

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

**CONCEPTION ET REALISATION DE
CARROSSERIES**

EPREUVE E4 – Session 2007

Conduite de projet

Durée : 4h
Coefficient 4

***PRETENSIONNEUR DE
CEINTURE DE SECURITE***

**DOSSIER
SUJET**

PRESENTATION DE L'ETUDE

La sécurité passive concerne tous les moyens et dispositifs mis en oeuvre par le constructeur pour assurer la protection des occupants en cas d'accident - tels que l'airbag et le prétensionneur de ceinture (*voir document technique DT 1*) ; c'est l'un des domaines où les constructeurs automobiles ont le plus progressé ces dernières années, notamment grâce à la mise en place de crash-tests et à l'analyse des chocs automobiles.

Seule la structure avant du véhicule doit se déformer afin de préserver l'habitacle (*voir document technique DT 6*) et l'occupant doit être maintenu sur son siège.

Le prétensionneur permet – à la détection du choc – de tendre la ceinture et de plaquer plus efficacement l'occupant sur son siège (le jeu dans la ceinture étant alors diminué). Le déclenchement se fait grâce à un système pyrotechnique ; un système anti-retour à bille permet le maintien de la ceinture. Le déclenchement de l'airbag amortit la fin de choc.

Le but de cette étude est de mettre en évidence l'utilité du prétensionneur (première partie) et de définir certains paramètres nécessaires à l'établissement de son cahier des charges (parties 2, 3 et 4).

Répondre sur copie en indiquant le numéro de la question ou sur les documents réponses si indication.

PREMIERE PARTIE

Objectif : Analyser les décélérations subies par un occupant non ceinturé et ceinturé par rapport à la décélération du véhicule lors d'un choc frontal contre un obstacle fixe. En déduire l'importance d'un prétensionneur.

Les différentes étapes de l'étude sont représentées sur les documents techniques DT 2.1 et DT 2.2.

On suppose que, durant l'impact, l'habitacle du véhicule a un mouvement rectiligne uniformément décéléré (*voir document technique DT 2.1, fig. 2a*).

Q1.1

- Calculer la durée du choc t_c ainsi que la décélération γ_v subie par l'habitacle dans son mouvement par rapport au sol, pour un écrasement de 70 cm à une vitesse uniforme de 57,6 km/h (16 m/s) en entrée de choc.

ETUDE DU CHOC AVEC UN OCCUPANT NON CEINTURE.

Durant le choc, un occupant non ceinturé va conserver la vitesse de 57,6 km/h alors que tous les points de l'habitacle ont la décélération calculée précédemment. L'occupant est projeté violemment vers le tableau de bord (*document technique DT 2.1, fig. 2b*). L'occupant entre en contact avec l'habitacle au point Mv dès qu'il a parcouru l'espace disponible ($d = 0.6\text{m}$ à l'intérieur de l'habitacle). Dans cette phase, l'occupant a un mouvement rectiligne uniforme par rapport au sol.

Le document réponse DRI montre les déplacements par rapport au sol du point Mv de l'habitacle et du point Mo lié à l'occupant non ceinturé ainsi que les vitesses en fonction du temps.

Q1.2 Sur le document réponse DRI

- Donner l'instant d'impact de l'occupant avec le point Mv.
- Indiquer la vitesse de l'habitacle à cet instant

Lorsque l'occupant non ceinturé arrive au contact de l'habitacle, ce dernier se déforme de $\delta x = 2\text{cm}$ sous la violence du choc de la tête (*document technique DT 2.1, fig. 2c*).

Q1.3 Sur le document réponse DR1

En négligeant la vitesse résiduelle de l'habitacle et en admettant que dans cette phase, la tête de l'occupant a un mouvement rectiligne uniformément varié par rapport au sol :

- calculer la décélération γ_{oc} de la tête et la durée t_{oc} de ce mouvement.

ETUDE DU CHOC AVEC UN OCCUPANT CEINTURE.

