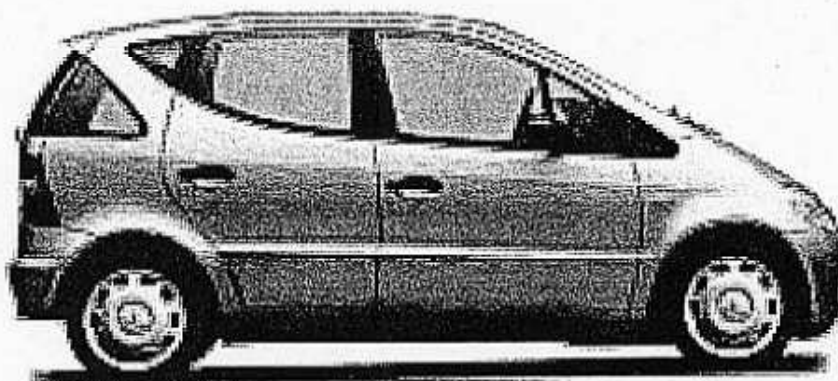


FINAL

DUREE : 2 H
TOUT DOCUMENT MANUSCRIT AUTORISE

Embrayage automatique piloté de la Mercedes classe A

Le contexte



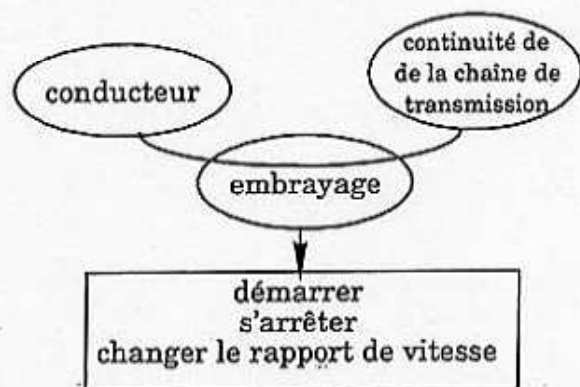
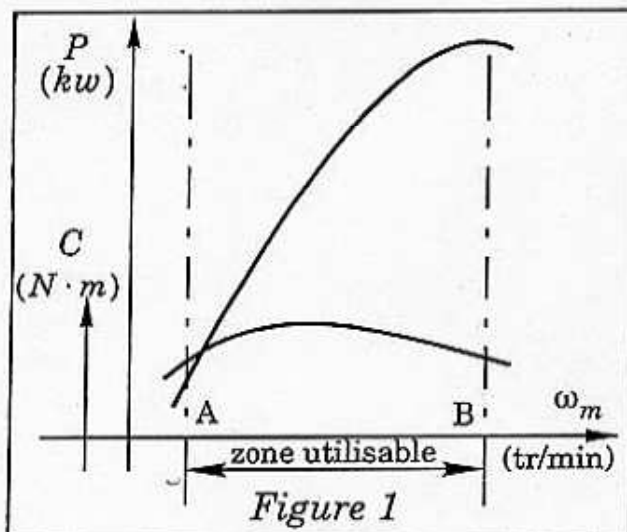
Le groupe moto propulseur d'une voiture automobile est généralement constitué d'un moteur thermique, d'un embrayage, d'une boîte de vitesses et d'un différentiel qui entraîne chacune des roues motrices par l'intermédiaire d'un joint de transmission :



Pour décharger le conducteur du passage des vitesses, les constructeurs proposent, depuis de nombreuses années, des boîtes de vitesses dites automatiques. Cependant, celles-ci ne rencontrent pas le succès attendu en Europe où, semble-t-il, les conducteurs préfèrent conserver le choix des changements de rapports et la manipulation d'un levier de vitesses. Aussi des constructeurs, tels Mercedes, installent des embrayages "pilotés" offrant une assistance à la commande de l'embrayage. Un calculateur électronique embarqué centralise les informations des différents capteurs et pilote l'embrayage dès que le conducteur mani-

reste son intention de changer de rapport de boîte par une action sur le levier de vitesses.

La figure 1 donne l'allure des courbes de couple et de puissance disponibles d'un moteur thermique et sa zone d'utilisation (notée A-B) en fonction de la vitesse angulaire du moteur. On constate en particulier que le moteur ne peut être sollicité en dessous d'une vitesse angulaire minimale. Ceci impose d'installer en série dans la chaîne de transmission de puissance un dispositif qui isole le moteur pour permettre au conducteur de démarrer, s'arrêter ou changer le rapport de transmission de la boîte de vitesses.



L'objet de cette étude est la validation partielle des performances attendues par le système appelé « embrayage piloté » retenu par Mercedes et installé en option sur la « Classe A »

Les principales phases du cycle de vie de l'embrayage piloté sont :

- la phase d'entraînement, pendant laquelle la puissance est transmise aux roues motrices ;
- la phase de débrayage pendant laquelle la chaîne de transmission se rompt ;
- la phase dite débrayée pendant laquelle la chaîne de transmission est rompue ;
- la phase d'embrayage pendant laquelle la chaîne de transmission se rétablit.

