LES LOIS PHYSIQUES APPLIQUÉES AUX DEUX-ROUES :

1. LA FORCE DE GUIDAGE

2. L'EFFET GYROSCOPIQUE

3. QUELQUES RELATIONS ENTRE GRANDEURS

Les lois physiques qui régissent le mouvement des véhicules terrestres sont des lois universelles qui s'appliquent de la même manière à toutes les catégories de véhicules, qu'il s'agisse de voitures, de camions ou de deux-roues.

Néanmoins, s'agissant des deux-roues, quelques précisions sont nécessaires concernant, d'une part la force de guidage, d'autre part l'effet gyroscopique lié à la rotation des roues.

Ce sont ces deux sujets qui sont abordés ici.

1. LA FORCE DE GUIDAGE

Les lois de Newton

Les lois de Newton énoncent que :

- la trajectoire naturelle d'une masse en mouvement est rectiligne. Pour dévier cette trajectoire, il faut solliciter une force ;

- dans son expression mathématique, cette force est le produit d'une masse par une accélération transversale (principe fondamental de la dynamique).

Voyons comment ces lois s'appliquent au mouvement des véhicules terrestres, et plus particulièrement à celui des deux-roues.

La force de guidage

D'une manière générale, la force de guidage se définit comme toute force de contact capable de dévier la trajectoire d'une masse.

S'agissant d'une voiture, la force de guidage s'exerce sur les pneumatiques au contact du sol lorsque le conducteur actionne la commande de direction. C'est donc le pivotement des roues directrices qui permet de solliciter cette force (voir dossier ADILCA ''*force de guidage*'').

Cette définition peut-elle se transposer au mouvement des deux-roues ?

L'équilibre en ligne droite

Examinons d'abord les conditions d'équilibre d'un deux-roues en ligne droite. Que se passerait-il si on supprimait le pivotement de la direction ? La chute serait quasi immédiate. C'est ce qu'il se produit si la direction est bloquée, par exemple quand les roues d'une bicyclette sont prises dans les rails d'un tramway.

Maintenir un deux-roues en équilibre consiste donc à modifier en permanence l'angle de pivotement de la direction, de manière à pouvoir récupérer à tout instant l'amorce d'une chute.

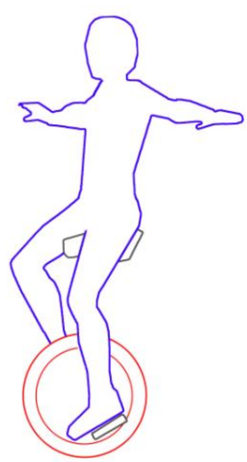
Il en résulte qu'un deux-roues est, par nature, dans l'incapacité de décrire une trajectoire rigoureusement rectiligne et que, pour tendre vers une ligne droite, il doit en réalité décrire une trajectoire sinusoïdale.

L'aspect de cette sinusoïde est d'autant plus marqué que la vitesse est réduite, ceci pouvant être mis en évidence par les traces que des pneumatiques mouillés laissent sur le sol.

La trajectoire circulaire

Une fois le principe précédent assimilé, il ressort que la trajectoire circulaire d'un deux-roues résulte de l'amplification volontaire de cette sinusoïde dans le temps et dans l'espace : pour virer, le conducteur doit amorcer une chute immédiatement équilibrée par une action sur le guidon.

Contrairement à ce qu'il se passe en voiture, c'est donc l'inclinaison du véhicule qui permet de solliciter la force de guidage, et non le pivotement de la roue avant. On peut d'ailleurs constater qu'un équilibriste juché sur un monocycle est parfaitement capable de décrire une trajectoire circulaire, simplement en se penchant du côté où il veut virer.



La trajectoire du monocycle prouve que c'est l'inclinaison qui permet de virer.