Pour un **occupant ceinturé**, son déplacement s'effectue d'abord à vitesse constante (vitesse V du véhicule avant impact) jusqu'à ce que le jeu de $0,04\text{m}$ de la ceinture soit rattrapé (*document technique DT 2.2, fig. 2d*). Dès que le jeu est rattrapé, la ceinture, en fibres synthétiques, s'allonge sous l'action des forces d'inertie de l'occupant. La déformation élastique est de 0.1m dans le sens du déplacement. (*document technique DT 2.2, fig. 2e*).

Q1.4 Sur le document réponse DR1

- En utilisant le *document réponse DR1*, donner l'instant correspondant au rattrapage du jeu de la ceinture.

Q1.5 Sur le document réponse DR1

Sachant que la durée de l'allongement de la ceinture est de 30ms ,

- Indiquer la vitesse de l'occupant en fin d'allongement de la ceinture.
- Tracer en bleu la courbe des déplacements, depuis le début du choc, du passager ceinturé avec rattrapage de jeu et déformation de la ceinture.
- Tracer en rouge la courbe des vitesses, depuis le début du choc, du passager ceinturé avec rattrapage de jeu et déformation de la ceinture.

Q1.6

- Calculer en m/s^2 la décélération moyenne subit par l'occupant lors de l'allongement de la ceinture.

Q1.7

- Indiquer la ou les solutions qui permettraient de réduire cette décélération.

DEUXIEME PARTIE

Objectif: Un essai de choc frontal a été réalisé sur un véhicule devant être équipé du prétensionneur de ceinture de sécurité.

Cette étude a pour but d'analyser les résultats du crash test et d'en déduire la **durée maximum de la phase de prétension**.

La courbe issue de l'essai de choc donne les déformations du véhicule en fonction du temps (*voir document technique DT 4*). Cette déformation est déduite de l'avancée d'un point M lié au pied milieu par rapport au référentiel fixe Oxyz. (*voir document technique DT 3*)

La courbe du *document technique DT4* représente la déformation (=déplacement du pied milieu) en fonction du temps :

Le début du choc correspond au temps $t = 0$ seconde

La déformation est maximum à $t = 0.080$ seconde

La vitesse V_0 du pied milieu en entrée de choc est donnée :

- par la pente de la tangente à la courbe : « déformation = f (temps) »

(Exemple sur DT4 : en m_0 , $\tan 0 = V_0 = 0.480/0.030 = 16$ m/s soit 57.6 km/h)

- $V_0 = 0.480/0.030 = 16$ m/s soit 57.6 km/h

La courbe de la déformation en fonction du temps fait apparaître les tangentes en trois points :

- $\tan 0$ au point m_0 à $t = 00$ ms
- $\tan 1$ au point m_1 à $t = 40$ ms
- $\tan 2$ au point m_2 à $t = 80$ ms

Q2.1

Sur le *document réponse DR2* , compléter le tableau et déterminer les vitesses V_1 , V_2 , V_3 du point M appartenant au pied milieu par rapport à Oxyz:

- Vitesse V_1 au temps $t = 40$ ms
- Vitesse V_2 au temps $t = 80$ ms
- Vitesse V_3 au temps $t = 170$ ms

Q2.2

Sur le *document réponse DR2* ,

- indiquer dans les cases les déformations à $t=40$ ms, à $t= 80$ ms.

Q2.3

En utilisant les résultats précédents et les données du *document technique DT6*,

- Compléter la courbe : vitesse du pied milieu en fonction du temps (sur le *document réponse DR2*).

Q2.4

- Expliquer d'un point de vue cinématique le comportement du véhicule entre les temps 0.08 s et 0.170 s.
- Justifier ce qui provoque un tel comportement.

Q2.5

La courbe du *document technique DT5* donne l'accélération du pied milieu en fonction du temps : on observe que la décélération n'est pas constante et qu'elle devient maximum à $t = 40$ ms.

- Relever sur la figure du DT5 la valeur maximum de l'accélération du pied milieu par rapport à Oxyz, indiquer la valeur de cette accélération en m/s^2 et la déformation correspondante.

Q2.6

Sur le *document technique DT6* sont donnés 8 états de déformation du véhicule et les vitesses enregistrées du pied milieu.

- Indiquer entre quels états apparaît la décélération maximum.
- Comment justifier cette brusque variation de décélération.