L'organisation structurelle des principaux constituants de l'embrayage automatique utilisé sur la «Classe A» est schématisée sur la figure 2 ci-dessous :

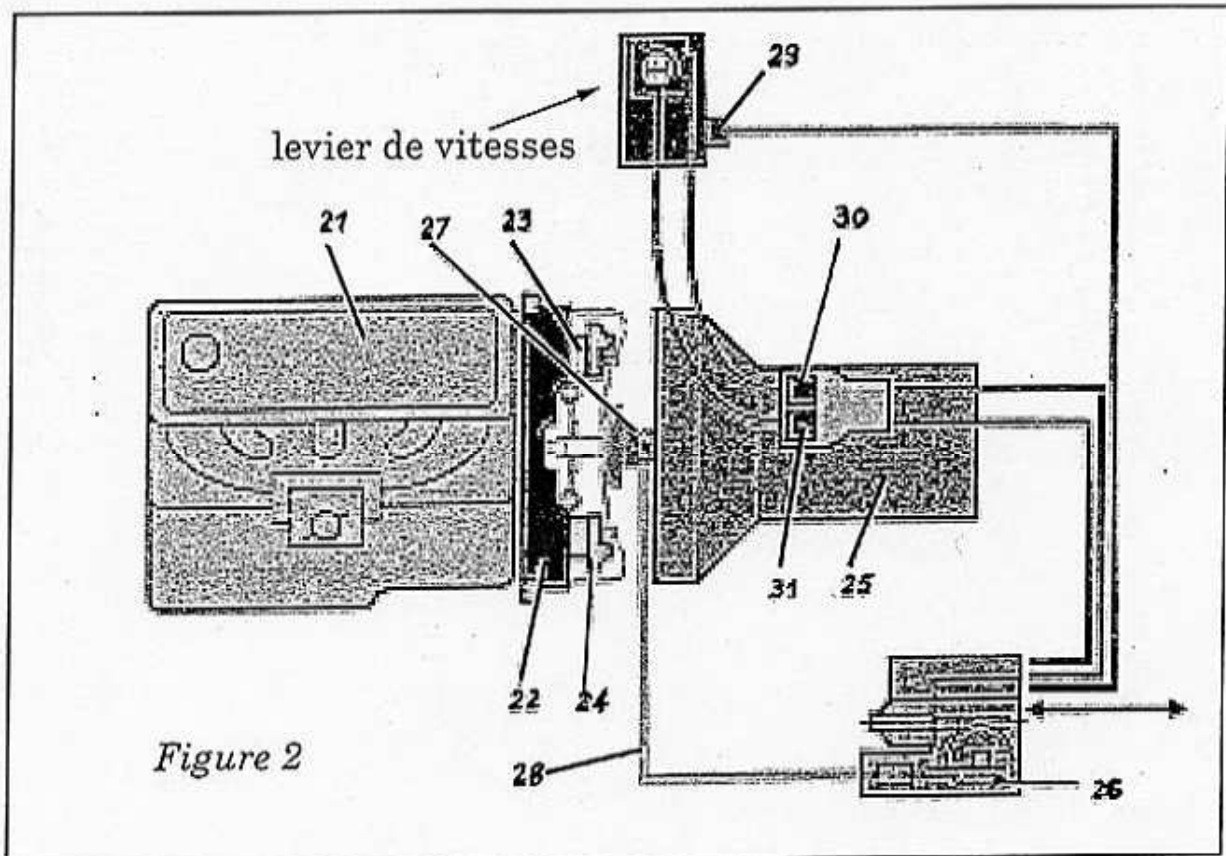


Figure 2

On distingue, outre le moteur (21) et son volant d'inertie (22), la boîte de vitesses (25) et le levier de vitesses, les éléments qui font l'objet de cette étude :

- le disque d'embrayage (23) ;
- le plateau de pression d'embrayage à rattrapage de jeu automatique (24) ;
- la centrale de commande (26) pilotée par un ordinateur ;
- le dispositif central de débrayage hydraulique (27) ;
- la conduite hydraulique (28) ;
- le capteur de rotation «sens de la commande de la boîte de vitesses» (31) et le capteur de rotation «sens de sélection de la boîte de vitesses» (30) qui servent à reconnaître le rapport sélectionné ;
- le capteur de rotation du levier de vitesses (29) qui sert à détecter l'intention du conducteur de changer de rapport.

Étude des différentes phases de fonctionnement de l'embrayage

Étude de la phase d'embrayage

L'objet de cette partie est de déterminer l'énergie dissipée et le temps de passage de la phase débrayée à la phase embrayée.

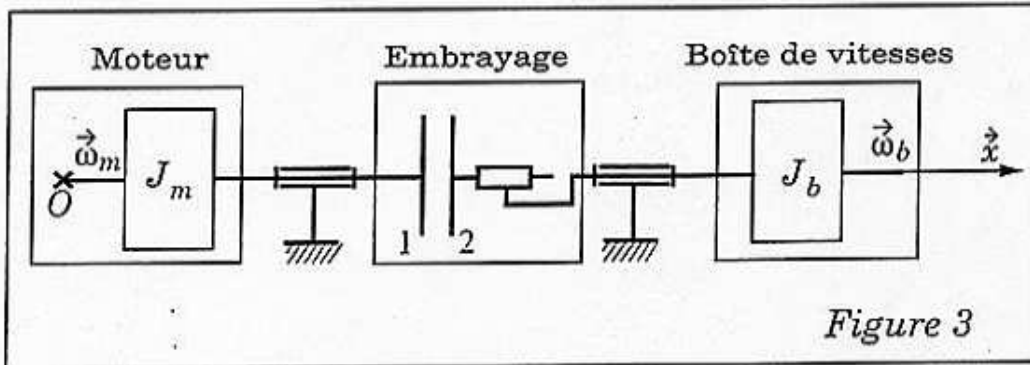


Figure 3

Le modèle retenu pour cette étude est donné par le schéma de la figure 3.

$\vec{\omega}_b$ est la vitesse angulaire de l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses et J_b le moment d'inertie

équivalent, par rapport à (O, \vec{x}) , des éléments en rotation ramenés à l'arbre d'entrée de la boîte.

$\vec{\omega}_m$ est la vitesse angulaire de l'arbre moteur et J_m le moment d'inertie équivalent, par rapport à (O, \vec{x}) , des éléments en rotation ramenés à l'arbre de sortie du moteur.