L'inclinaison du véhicule

Du point de vue de la physique, l'inclinaison du véhicule (qu'il soit muni d'une seule roue ou de deux) permet au(x) pneumatique(s) d'utiliser la réaction du sol comme force de guidage :

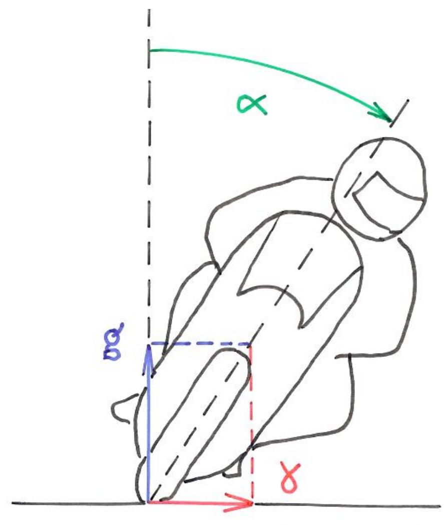
- si l'angle d'inclinaison est nul, la réaction du sol est verticale, égale et opposée à la force de gravitation, il y a pas de force de guidage, la trajectoire est rectiligne ;

- si l'angle d'inclinaison n'est pas nul, la réaction du sol présente une composante horizontale, c'est la force de guidage. Le véhicule est alors dévié de sa trajectoire initiale et s'inscrit sur une trajectoire circulaire.

L'accélération transversale

La déviation de trajectoire se traduit par une accélération transversale à laquelle sont soumis le deux-roues, ses passagers et leurs bagages.

Du point de vue mathématique, l'intensité de l'accélération transversale est fonction de la *tangente trigonométrique* de l'angle d'inclinaison (1), dans les limites que permet la garde au sol de la machine, l'adhérence des pneumatiques et celle du revêtement routier.



L'accélération transversale ϒ est fonction de la tangente trigonométrique de l'angle α.

Le tableau suivant montre la corrélation entre ces deux grandeurs :

angle d'inclinaison	10°	20°	30°	40°	50°
accélération transversale ($m.s^{-2}$)	1,7	3,6	5,7	8,2	11,7

Vitesse et trajectoire

L'intensité de la force de guidage nécessaire pour maintenir un deux-roues sur une trajectoire circulaire est fonction de sa masse, du *carré* de sa vitesse et fonction inverse du rayon de sa trajectoire.

Le tableau suivant montre la corrélation entre la vitesse de passage en courbe et la force de guidage nécessaire pour maintenir une trajectoire donnée (la valeur 1 a été arbitrairement corrélée à une vitesse de 50 $km.h^{-1}$ pour servir de référence) :

vitesse ($km.h^{-1}$)	50	60	70	80	90
force de guidage à multiplier par :	1	1,5	2	2,6	3,3

Passager et bagages

À l'intérieur d'une voiture, les passagers et les bagages doivent être solidement arrimés à la carrosserie (par l'intermédiaire du siège, de la ceinture ou de sangles…) de manière à recevoir la force de guidage capable de les inscrire sur une trajectoire circulaire.

Qu'en est-il si le passager et les bagages sont installés sur une motocyclette ? En statique, l'inclinaison fait tomber à la fois la motocyclette, le passager et les bagages. En dynamique, le passager et les bagages sont soumis à une accélération transversale qui empêche la chute (voir dossier ADILCA ''*statique et dynamique*'').

Autrement dit, lorsque la motocyclette décrit une trajectoire circulaire à vitesse constante, le passager et son chargement sont en équilibre et ne risquent pas de glisser, ni à l'intérieur de la trajectoire, ni à l'extérieur.

Il en est de même pour toute masse liquide à bord : lorsqu'une motocyclette décrit une trajectoire circulaire à vitesse constante, et sauf conduite brutale, vibrations ou secousses dues à l'état de la route, la surface du carburant forme toujours un plan perpendiculaire à l'axe de symétrie de la machine.

Ce principe a été démontré grâce à l'expérience dite ''de la bouteille d'eau'', expérience destinée à prouver que la force centrifuge n'existe pas (voir dossier ADILCA ''*force centrifuge*'').

