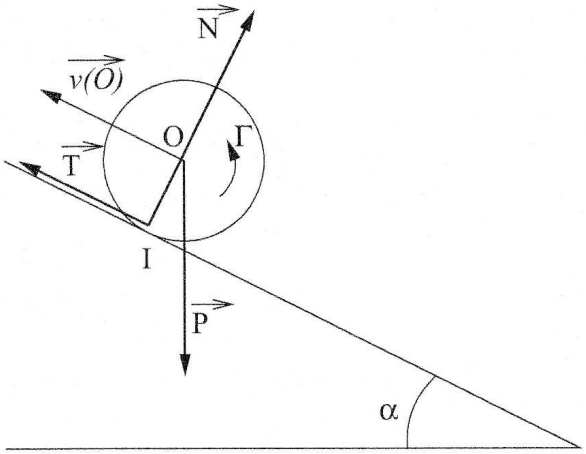
Exercice 1 : Questions de cours
Les questions suivantes sont indépendantes.

1. Quelle est la définition de la vitesse de glissement ? Comment la condition de roulement sans glissement s'exprime-t-elle ?
2. Dans quel cas la réaction tangentielle de la route sur la roue est-elle nulle : pour une roue motorisée ou non motorisée ?
3. Quels sont les théorèmes utilisés dans ce chapitre ? Énoncez-les tous.
4. Qu'est-ce qui fait qu'un véhicule motorisé soumis à des frottements de l'air peut maintenir une vitesse constante :
   – du point de vue du PFD ?
   – d'un point de vue énergétique ?

Exercice 2 : Montée d'une pente
Une roue de masse m, de centre O et de rayon R se déplace sur un plan incliné de α avec l'horizontale, elle subit un couple moteur de moment Γ.



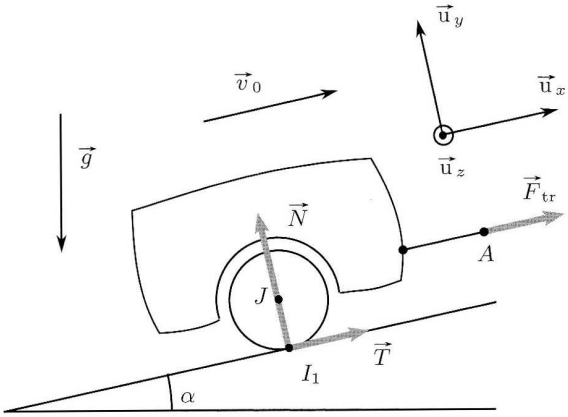
On note μ_s le coefficient de frottement statique.

1. La roue monte sans glisser à vitesse angulaire constante ω. En déduire l'expression de la vitesse $\vec{v}(O)$.
2. Déterminer l'expression de Γ en fonction des paramètres du problème.
3. Déterminer l'expression de l'angle α maximal permettant une montée sans glissement.

Exercice 3 : Bicyclette en montée
Une bicyclette est formée d'un cadre de masse M et de centre de gravité G (cycliste compris), et de deux roues identiques de masse m et de rayon R. Le cycliste développe une puissance mécanique $\mathcal{P}$, transférée à la roue arrière motrice (par l'intermédiaire de la chaîne) qui lui permet de monter à vitesse constante V une côte, le sol plan étant incliné par rapport à l'horizontale d'un angle α. On fera l'hypothèse idéale d'un roulement sans glissement aux deux roues et de l'absence de tout frottement.
Déterminer l'expression de $\mathcal{P}$ et faire une estimation de sa valeur numérique pour une côte à 10 %, le cycliste ayant une vitesse de 12 km/h.