On retient, pour cette phase, les hypothèses suivantes :

- Les frottements dans les paliers sont négligés ;
- Dès le contact établi entre les plateaux 1 et 2, le module du couple d'embrayage $C_{1 \rightarrow 2}$ prend instantanément la valeur maximale C_T , puis reste constant.
- La vitesse angulaire du moteur ω_m reste constante ;
- Le module du couple résistant $C_{b \rightarrow 2}$, de la boîte de vitesses sur l'ensemble 2, est constant et inférieur ou égal à la valeur C_T ;

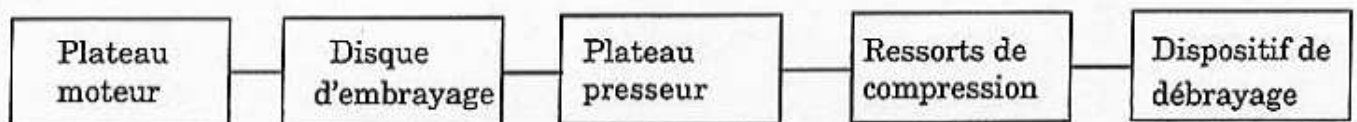
Q-1 a) Exprimer le temps t_e nécessaire à l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses pour passer de la vitesse angulaire ω_{b0} , à l'instant initial $t = 0$, à la vitesse angulaire ω_m en fonction de ω_{b0} , ω_m , C_T , C_b , J_b .

b) Calculer ce temps pour $\omega_{b0} = 0$, $\omega_m = 2000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, $C_T = 150 \text{ N} \cdot \text{m}$, $C_b = 50 \text{ N} \cdot \text{m}$ et $J_b = 0,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

- c) Exprimer la puissance développée par les inter-efforts entre 1 et 2 en fonction de C_T , $\omega_b(t)$ et ω_m . En déduire l'expression littérale de l'énergie, W_{12} , dissipée par frottement dans l'embrayage pendant le temps t_e en fonction de C_T , C_b , J_b et ω_m .
- d) Calculer cette énergie et préciser sa nature. En déduire la fonction technique à assurer.
- e) Critiquer la pertinence de ce modèle à permettre l'analyse d'un embrayage de véhicule automobile.

Étude de la phase de transmission du couple

Le dispositif de débrayage peut être schématiquement représenté par le graphe :



L'objet de cette partie est de quantifier l'effort N que doivent générer les ressorts lors de la transmission du couple maximal $C_m=150 \text{ N.m}$

Le schéma de la figure 4 précise le modèle retenu pour un embrayage mono disque qui doit permettre la transmission de la puissance du moteur lié au plateau moteur à l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses. Le plateau moteur, en liaison pivot d'axe (B, \hat{x}) avec le châssis de la voiture, est en liaison glissière avec le plateau presseur. Des ressorts hélicoïdaux comprimés génèrent une pression de contact entre le disque et les plateaux moteur et presseur. Cette pression, compte tenu du choix des matériaux pour le disque et les plateaux, doit être suffisante pour assurer l'entraînement. La liaison en O entre le disque, de diamètre extérieur D et de diamètre intérieur d , et l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses doit permettre la transmission de la puissance.

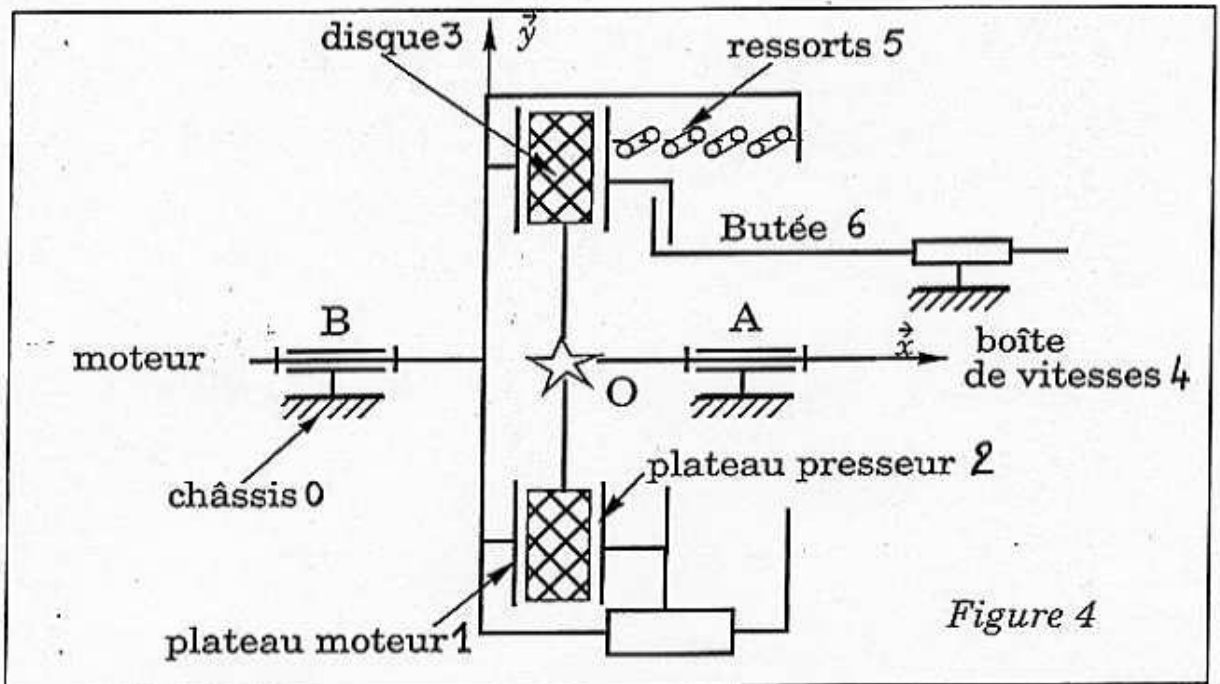


Figure 4

Soit $R(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ un repère lié au châssis de la voiture.

Soit $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ un repère lié au plateau moteur déduit du repère R par une rotation d'amplitude θ_m , d'axe (O, \vec{x}) .

Soit $R_2(O, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ un repère lié à l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses déduit du repère R par une rotation d'amplitude θ_b , d'axe (O, \vec{x}) .