La déformation de la structure avant du véhicule est provoquée par la variation de l'énergie cinétique. (voir **document technique DT7**)

On considère pour les questions suivantes que le véhicule a une masse de 1500 kg et qu'à l'état 0, c'est à dire en entrée de choc, le véhicule à une vitesse de 57,6 km/h.

Q2.7 : répondre en complétant le document réponse DR3

- Calculer l'énergie cinétique à l'état 0 (en entrée de choc), à l'état 1 et en déduire $E_{c(0 \rightarrow 1)}$ (variation de l'énergie cinétique entre l'état 0 et l'état1)
- De la même manière, calculer la variation de l'énergie cinétique du véhicule entre l'état 0 et les états de 2 à 7. Compléter le tableau.

Q2.8

En tenant compte de l'équivalence entre variation d'énergie cinétique et énergie de déformation (voir **document technique DT7**),

- tracer, sur le **document réponse DR4**, la courbe « Energie de déformation de la structure en fonction de la déformation » et indiquer les vitesses du véhicule correspondantes.

Le déclenchement du prétensionneur doit se faire pour un choc frontal de 15 km/h contre un obstacle fixe.

La fin de la prétension doit se produire pour une déformation maximum de 238 mm.

Q2.9

Montrer que la variation d'énergie cinétique correspondant à un choc frontal à 15 km/h approche les -13000 joules pour un véhicule de 1500 kg.

Q2.10

Sur la courbe des énergies de déformations du crash test (**document réponse DR4**),

- Entourer en rouge la déformation correspondant aux -13000 joules dissipés en début de choc.

En utilisant la relation du **document technique DT7** :

$E_2 - E_1 = W_1 \rightarrow 2 = \text{Energie de déformation} = -13000 \text{ joules}$

- Montrer que le véhicule passe de 57.6 km/h (déformation de 0mm) à 55,6 km/h (déformation de 188mm).

Q2.11

Sur le **document réponse DR2**,

- Tracer le point correspondant à la vitesse de 55.6km/h pour une déformation de 188mm.
- En déduire l'instant de déclenchement du prétensionneur et la durée maximum de la phase de prétension.(correspondant au temps donnant une déformation de 188mm à 238mm).

TROISIEME PARTIE

Objectif : Le but de cette partie est d'étudier les efforts dans la ceinture et au point d'attache lié au prétensionneur afin de donner l'effort de traction maximal et l'effort de traction à fournir par le prétensionneur au moment du déclenchement.

Les points d'attache de la ceinture sont définis sur le *document technique DT1* et sont repris sur le *document réponse DR5*:

- A : renvoi supérieur
- B : boucle liée au prétensionneur
- C : point fixe

La ceinture est modélisée : pour sa partie thoracique, par une ligne brisée ATB , pour sa partie ventrale par la ligne brisée BVC.

Hypothèses d'étude:

- Tous les points d'attache sont fixes les uns par rapport aux autres lors du choc.
- Tous les solides sont indéformables (ceinture et points d'attache).
- La décélération est de 200 m/s^2 .
- Le passager a une masse de 155 kg.

Q3.1

- Calculer la force F (force d'inertie) subie par le passager lors du choc.

Afin de simuler l'action de l'occupant sur la ceinture, les recommandations extraites des directives concernant les essais sur des ceintures 3 points imposent d'appliquer , :

- Une force $\vec{F}_V = \begin{pmatrix} -17500 \\ 0 \\ 20530 \end{pmatrix}$ [N] appliquée en V
- Une force $\vec{F}_T = \begin{pmatrix} -13500 \\ 0 \\ 2500 \end{pmatrix}$ [N] appliquée en T

(rem : les points T et V sont définis sur le document réponse DR5)

Q3.2

- Montrer que l'application de ces forces en V et T simule la force d'inertie calculée précédemment suivant l'axe des x.

Q3.3

- Tracer les projections de ces deux forces en vert sur le *document réponse DR5* (sur les deux vues) *Echelle conseillée : 1mm : 500N*.
- Etudier l'équilibre de la partie ventrale (BVC) .
- Déterminer graphiquement l'effort $\vec{F}_{B \rightarrow BC}$ et donner le résultat sous forme de torseur au point B.