Expérience dite ''de la bouteille d'eau'' :
la surface du liquide reste perpendiculaire à l'axe de symétrie de la machine.

La charge dynamique

On vient de le voir, lorsqu'un deux-roues décrit une trajectoire circulaire sur une route horizontale et sans dévers, le sol produit deux réactions perpendiculaires : l'une est verticale, égale et opposée au poids de l'ensemble machine + conducteur ; l'autre est horizontale, égale à la force de guidage.

Ces deux réactions admettent une résultante appelée *résultante de guidage* qui s'exerce dans l'axe de symétrie du véhicule. L'intensité de cette résultante est égale à la somme vectorielle de la force de gravitation et de la force de guidage [(2)].

Concrètement, cela signifie qu'un deux-roues en équilibre sur une trajectoire circulaire ''pèse'' davantage qu'en ligne droite, entraînant une compression des pneumatiques et des suspensions : c'est ce qu'on appelle la *charge dynamique*.

Remarques :

- ne pas confondre la charge dynamique et le poids : le poids reste toujours constant quoi qu'il arrive [(3)] ;

- en statique, l'inclinaison ne peut entraîner qu'une chute.

L'adhérence

L'adhérence se définit comme la qualité du contact entre deux matériaux, ici la bande de roulement des pneumatiques et la surface du revêtement routier.

L'inclinaison d'un deux-roues est naturellement tributaire de l'adhérence :

- si l'adhérence est suffisante, le véhicule est soumis à une accélération transversale : il décrit alors une trajectoire circulaire ;

- si l'adhérence est insuffisante, les pneumatiques glissent, rompant ainsi la condition d'équilibre. L'absence d'accélération transversale entraîne la chute sur une trajectoire rectiligne.

Le coefficient d'adhérence

Le coefficient d'adhérence en courbe se définit comme le rapport entre l'accélération transversale et une grandeur de référence qui est l'accélération gravitationnelle terrestre (''**g**'' = 9,8 $m.s^{-2}$).

En combinant différentes grandeurs, on calcule facilement le coefficient d'adhérence d'un deux-roues en équilibre sur une trajectoire circulaire, en procédant de la même manière que pour calculer celui d'une voiture (voir dossier ADILCA ''*adhérence et glissement*'').

Il y a un calcul plus simple et plus rapide : le coefficient d'adhérence étant le rapport entre deux accélérations, il est exactement égal à la *tangente trigonométrique* de l'angle d'inclinaison du deux-roues par rapport à la verticale.

Par exemple, si un deux-roues peut s'incliner de 45° par rapport à la verticale sur une chaussée horizontale et sans dévers, cela signifie que l'accélération transversale est, dans cet exemple, strictement égale à l'accélération gravitationnelle terrestre. Le coefficient d'adhérence est alors exactement égal à 1 puisque tangente 45° = 1.

Le principe d'action réaction

Le principe d'action réaction, ou troisième loi de Newton, énonce que toute masse sur laquelle s'exerce une force produit une réaction d'égale intensité, mais de sens opposé.

Ce principe, souvent confondu avec le concept de force centrifuge, ne s'applique jamais en statique où les interactions n'existent pas.

Par contre, il s'applique parfaitement et intégralement dans le cadre d'une description dynamique : cela signifie que, lorsqu'un deux-roues décrit une trajectoire circulaire, les pneumatiques exercent une poussée horizontale sur le sol, de même intensité que la force de guidage, mais de sens opposé.

Cette poussée ne perturbe en rien le mouvement de la Terre, étant donné le rapport des masses en jeu [(4)].

Conclusion

L'origine de la force de guidage diffère selon qu'on considère une voiture ou un deux-roues : s'agissant d'une voiture, la force de guidage provient du pivotement des roues directrices ; s'agissant d'un deux-roues, cette force provient uniquement de l'inclinaison du véhicule.