Le facteur de frottement entre les plateaux presseur ou moteur et le disque d'embrayage est noté f_1 .

Au cours du fonctionnement et plus particulièrement lors des phases d'embrayage, les surfaces en contact s'usent. Or pour conserver une géométrie de contact plane, cette usure doit être régulière. De nombreux essais ont montré que pour régulariser cette usure, il faut que le produit du module de la vitesse de glissement V_g et de la pression p en chaque point M des surfaces en contact soit constant.

Figure 5

Voir annexe

En notant $\rho = \|\overline{OM}\|$ la distance du centre O au point courant M de l'élément surfacique dS , la remarque précédente conduit à considérer, même lors de la phase « transmission du couple », une distribution de la densité de force normale surfacique suivante :

$$p_n * \rho = \text{constante} = a$$

MQ 21 TRANSMISSION DES EFFORTS EN MECANIQUE

Q-2 .

- a) Déterminer le torseur des actions mécaniques du plateau presseur sur une surface de friction du disque d'embrayage. Il sera noté : $\{T_{pp \rightarrow d}\}_{(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$
- b) En déduire le couple transmissible , noté C_T , à la boîte de vitesses par l'embrayage en fonction de ρ , p , d , D et f_1 .
- c) Calculer ce couple transmissible pour $d = 140$ mm , $D = 200$ mm , $f_1 = 0,35$ et $a = p_n * \rho = 14$ N/mm

La liaison entre le disque et l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses doit permettre le contact plan entre le disque et le plateau moteur. Elle doit également permettre le rattrapage de l'usure.

Q-3 Après avoir compléter le graphe des liaisons puis les torseurs cinématiques proposés du document réponses , déterminer la liaison nécessaire entre le disque et l'arbre de boîte permettant d'assurer les fonction citées ci-dessus, de façon isostatique. Est-ce une liaison élémentaire ? Si, oui, nommez-la !

Étude de la phase de débrayage

Pour débrayer, c'est-à-dire rompre le contact entre les plateaux et le disque, il faut exercer sur le plateau presseur une action $\vec{F}_{(butée \rightarrow pp)}$ dirigée suivant \vec{x} qui comprime les ressorts. Cette action, nulle lorsque les plateaux sont en contact avec le disque, est transmise par la butée.

Le module de l'effort, noté F_{OR} , que doivent fournir les ressorts hélicoïdaux pour assurer la transmission du couple moteur est de 3000 N . Il est généré par un écrasement des ressorts de 15 mm à partir de leur longueur "libre".

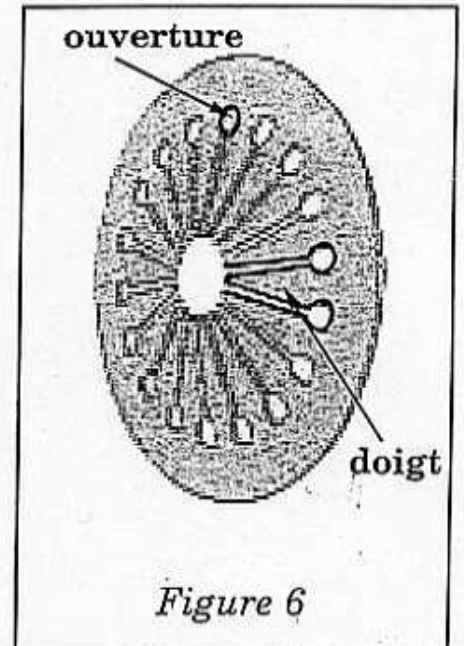
Le comportement des ressorts est supposé équivalent à celui d'un ressort unique de raideur K .

Q-4 a) Calculer la valeur de K .

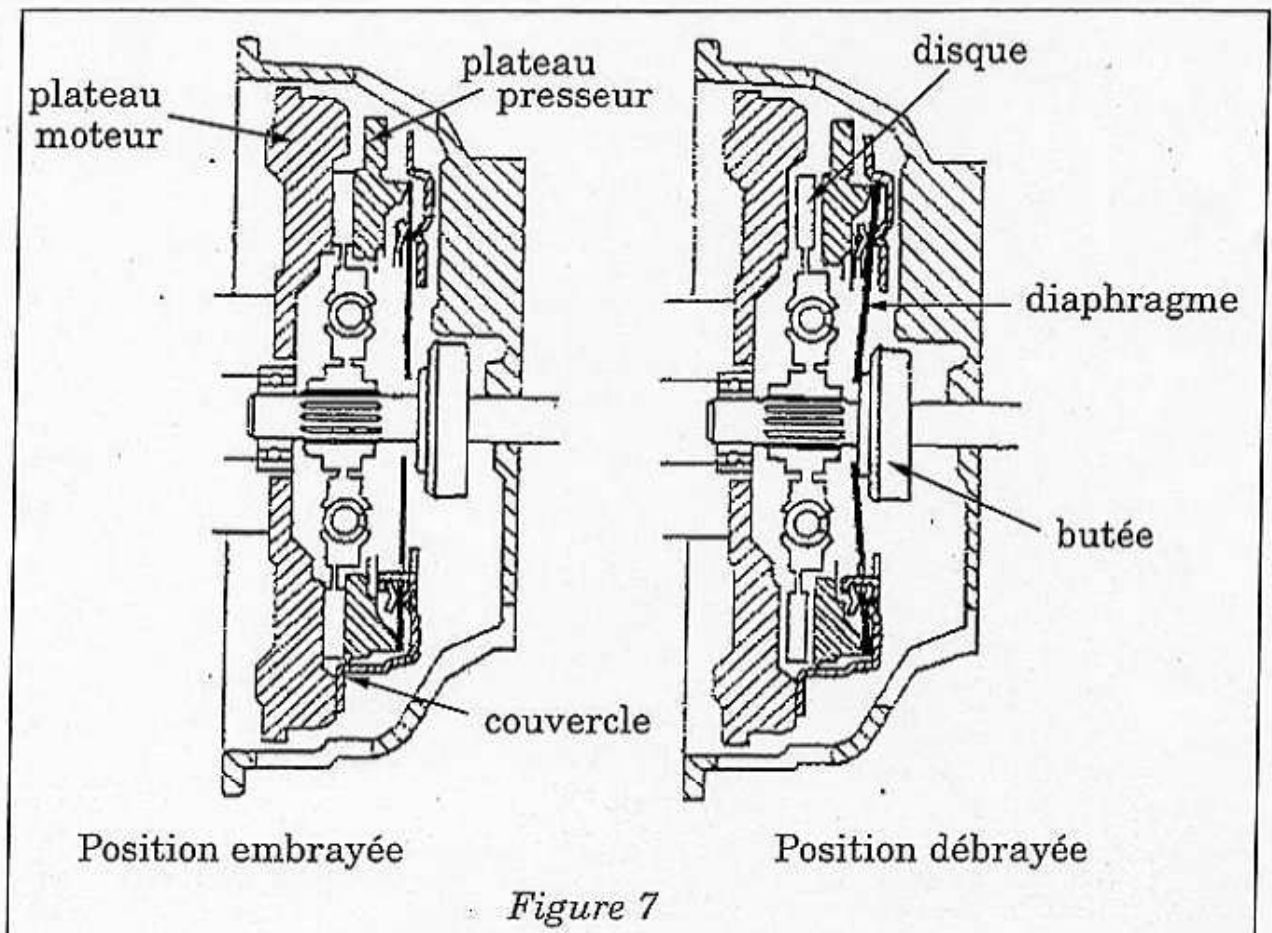
b) Tracer le graphe de l'action générée par les ressorts hélicoïdaux sur les plateaux en fonction de l'écrasement.

