

Devoir non surveillé n°05 (pour le mercredi 27 novembre)

Extrait CC-INP PSI 2019, calculatrice interdite

Partie I. Aspects aérodynamiques

La **figure 1** montre l'allure des lignes de courant obtenues en soufflerie pour deux véhicules, l'un du type berline (semi-fastback) et l'autre correspondant à la version à hayon généralement dénommée break ou SW (hatchback). Les sections de référence et les coefficients aérodynamiques de ces deux véhicules sont un peu différents. L'écoulement de l'air est supposé incompressible.

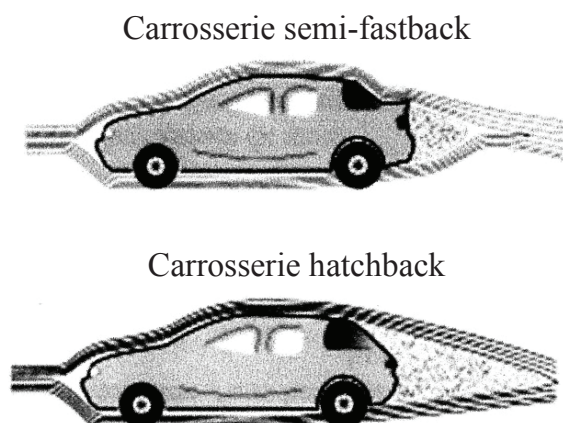


Figure 1 – Essais en soufflerie

On rappelle l'expression de la force de traînée : $F_x = \frac{C_x \rho_0 S V^2}{2}$, où $\rho_0 = 1,2 \text{ kg.m}^{-3}$ est la masse volumique de l'air, V la vitesse relative de l'air par rapport à l'obstacle, C_x le coefficient aérodynamique de traînée de l'obstacle et S la section de référence de l'obstacle à l'écoulement.

Q1. Préciser les zones d'écoulement laminaire et turbulent. Quels sont les facteurs qui influencent le coefficient aérodynamique C_x .

On considère une automobile de masse $m = 1\,300 \text{ kg}$, de coefficient aérodynamique $C_x = 0,33$, de section de référence $S = 2,5 \text{ m}^2$ et dont le moteur développe une puissance $P = 62,5 \text{ kW}$.

Q2. En négligeant dans cette question les frottements entre les pneumatiques et la route et en supposant l'air environnant au repos dans le référentiel terrestre, exprimer la vitesse maximale de l'automobile en fonction de tout ou partie des données précitées, puis en donner une valeur numérique en km/h.

Q3. Sur route ou autoroute, à vitesse stabilisée, la consommation en carburant, exprimée en litres pour 100 km parcourus, augmente en V^x . Déterminer l'exposant x .

Pour améliorer la tenue de route, certaines voitures sportives sont équipées d'un aileron pour renforcer l'appui arrière (**figure 2**, page 3). On se propose ici de quantifier son influence.

Aileron



Figure 2 – Aileron arrière

L'air est assimilé à un fluide parfait. Son écoulement, dans le référentiel de la voiture, est supposé stationnaire et incompressible. L'effet de la pesanteur sur l'air est négligé.

L'aileron, incliné vers le haut d'un angle non orienté $\beta \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$ par rapport à la route, dévie l'air qui s'écoule tangentielllement à la partie arrière du véhicule qui est inclinée vers le bas d'un angle, non orienté $\alpha \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$ par rapport à la route.

On note S_e la section transverse de l'écoulement de l'air dévié par l'aileron. Cette section est supposée constante le long du tube de courant décrit sur la **figure 3**.

