

1 – Présentation

On s'intéresse à une Audi TT de masse $m = 1,3 T$ à vide et dont la vitesse de pointe est $V_{max} = 260 km \cdot h^{-1}$.

D'une capacité de 2 places, cette voiture est idéale pour faire le malin devant les copines et les copains (faut-il en avoir les moyens car le prix n'est pas anodin).

On admettra qu'un passager a une masse $m_{p0} = 90 kg$ (une fois le repas pris) et que

le coffre, petit, peut contenir une masse de bagages sans contenu illicite $m_{b0} = 50 kg \cdot passager^{-1}$.

Le réservoir a une capacité $C = 55 l$ d'essence, ce qui est normalement beaucoup plus que celle du conducteur.

L'étude a lieu sur Terre, c'est pourquoi il ne faudra pas être dans la Lune et donc prendre $g = 10 m \cdot s^{-2}$.

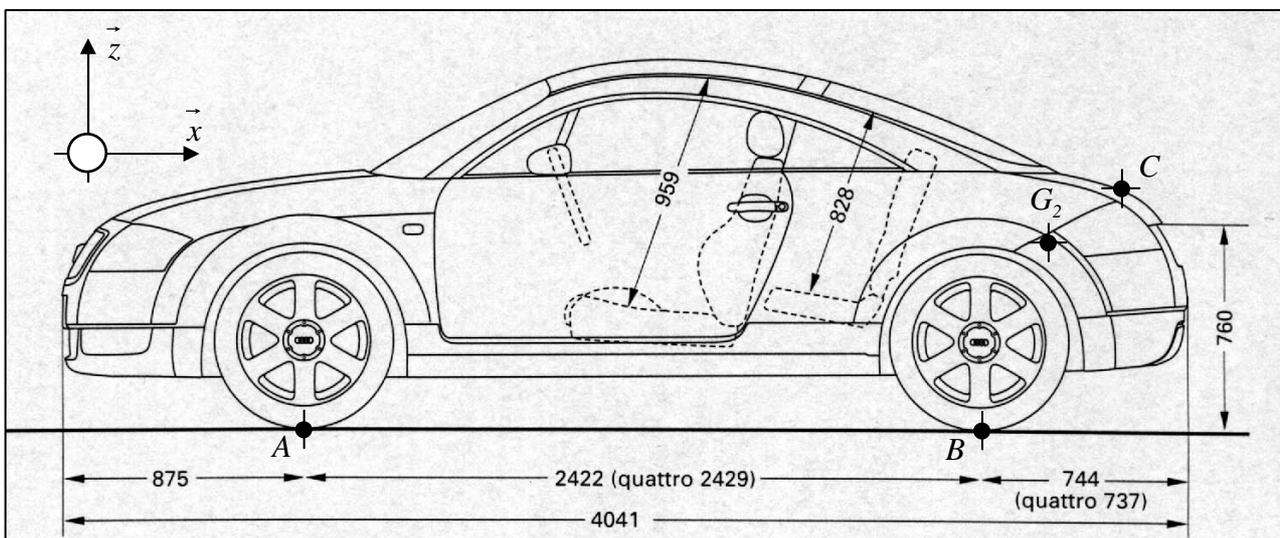
On admettra que les charges additionnelles « passagers » et « essence » ne modifie pas la position du centre de gravité du véhicule.

Le centre de gravité du véhicule nu est situé entre les deux essieux, à $1 m$ de l'essieu avant et à $0,6 m$ du sol.

On rappelle que la densité de l'essence est $d = 0,7$.

Les actions mécaniques en A et B du sol sur le véhicule sont modélisées par des glisseurs.

Le problème est plan (tous les efforts et toute la géométrie sont dans le plan (\vec{x}, \vec{z}))



2 – Problématique

Des essais en soufflerie et sur route montrent un déchargement de l'essieu arrière d'autant plus important que la vitesse du véhicule est importante. Ce phénomène est essentiellement du aux formes aérodynamique arrière du véhicule. Il a pour conséquence une perte de stabilité du véhicule qui devient gênante à partir d'une vitesse $V_{lim} = 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Partant de ce constat, on souhaite **déterminer l'aileron arrière permettant de neutraliser le désagrément** et permettre ainsi au conducteur d'exploiter toute la puissance de son véhicule (sur circuit ou route fermée, pas en centre-ville un jour de marché).

3 – Travail demandé

- ⇒ Rédaction sur feuille de copie, avec un grand soin.
- ⇒ Pour les forces, les résultats numériques seront systématiquement arrondis à l'unité.