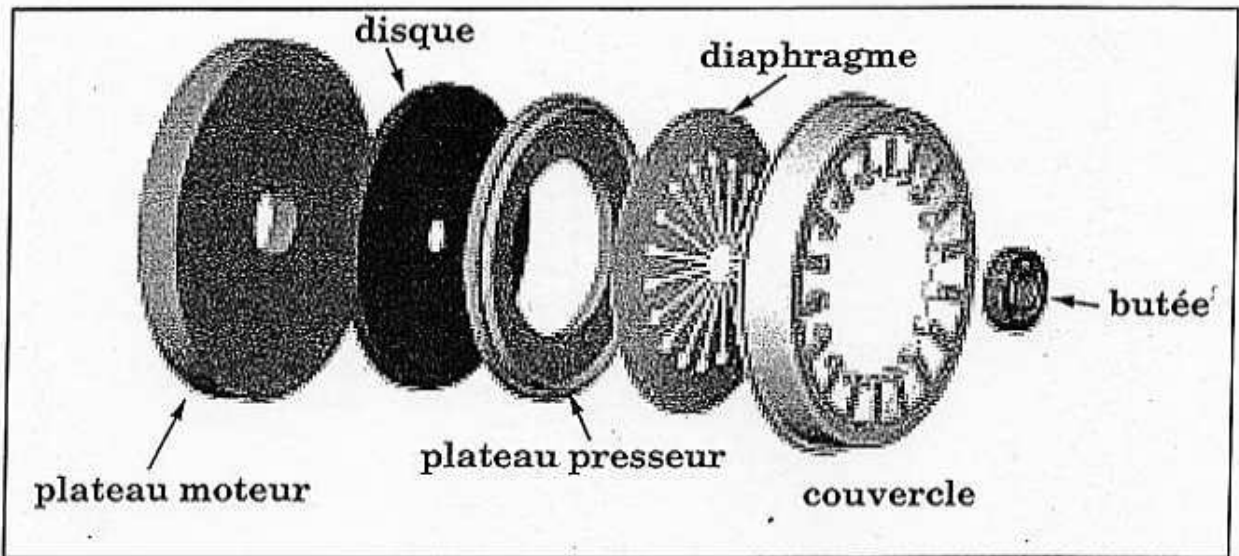
c) Déterminer, le module de l'action de la butée sur le plateau presseur lorsque la position «débrayée» correspond à une course de la butée de 4 mm.

Depuis quelques années, les ressorts hélicoïdaux sont remplacés par un seul ressort de type diaphragme dont une représentation est donnée figure 6. Il s'agit d'un disque élastique conique dont l'intérieur est découpé suivant des rayons pour former des doigts. Les ouvertures qui terminent les fentes de séparation entre les doigts vers la périphérie sont destinées à limiter les contraintes dans ces zones particulièrement sollicitées. Elles permettent également de faire passer les éléments de fixation du diaphragme sur le couvercle. Cette solution permet la diminution du nombre de pièces et la réduction significative de l'encombrement latéral.



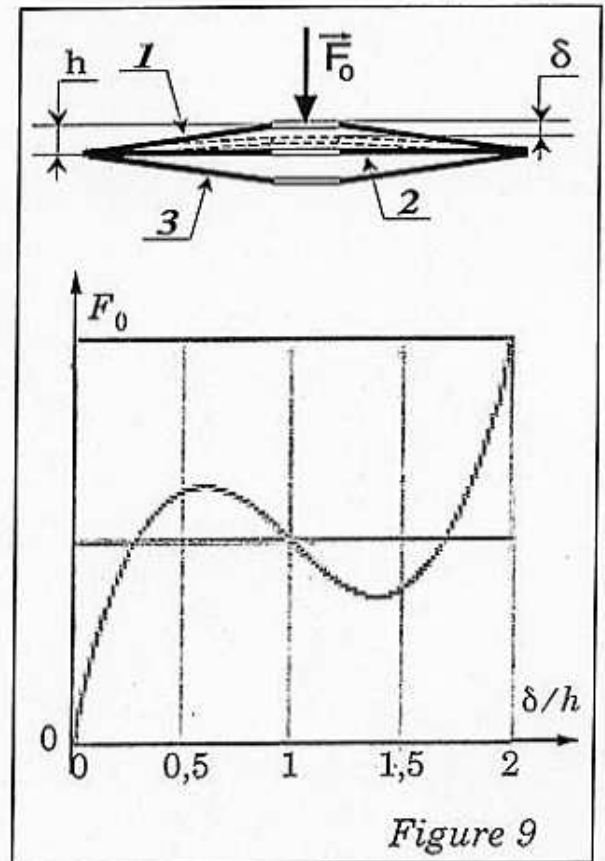
L'implantation du diaphragme est dessinée sur la figure 7 dans les deux positions : embrayée et débrayée. L'ensemble est représenté schématiquement sur la vue éclatée de la figure 8.