Tous les autres principes de physique, notamment ceux concernant l'énergie cinétique et le freinage, sont parfaitement et intégralement applicables aux deux-roues, dans les mêmes formes que celles énoncées pour l'automobile.

(1) *Dans un triangle rectangle, la tangente trigonométrique est le rapport entre la longueur du côté opposé et celle du côté adjacent de l'angle considéré.*

(2) *Un vecteur est une représentation graphique d'une force ou d'une accélération. Un vecteur se caractérise par un point d'application, une orientation et une longueur. Lorsque deux vecteurs forment un angle droit, leur somme (résultante) est égale à la racine carrée de la somme de leurs carrés, c'est une application concrète du théorème de Pythagore sur les propriétés des triangles rectangles.*

(3) *Dans les limites d'une zone géographique donnée et jusqu'à 3 000 m d'altitude (point culminant des routes européennes). En effet, en raison de la forme aplatie de la Terre, le poids varie avec la latitude.*

(4) *Si on compare une motocyclette de masse 3×10^2 kg et la Terre (6×10^{24} kg), ce rapport vaut 2×10^{22} !*

2. L'EFFET GYROSCOPIQUE

Définition

L'effet gyroscopique se définit comme la difficulté de modifier l'orientation du plan de rotation d'une masse tournante.

L'effet gyroscopique est ainsi nommé en référence au mode de fonctionnement du gyroscope, appareil de contrôle de mouvement utilisé notamment dans l'aviation (du grec *gyro* qui signifie rotation et *scope*, observer).

Son principe de fonctionnement est simple : l'appareil contient une masse tournante dont le mouvement de rotation à grande vitesse est entretenu par un jet d'air sous pression.

L'ensemble est monté libre sur deux axes perpendiculaires autorisant tous les degrés de liberté, de sorte que le plan de rotation de la masse tournante reste toujours indépendant des mouvements de l'avion, à cause de l'effet gyroscopique.

C'est grâce à ce type d'appareil que le pilote peut disposer d'un repère d'orientation spatiale constant et fiable.

Du point de vue de la physique, l'effet gyroscopique provient de l'énergie cinétique de rotation d'une masse, elle est proportionnelle à la masse, au carré de son rayon et au carré de sa vitesse de rotation.

Ainsi, on peut comparer l'énergie cinétique d'une masse en rotation avec l'énergie cinétique d'une masse en translation, et la difficulté de modifier l'orientation du plan de rotation de cette masse avec la difficulté d'arrêter une masse en mouvement.

Une expérience facile

L'effet gyroscopique peut être mis en évidence en tenant une roue de vélo à bout de bras : on constate qu'il est assez facile de modifier le plan de rotation de la roue quand celle-ci ne tourne pas.

Mais si la roue tourne, ça devient plus difficile, et plus elle tourne vite, plus c'est difficile.

La même observation serait faite si, à rayon constant et à vitesse de rotation égale, on augmentait la masse de la roue.

L'effet gyroscopique renforce la stabilité d'une motocyclette en mouvement rectiligne et s'oppose donc à sa mise sur l'angle.

Remarque : cet effet ne provient pas uniquement de la roue avant, mais de toutes les masses en rotation : roue arrière (plus massique que la roue avant, elle génère davantage d'effet), pièces mécaniques (en particulier si le moteur est en position transversale, ce qui est le cas de la plupart des machines) : attelage mobile (vilebrequin, arbres à cames), transmission (embrayage, arbres de boîte de vitesses) et autres accessoires (alternateur, pompe à huile, pompe à eau…).

Par ailleurs, à caractéristiques égales, l'effet gyroscopique se manifeste de la même manière à partir de n'importe quelle pièce en rotation, qu'il s'agisse de motocyclettes, de voitures ou de camions. Cet effet est simplement d'une importance relative à cause de la stabilité naturelle des véhicules à quatre roues.