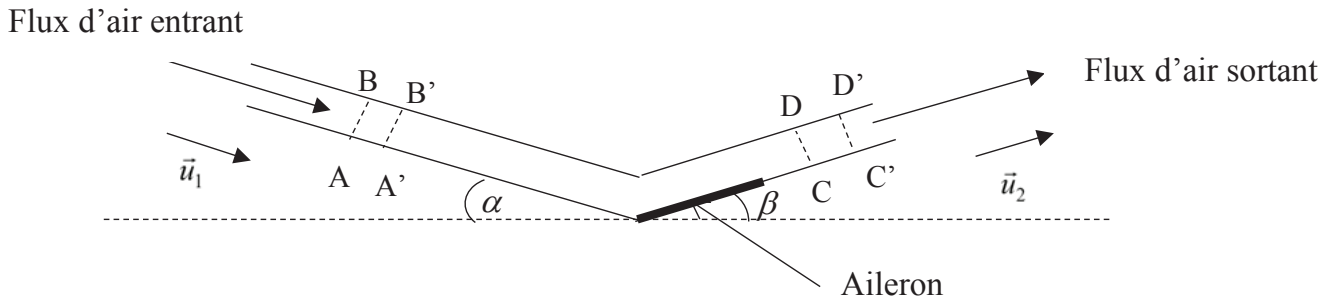


Figure 3 – Écoulement de l'air dans un tube de courant

On note respectivement $\vec{v}_1 = v_1 \vec{u}_1$ et $\vec{v}_2 = v_2 \vec{u}_2$, les vitesses des écoulements d'air entrant et sortant du tube de courant. $\vec{u}_1$ et $\vec{u}_2$ sont des vecteurs unitaires.

On considère le système fermé, constitué par l'air compris entre les sections AB et CD à la date t et de l'air compris entre les sections A'B' et C'D' à la date $t + dt$.

Q4. On note dm_1 la masse qui traverse la section AB entre t et $t + dt$ et dm_2 la masse qui traverse la section CD entre t et $t + dt$. Comparer dm_1 et dm_2 ainsi que v_1 et v_2 .

- Q5.** En effectuant un bilan de quantité de mouvement sur le système fermé défini précédemment, déterminer la force exercée sur le tube de courant en fonction de ρ_0 , v_1 , S_e , $\vec{v}_1$ et $\vec{v}_2$.
- Q6.** On admet que la force $\vec{F}_{\text{air} \rightarrow \text{véhicule}}$ exercée par l'air sur le véhicule en mouvement est l'opposée de celle exercée sur le tube de courant. En déduire la composante perpendiculaire à la route de la force exercée par l'air sur le véhicule en fonction de ρ_0 , v_1 , S_e , α et β . Discuter du sens de cette composante.

Partie III - Aspects liés à la sécurité routière

III.1 - Limitations de vitesse

Dans cette sous-partie, il vous est demandé de faire preuve d'autonomie. Toute démarche même partielle de résolution sera prise en compte, pourvu qu'elle soit cohérente.

- Q17.** Les causes d'accidents sont nombreuses et variées. Afin d'incriminer ou non un éventuel excès de vitesse lors de la sortie de route liée à un dépassement incontrôlé et décrite sur la photographie (**figure 6**), on vous demande de déterminer l'expression littérale, puis numérique de la vitesse du véhicule en début de la phase de freinage. Toutes données pertinentes et nécessaires à la résolution de cette question pourront être introduites par le candidat.



Figure 6 – Sortie de route

Suite au dos

Les éléments légaux de marquage au sol sont représentés sur la **figure 7**.

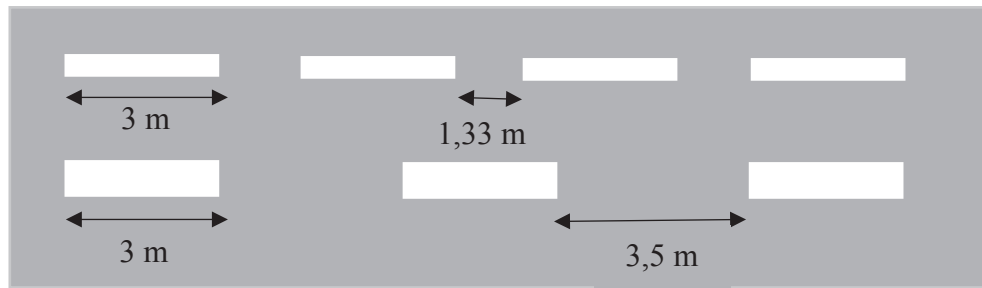


Figure 7 – Législation de marquage au sol

On rappelle qu'en cas de glissement, la réaction du sol sur les pneumatiques est décrite par la loi de Coulomb, à savoir : $\vec{R} = \vec{N} + \vec{T}$, avec $\|\vec{T}\| = f \|\vec{N}\|$. T et N sont respectivement les composantes tangentielle et normale de la force $\vec{R}$ exercée par le support, f est le coefficient de frottement solide entre les pneumatiques et le revêtement de la chaussée. Par temps sec, on a : $f = 0,8$.