3.1 – Préalable

- ⇒ L'origine du repère R est fixée au point A .

Q1 – Déterminer l'échelle géométrique de la figure.

Q2 – Pour le repère $R(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$, déterminer le sens de l'axe \vec{y} et compléter sa représentation (avec un « point » ou une « croix »).

- ⇒ Utiliser la « règle de la main droite ».

Q3 – Tracer sur le repère $R(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ le sens de rotation positif (dit « trigonométrique ») autour de l'axe \vec{y} .

- ⇒ Utiliser la « règle du tire-bouchon ».

Q4 – Tracer le point G_I , centre de gravité du véhicule nu.

Q5 – Déterminer en m dans le repère $R(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ les coordonnées cartésiennes des points x_{G_2} et C .

Q6 – Calculer en kg la masse de carburant m_c correspondant à un réservoir plein.

Q7 – Calculer en kg la masse de bagages m_b correspondant au nombre maximum de passagers.

3.2 – On considère le système { véhicule nu + passagers + carburant }, à l'arrêt ($V = 0$).

Q8 – Calculer en kg la masse M du système.

Q9 – Calculer en N l'intensité du poids P du système.

Q10 – Réaliser une figure de principe reprenant sans échelle particulière la silhouette de la voiture, les points A , B et G_I et le repère $R(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

Q11 – Réaliser le BAME.

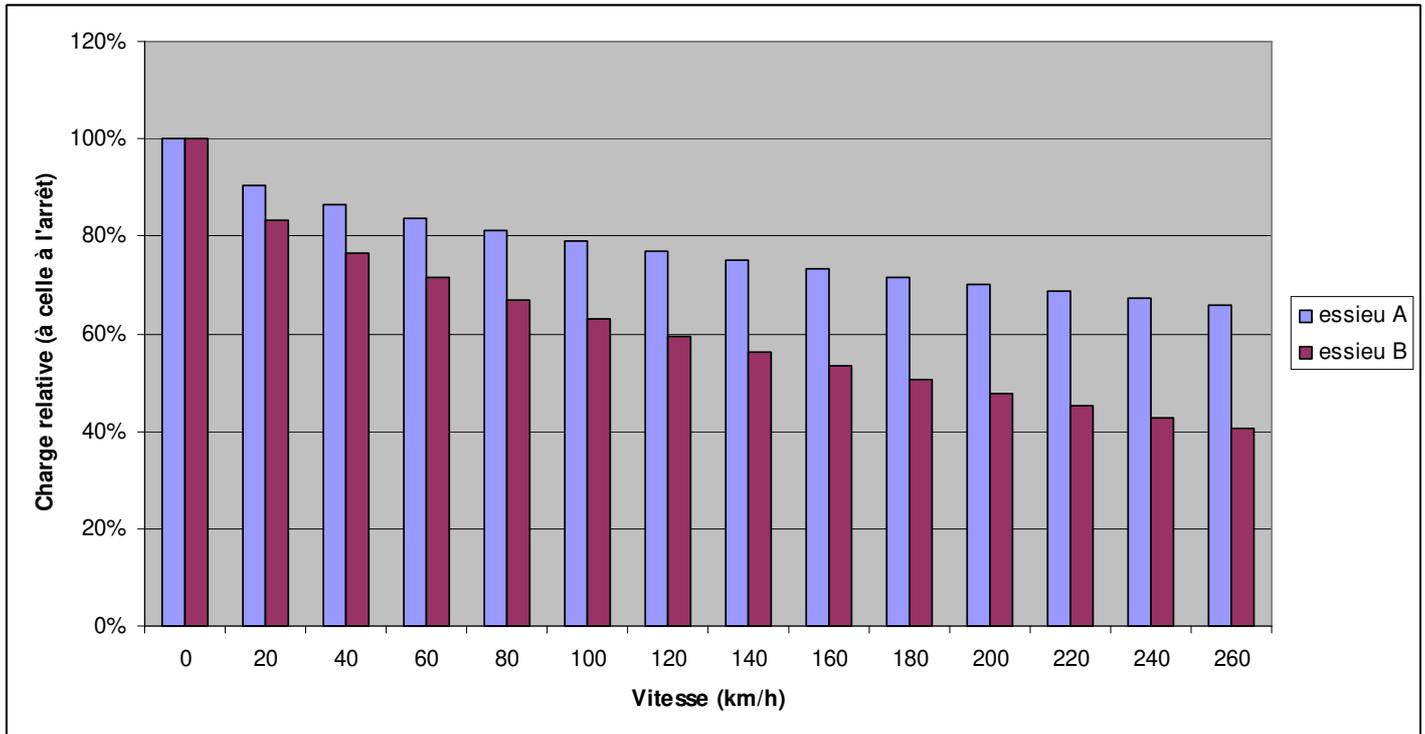
- ⇒ Donner l'expression vectorielle de toutes les actions mécaniques extérieures que subit le système.
- ⇒ Compléter la figure de principe en traçant et en nommant en rouge tous les efforts identifiés.