Quantification

Les valeurs calculées à 90 km/h d'après les caractéristiques d'une machine de cylindrée 500 cm^3 mue par un moteur bi-cylindre transversal sont les suivantes :

- roue avant : 1,5 kJ

- roue arrière : 2 kJ

- transmission : 2,5 kJ

- moteur : 4 kJ

Soit un total de 10 kJ d'effet gyroscopique global, à comparer aux 80 kJ d'énergie cinétique de translation. Il convient donc de relativiser cet effet, puisqu'il ne représente qu'environ 10 % de l'énergie cinétique totale, et seulement 1,5 % si on considère uniquement la roue avant, ces proportions restant constantes quelle que soit la vitesse.

Le braquage inverse

Le ''*braquage inverse''* se définit comme la technique qui consiste à tourner le guidon du côté opposé à la direction souhaitée, dans le but de déséquilibrer la moto et provoquer ainsi son inclinaison forcée.

C'est l'inclinaison de la moto par rapport à la verticale qui crée la force transversale nécessaire au changement de trajectoire.

L'accélération transversale

Le pivotement de la direction, nécessaire au maintien de l'équilibre en ligne droite comme en courbe, n'influence pas l'accélération transversale de la moto qui dépend uniquement de l'adhérence et de l'inclinaison de la machine.

Diverses mesures relevées en action montrent en effet que, lors des changements de trajectoire, l'angle de pivotement de la direction reste toujours inférieur à 10°, la moyenne se situant autour de ± 5°, tandis que l'angle d'inclinaison par rapport à la verticale peut atteindre ou même dépasser 45°.

D'autres expériences démontrent par ailleurs que la corrélation entre ces deux angles dépend davantage des caractéristiques de la machine et de sa géométrie que des conditions d'utilisation.

L'effet gyroscopique et le braquage inverse

Il n'existe pas de relation directe entre cet effet et la technique dite de ''*braquage inverse*'' pour les raisons suivantes :

- ou bien cette technique est justifiée par la nécessité de contrer l'effet gyroscopique de la roue avant, dans l'hypothèse où cet effet s'opposerait au pivotement de la direction, auquel cas on remarque que cet angle est si faible qu'il devient négligeable par rapport à l'inclinaison de l'ensemble de la machine, et la nécessaire inclinaison corrélative de la roue avant par rapport à la verticale ;

- ou bien cette relation est justifiée par la nécessité de contrer l'effet gyroscopique de la roue avant, dans l'hypothèse où cet effet s'opposerait à l'inclinaison de la machine, auquel cas on remarque que le problème posé par l'effet gyroscopique global provenant du moteur, de la transmission et de la roue arrière reste entier.

Conclusion

L'effet gyroscopique est l'effet provoqué par toute masse en rotation.

Le braquage inverse est une technique de conduite consistant à utiliser le guidon comme levier afin de compléter l'action du reste du corps sur la machine.

Du point de vue de la physique, le braquage inverse vise à déséquilibrer la machine afin d'accélérer sa mise sur l'angle, il est sans rapport avec l'effet gyroscopique généré par la seule rotation de la roue avant.

ASSOCIATION ADILCA

www.adilca.com

*** * ***

3. QUELQUES RELATIONS ENTRE GRANDEURS

Poids

$$P = M \cdot g$$

P : poids, exprimé en **N**
M : masse, exprimée en **kg**
g : accélération gravitationnelle, exprimée en $\mathbf{m.s^{-2}}$
(accélération gravitationnelle terrestre : $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$)
cohérence des unités : $\mathbf{P} = kg \cdot m.s^{-2} = \mathbf{N}$

Exemple : calculons le poids d'une motocyclette de 250 kg ($g = 10\ m.s^{-2}$) :

$$\mathbf{P} = 250 \times 10 = 2\,500\ \mathbf{N}$$

Accélération transversale :

$$\Upsilon = V^2 / R$$

ϒ : accélération transversale, exprimée en $\mathbf{m.s^{-2}}$
V : vitesse, exprimée en $\mathbf{m.s^{-1}}$
R : rayon de trajectoire, exprimé en **m**
cohérence des unités : $\mathbf{\Upsilon} = (m.s^{-1})^2 \cdot m^{-1} = m^2.s^{-2} \cdot m^{-1} = \mathbf{m.s^{-2}}$