L'étude statique complète donne les résultats suivants au point B .

$$\overrightarrow{F_{B \rightarrow BC}} = \begin{pmatrix} 8750 \\ 12410 \\ -10265 \end{pmatrix} [N] \quad \overrightarrow{F_{B \rightarrow AB}} = \begin{pmatrix} 2620 \\ 6700 \\ -12070 \end{pmatrix} [N]$$

Q3.4

- Tracer les projections de $\overrightarrow{F_{B \rightarrow BC}}$ et $\overrightarrow{F_{B \rightarrow AB}}$ (en bleu) sur le *document réponse DR5* (sur les deux vues).

Q3.5

- Par quoi est imposée la direction de ces forces ?

Q3.6

- Calculer la force totale $\overrightarrow{F_{(AB+BC) \rightarrow B}}$ exercée **par la ceinture sur la boucle** en B : en donner les composantes dans le repère (X,Y,Z) et la norme.

Q3.7

- Tracer cette force (en noir) sur le *document réponse DR5*.

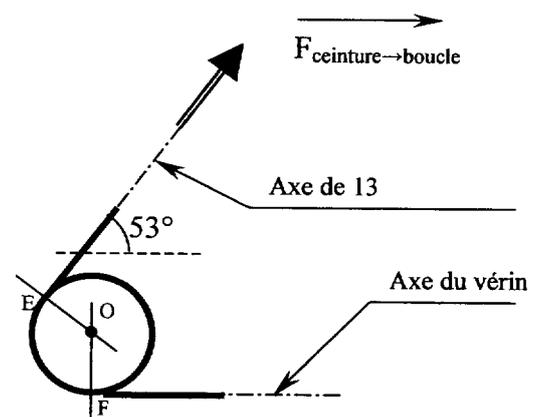
On se place maintenant à l'instant où doit se déclencher le prétensionneur (10 ms après le début du choc avec une décélération de 100 m/s^2). Par un calcul similaire à celui effectué précédemment, on détermine l'action de la ceinture sur la boucle liée au prétensionneur $\overrightarrow{F}_{\text{ceinture} \rightarrow \text{boucle}}$.

Le *document technique DT8* représente le dessin d'ensemble du prétensionneur. On considère que la poulie (3) est en liaison pivot de centre O et d'axe \vec{w} avec la platine (1).

Données:

- Diamètre câble : 7mm
- Diamètre piston : 16mm
- Diamètre poulie : 25mm
- Angle entre axe de la boucle et axe du vérin : 53°
- $F_{\text{ceinture} \rightarrow \text{boucle}} = 16000\text{N}$

On fait l'hypothèse que les liaisons sont parfaites et que l'étude peut se réduire à un problème plan (O, \vec{u}, \vec{v}).



Q3.8

- Montrer, compte tenu des hypothèses, que l'effort de traction fourni par le prétensionneur doit être de 16000N.

Q3.9

- En déduire la pression (en MPa) à fournir par le prétensionneur pour plaquer l'occupant sur le siège à cet instant d'étude.

QUATRIEME PARTIE

Objectif : Le but de cette partie est de déterminer la course du prétensionneur, liée à l'allongement de la ceinture.

Les données constructeurs sont les suivantes (ceinture fabriquée à base de polymère synthétique):

Contrainte à la rupture par extension	1140 MPa	Charge maxi préconisée	3200 daN
Module d'élasticité longitudinale	15000 MPa	Largeur	47 mm
Limite élastique par extension	620 MPa	Epaisseur	1.2 mm
Allongement à la rupture	14%	Longueur	2 m

Q4.1

- Déterminer la contrainte de traction en MPa (N/mm^2) sous un effort de traction de 3200 daN

Q4.2

- En déduire le coefficient de sécurité à la rupture

Q4.3

- Calculer l'allongement de cette ceinture sous un effort de traction de 3200 daN
- Conclure sur la valeur de la course maxi à préconiser pour le choix du prétensionneur. (Voir *document technique DT8*)