Le diaphragme se comporte comme une rondelle élastique dont la forme conique à l'état libre est donnée par la situation 1 de la figure 9. Puis sous l'action d'écrasement, modélisée par \vec{F}_0 , il se déforme jusqu'à la position 3, forme conique inversée, en passant par la position plane 2. La hauteur initiale h et l'écrasement δ sont mesurés à partir de l'état libre.

Q-5 Préciser, en retraçant sur la feuille de copie le graphe de la figure 9, les points représentatifs des trois situations successives 1, 2 et 3 lors de l'enfoncement du diaphragme. Préciser également la plage d'utilisation du diaphragme au sein de l'embrayage en mentionnant les phases embrayée et débrayée.



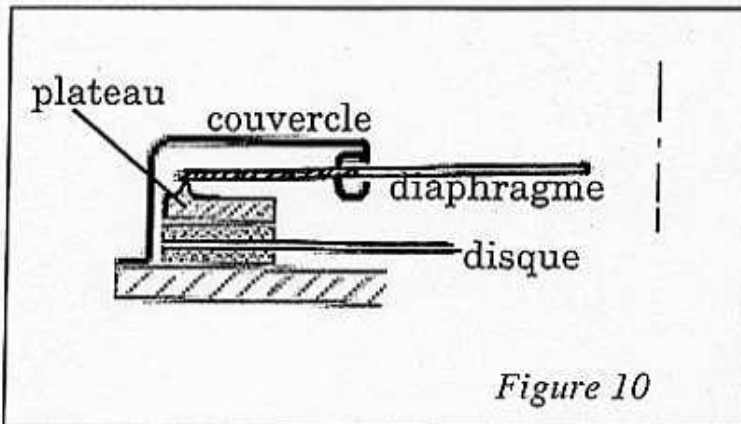


Figure 10

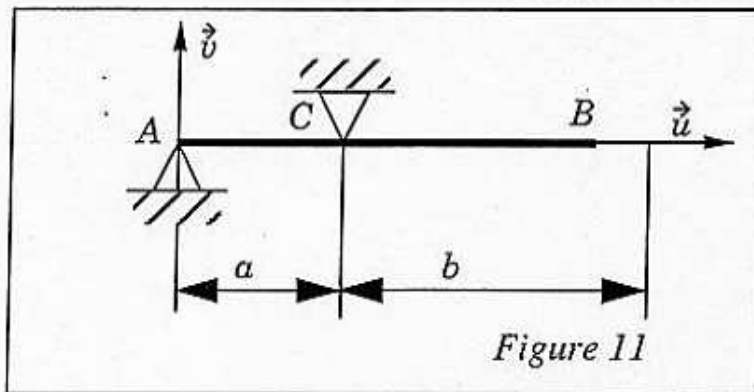


Figure 11

La figure 10 est une demi-coupe partielle simplifiée de l'embrayage et la figure 11 un modèle de l'implantation de l'un des 18 doigts.

On suppose que le comportement d'un doigt est représentatif du comportement global du diaphragme.

On modélise par $\vec{F}_A = F_A \vec{v}$ l'action exercée par le plateau sur le diaphragme, par $\vec{F}_C = -F_C \vec{v}$ l'action exercée par le couvercle sur le diaphragme et par $\vec{F}_B = -F_B \vec{v}$ l'action exercée par la butée sur les extrémités des doigts du diaphragme.

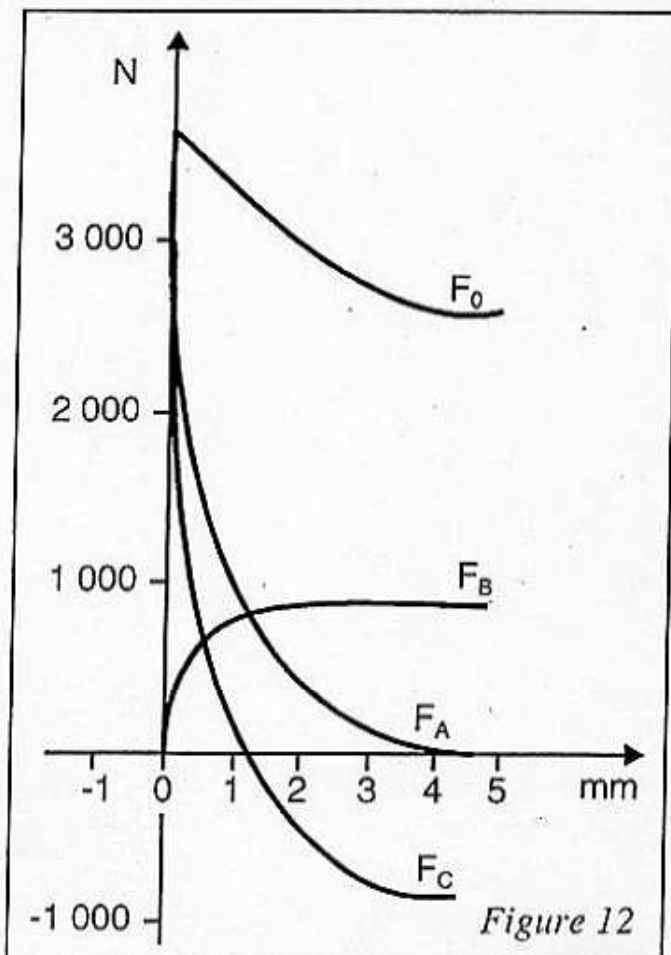


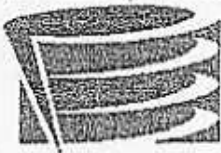
Figure 12

La figure 12 donne la variation des actions mécaniques exercées sur le diaphragme en fonction de la course de la butée d'embrayage.