Exercice 4 : Traction d'une remorque

Une remorque est modélisée par deux roues cylindriques identiques de rayon R, de centres J et K solidaires d'un essieu $[JK]$, celui-ci étant lié au châssis par un pivot parfait (voir figure). L'ensemble se déplace selon un mouvement de translation rectiligne uniforme de vecteur vitesse $\overrightarrow{v_0}$ vers le haut de la pente. L'action du véhicule tracteur (non représenté ici) est modélisé par une force de point d'application A donnée par $\overrightarrow{F_{\text{tr}}} = F_{\text{tr}}\overrightarrow{u_x}$. La remorque est de plus soumise à une force de frottement fluide (résistance de l'air) $\overrightarrow{F_{\text{fluide}}} = -\lambda_0 v_0 \overrightarrow{v_0}$. On suppose que les roues de la remorque roulent sans glisser avec une vitesse angulaire ω_0 sur le sol incliné d'un angle α avec l'horizontale. Le contact roues-sol est ponctuel en I_1 et I_2. La réaction du sol sur l'ensemble des deux roues est $\overrightarrow{T} + \overrightarrow{N} = T\overrightarrow{u_x} + N\overrightarrow{u_y}$: le problème se résume alors à un problème plan qui se traite comme si la remorque ne possédait qu'une seule roue et un seul point de contact avec la route. Le référentiel $\mathcal{R}$ du sol est galiléen. On note $\overrightarrow{g}$ l'accélération de la pesanteur.

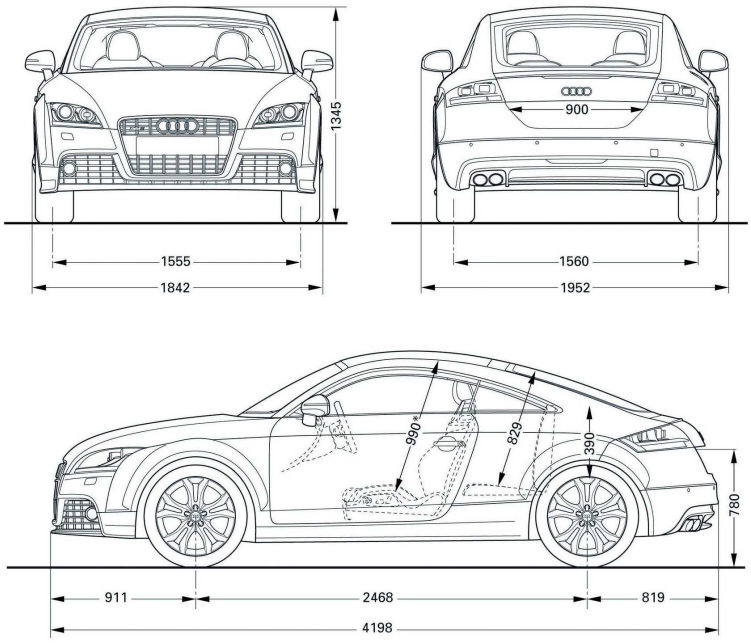


1. Rappeler la relation entre la vitesse linéaire du véhicule v_0 et la vitesse angulaire de ses roues ω_0 imposée par le roulement sans glissement.
2. Déterminer l'unité de λ dans le système international.
3. Justifier le caractère galiléen du référentiel du châssis. En appliquant la loi du moment cinétique par rapport à l'axe JK à l'ensemble {roues + essieu} dans ce référentiel, déterminer l'expression de T.
4. En appliquant la loi de la quantité de mouvement à la remorque entière, déterminer l'expression de F_{tr} en fonction de m, g, λ, v_0 et α.
5. Exprimer le travail fourni par la force de traction $\overrightarrow{F_{\text{tr}}}$ à la remorque au cours d'un déplacement de longueur l à la vitesse constante v_0 :
   - en appliquant la loi de l'énergie cinétique à la remorque entière ;
   - par un calcul direct.
6. Calculer numériquement F_{tr} ainsi que la puissance développée par cette force. En déduire le surcroît de puissance que doit fournir le moteur du véhicule tracteur pour maintenir sa vitesse égale à v_0 par rapport à la situation où il ne tracte pas de remorque. Le résultat sera exprimé en kW puis en CV (chevaux-vapeur).

