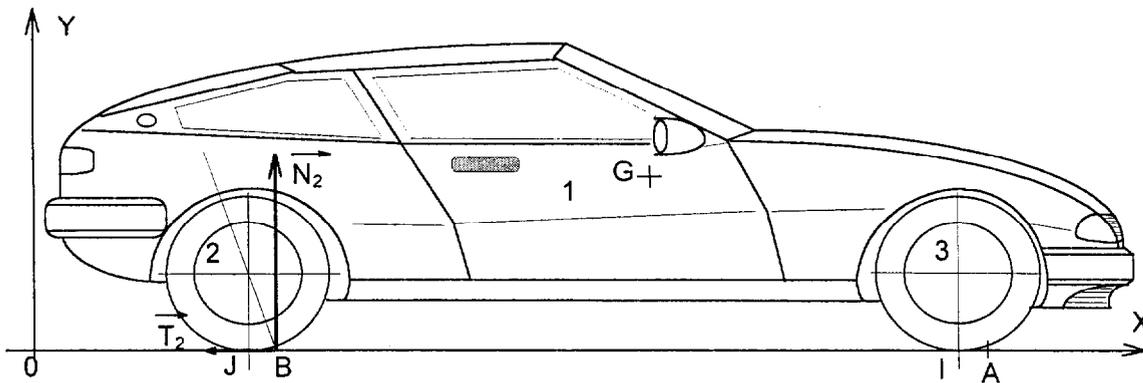


Fig 2

COURBES CARACTERISTIQUES EN 4ème

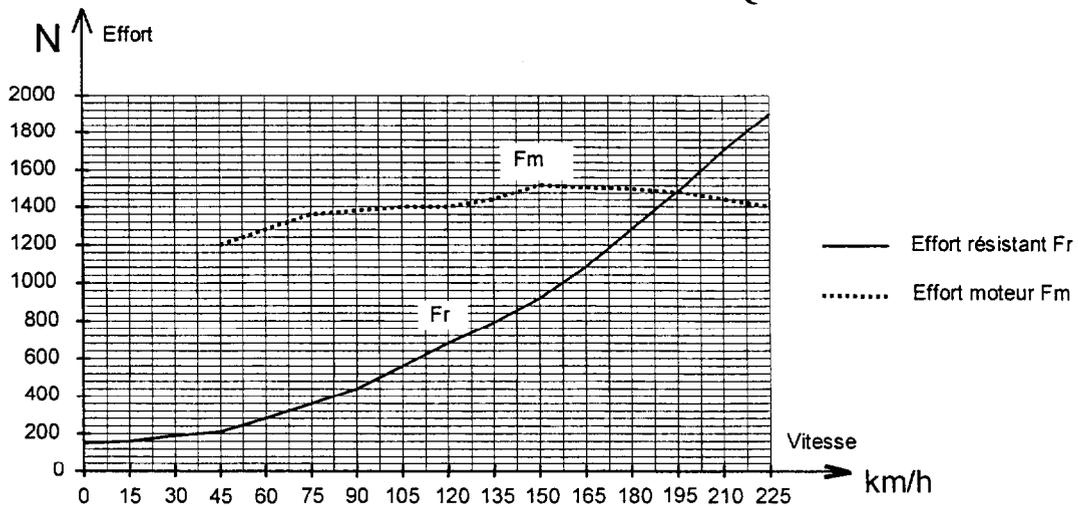


Fig 3

DOCUMENT A RENDRE