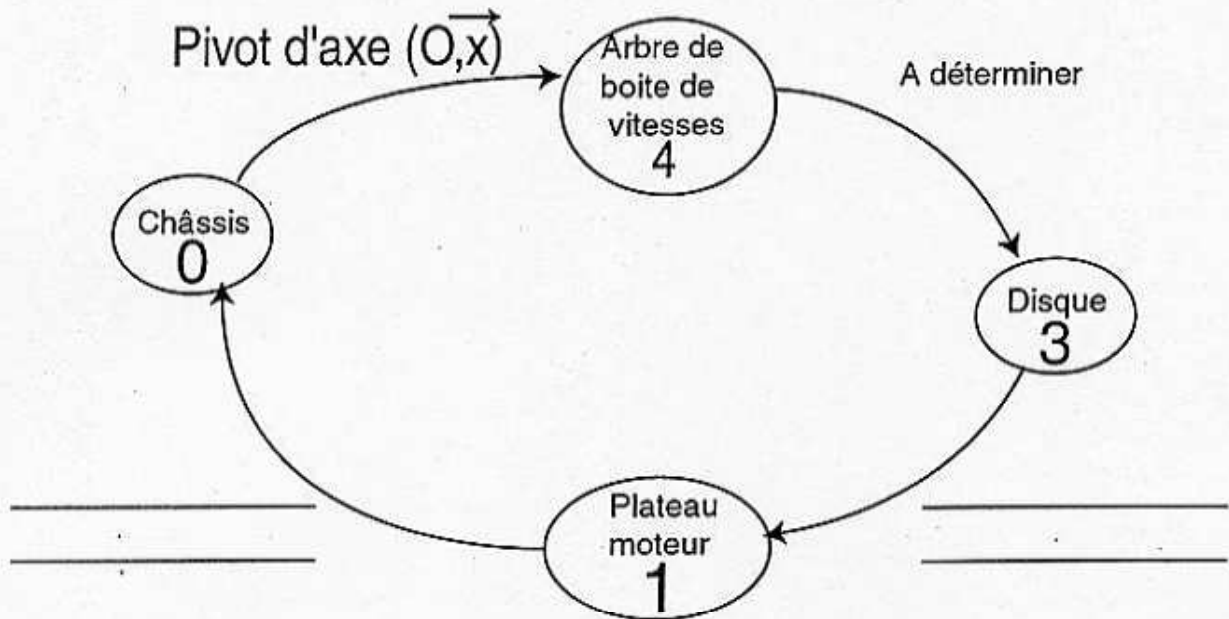
Q-6 a) En comparant le graphe obtenu à la question 4 à celui de F_B donné sur la figure 12, conclure quant à l'intérêt d'utiliser un diaphragme.

b) À partir des graphes de la figure 12 et en reprenant le tracé de la figure 11, représenter sur trois schémas correspondant aux trois abscisses (0 ; 1,2 ; et 4 mm) de la butée les vecteurs représentatifs des actions \vec{F}_A , \vec{F}_C et \vec{F}_B .

c) En analysant l'évolution de F_C en fonction de la course de la butée, justifier la réalisation de la liaison couvercle- diaphragme donnée figure 10 et schématisée figure 11.



Graphe des liaisons à compléter



Afin de faciliter l'écriture des torseurs, je vous propose de prendre les repères rappelés dans les bulles ci-dessus ou définis sur la figure 4.

A compléter :

$$\{v_{04}\}_0 = \begin{bmatrix} - & - \\ - & - \\ - & - \end{bmatrix}$$

$$\{v_{31}\}_0 = \begin{bmatrix} - & - \\ - & - \\ - & - \end{bmatrix}$$

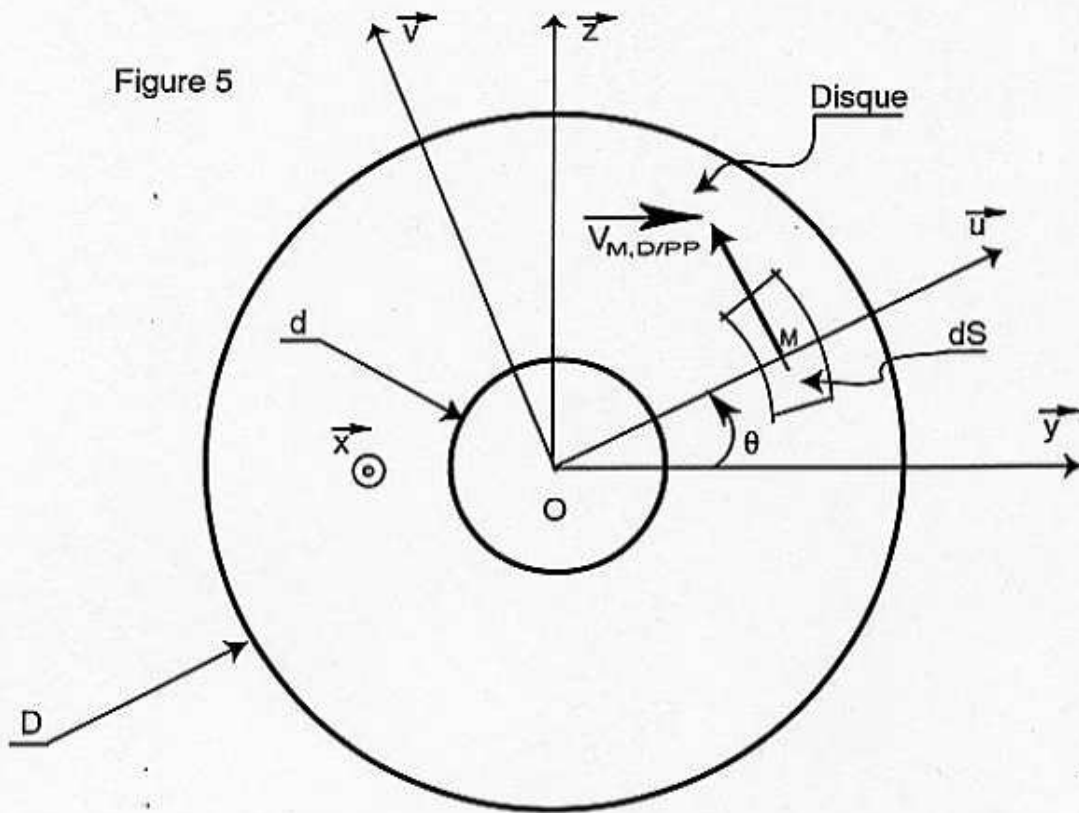
$$\{v_{10}\}_0 = \begin{bmatrix} - & - \\ - & - \\ - & - \end{bmatrix}$$