Données : $v_0 = 30$ m/s ; $\alpha = 15°$; $\lambda = 0,32$ SI ; $m = 0,50.10^3$ kg ; $g = 9,8$ m.s^{-2} ; 1 CV $= 0,735$ kW.

Exercice 5 : Étude d'une Audi TT

Les figures et les données suivantes sont issues du catalogue constructeur.



Modèle	Audi TT coupé 1.8 TFSI
Cylindrée	1798 cm^3
Puissance maximale	160 ch entre 4500 et 6200 tours par minute
Couple maximal	250 N.m de 1500 à 4500 tours par minute
Mode de transmission	traction avant
Masse à vide	1240 kg
Vitesse maximale	226 km.h^{-1}
Accélération	0 à 100 km.h^{-1} en 7,2 s
Consommation mixte	6,4 L/100 km
Émission de CO_2	149 g.km^{-1}
Coefficient de traînée C_x	0,30
Surface frontale	2,09 m^2

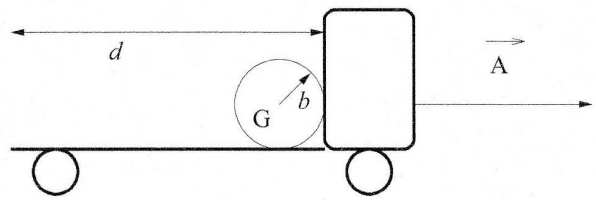
Dans cet exercice on modélise la force de frottements de l'air sur la voiture par la relation $f = \frac{1}{2}\mu C_x S v^2$, où μ est la masse volumique de l'air ($\mu = 1,3\text{kg.m}^{-3}$), C_x le coefficient de traînée de la voiture (sans unité), S sa surface frontale, et v sa vitesse. On indique par ailleurs que : 1 kW = 1,36 ch (chevaux-vapeur).

1. Estimer la valeur de la force de frottements de l'air lorsque la voiture roule à sa vitesse maximale. Calculer ensuite la puissance de cette force dans ces conditions. Comparer à la puissance maximale figurant dans les données.
2. Rappeler la relation entre puissance et couple pour un solide en rotation autour d'un axe fixe. Montrer grâce aux données que cette relation est effectivement vérifiée (on prendra une vitesse de rotation du moteur de 4500 tours/min).
3. (a) À l'aide des figures, estimer le rayon a des roues.
   (b) Rappeler la relation du cours existant entre le couple exercé sur une roue et la force de frottement pour un véhicule motorisé. Estimer alors la valeur du couple disponible sur les roues.
   (c) Pourquoi est-il différent du couple moteur apparaissant à la question 2 ?
   (d) Rappeler la condition de roulement sans glissement pour une roue. En déduire la valeur de la vitesse angulaire maximale de rotation des roues.

Exercice 6 : (∗) Mouvement d'un tonneau sur la plate-forme d'un camion
Un tonneau cylindrique, de masse m, de rayon b, de centre G, de moment d'inertie $J = \frac{1}{2}mb^2$ autour de son axe de révolution Δ, d'énergie cinétique

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2(G) + \frac{1}{2}J\omega^2$$

est posé sur le plateau horizontal d'un camion qui accélère avec une accélération constante $\overrightarrow{a} = A\overrightarrow{u_x}$. Le coefficient de frottement statique est pris égal au coefficient de frottement dynamique, soit μ. Le plateau a une longueur d.



Dans le référentiel du camion, on admettra que la force d'inertie d'entraînement s'exerce en G.

1. Déterminer les valeurs d'accélération du camion pour lesquelles il y a roulement sans glissement, celles pour lesquelles il y a glissement.
2. Déterminer la distance L parcourue par le camion lorsque le tonneau va en tomber.