Q12 – Appliquer le PFS pour obtenir les équations et résoudre.

⇒ Les moments seront calculés au point G_I .

⇒ Les n équations étant obtenues préciser le nombre total d'inconnues algébriques et dire si on peut résoudre.

Une instrumentation embarquée dans le cadre des essais réalisés sur route et en soufflerie permet d'acquérir tout un tas d'informations et notamment, pour ce qui nous intéresse, la charge sur les essieux en fonction de la vitesse de déplacement du véhicule ; voici les résultats, avec deux passagers, un réservoir plein et pas de bagages :



Pour la suite, on prendra les résultats suivants, quels que soient ceux trouvés précédemment :

$$V = 0 \Rightarrow \begin{cases} A = 8915 \text{ N} \\ B = 6270 \text{ N} \end{cases} \quad (\text{Réservoir plein, deux passagers, aucun bagage})$$

3.4 – Analyse des résultats expérimentaux.

Q13 – Lequel des deux essieux se décharge le plus vite ? (Justifier la réponse)

Q14 – Rappeler la vitesse V_{lim} à laquelle l'instabilité de la voiture se fait sentir et donner à partir du graphique l'intensité des charges A_{lim} et B_{lim} sur les essieux qui correspondent à cette vitesse.

Q15 – Rappeler la vitesse V_{max} de la voiture et donner à partir du graphique les charges A_{min} et B_{min} sur les essieux pour cette vitesse.

Q16 – Calculer très rapidement l'intensité de la force de portance \vec{R} (force aérodynamique qui tend à soulever la voiture) pour $V = V_{max}$.

⇒ Appliquer le théorème de la résultante sur l'axe \vec{z} uniquement.

3.5 – Détermination de l'aileron arrière.

Les ingénieurs estiment que, pour garantir le confort de conduite et la sécurité, la charge sur l'essieu arrière B ne doit jamais être en deçà de 80 % de la charge nominale $B_{(v=0)}$.

Pour se faire, la solution technique envisagée consiste à placer un aileron à l'arrière de la voiture.

Par soucis de simplification, on admettra que l'action de l'air sur l'aileron, notée simplement \vec{C} , est purement verticale.

On admettra également que la force de portance \vec{R} est elle aussi purement verticale (ce qui est effectivement le cas) et qu'elle est appliquée au centre de gravité G_1 .



Q17 – Partant de l'estimation des ingénieurs, calculer en N la charge minimale B_0 devant être disponible sur l'essieu arrière si on se place à la vitesse V_{max} (cas le plus défavorable).

Q18 – Mener l'étude statique de la voiture afin de trouver la force que doit développer l'aileron.

- Faire une figure de principe de la voiture avec le repère, les points et les forces ; IL Y A 5 FORCES, toutes verticales.
- Pour le BAME, ne pas oublier qu'on se place à la vitesse V_{max} ; la charge en B souhaitée étant B_0 , elle est donc connue.
- Pour le BAME, la charge en A est inconnue, tout comme celle en C ; ce sont d'ailleurs les deux inconnues du problème.
- Par soucis de simplification, on admettra que l'action de l'air sur l'aileron, notée simplement \vec{C} , est purement verticale.
- On admettra également que la force de portance \vec{R} est elle aussi purement verticale et qu'elle est appliquée au centre de gravité G_1 .
- Les moments seront calculés au point A .

Q19 – A partir des documents relatifs aux ailerons (voir annexe), choisir celui qui convient le mieux.

⇒ Pour des raisons de design, on souhaite que l'angle d'incidence α soit le plus faible possible.

Il vous reste du temps ? Pas de problème...

Q20 – Donner la charge de compression que subissent les pieds d'attache de l'aileron sans faire de calcul particulier mais en justifiant au travers de considérations géométriques ou autres.

ANNEXE