A déterminer :

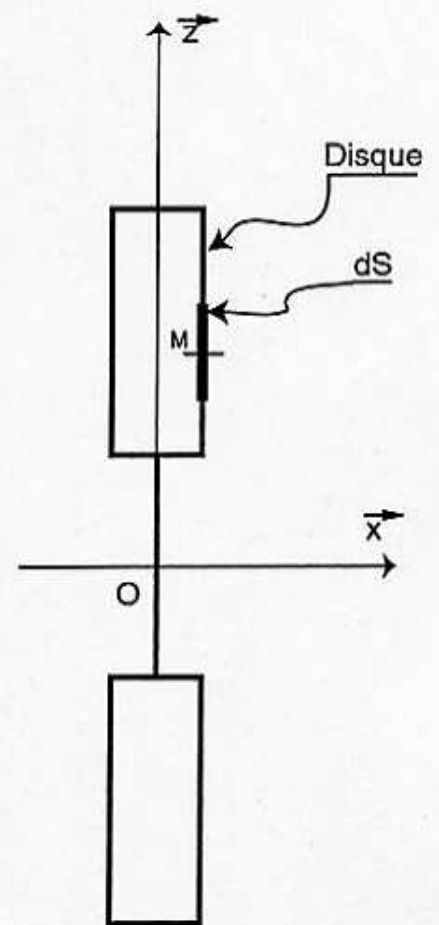
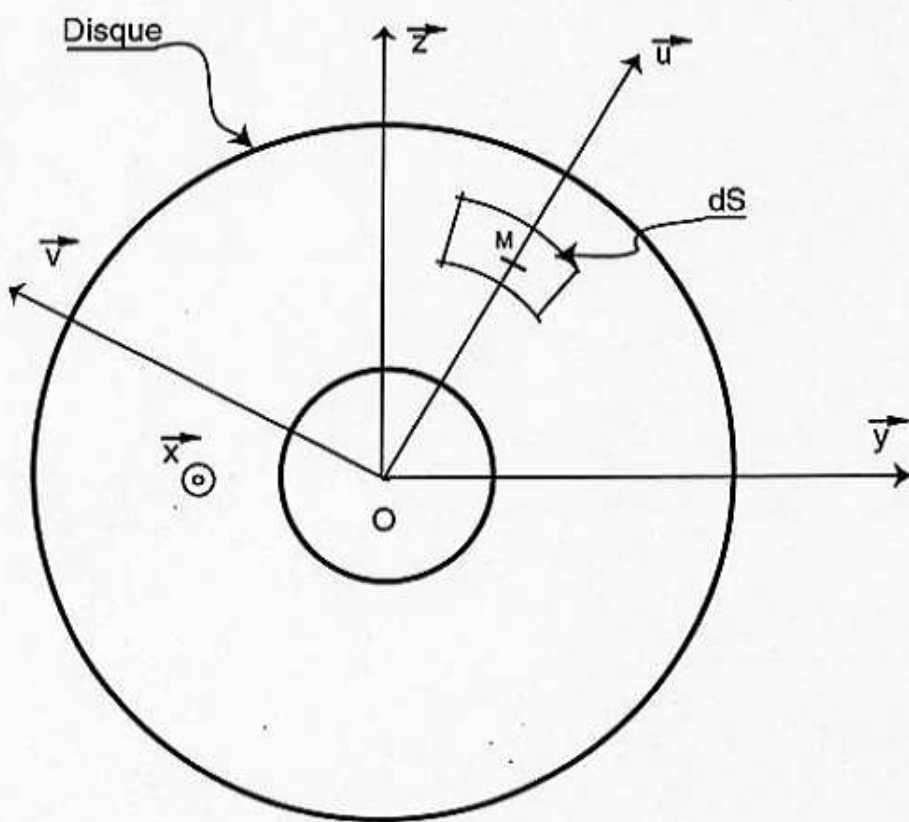
$$\{v_{43}\}_0 = \begin{bmatrix} - & - \\ - & - \\ - & - \end{bmatrix}$$

Echelle:		Date :	Matière :
Document réponses			NOM :
			utbm

Figure 5



Mise en place de \vec{t} et \vec{n}



MQ 21

ANNEXE

A titre indicatif, voici le barème de notation provisoire risquant dans un avenir proche de devenir définitif.

Q1- 10 points

Q2- 10 points

Q3- 10 points

Q4- 6 points

Q5- 4 points

Q6- 10 points

L'équipe d'enseignants de
l'UV MQ 21
vous souhaite un bon inter semestre.