Exemple : calculons l'accélération transversale d'une motocyclette qui décrit une trajectoire circulaire de 100 m de rayon à la vitesse de 20 $m.s^{-1}$ (72 $km.h^{-1}$) :

$$\mathbf{\Upsilon} = 20^2 / 100 = 400 / 100 = 4\ \mathbf{m.s^{-2}}$$

Accélération transversale :

$$\Upsilon = g \cdot \text{tangente}\ \alpha$$

ϒ : accélération transversale, exprimée en $\mathbf{m.s^{-2}}$
g : accélération gravitationnelle terrestre, exprimée en $\mathbf{m.s^{-2}}$
α : angle d'inclinaison par rapport à la verticale, grandeur sans dimension ;
cohérence des unités : $\mathbf{\Upsilon} = \mathbf{m.s^{-2}}$

Exemple : calculons l'accélération transversale d'une motocyclette qui s'incline de 22° par rapport à la verticale ($g = 10\ m.s^{-2}$) :

$$\mathbf{\Upsilon} = 10 \times \text{tangente}\ 22° = 10 \times 0{,}4 = 4\ \mathbf{m.s^{-2}}$$

Force de guidage :

$$F = M . V^2 / R$$

F : force de guidage, exprimée en **N**
M : masse, exprimée en **kg**
V : vitesse, exprimée en **$m.s^{-1}$**
R : rayon de trajectoire, exprimé en **m**
cohérence des unités : $\mathbf{F} = kg . (m.s^{-1})^2 . m^{-1} = kg . m^2.s^{-2} . m^{-1} = kg . m.s^{-2} = \mathbf{N}$

Exemple : calculons la force de guidage qui s'exerce sur les pneumatiques d'une motocyclette de masse 250 kg circulant à la vitesse de 20 $m.s^{-1}$ (72 $km.h^{-1}$) sur une chaussée horizontale à dévers nul, la machine décrivant une trajectoire circulaire de 100 m de rayon :

$$\mathbf{F} = 250 \times 20^2 / 100 = 250 \times 400 / 100 = 1\,000\ \mathbf{N}$$

Force de guidage :

$$F = P . \text{tangente } \alpha$$

F : force de guidage, exprimée en **N**
P : poids, exprimé en **N**
α : angle d'inclinaison par rapport à la verticale, grandeur sans dimension ;
cohérence des unités : $\mathbf{F} = kg.m.s^{-2} = \mathbf{N}$

Exemple : calculons la force de guidage qui s'exerce sur les pneumatiques d'une motocyclette (poids 2500 N) décrivant une trajectoire circulaire sur une chaussée horizontale à dévers nul, l'angle d'inclinaison de la machine par rapport à la verticale étant égal à 22° :

$$\mathbf{F} = 2\,500 \times \text{tangente } 22° = 2\,500 \times 0{,}40 = 1\,000\ \mathbf{N}$$

Charge dynamique :

$$R = [P^2 + F^2]^{1/2}$$

R : charge dynamique, exprimée en **N**
P : poids, exprimé en **N**
F : force de guidage, exprimée en **N**
cohérence des unités : $\mathbf{R} = [(kg.m.s^{-2})^2]^{1/2} = (kg^2.m^2.s^{-4})^{1/2} = kg.m.s^{-2} = \mathbf{N}$

Exemple : calculons la charge dynamique d'une motocyclette (poids 2 500 N) soumise à une force de guidage de 1 000 N :

$$\mathbf{R} = [(2\,500^2) + (1\,000^2)]^{1/2} = [6\,250\,000 + 1\,000\,000]^{1/2} = [7\,250\,000]^{1/2} = 2\,700\ \mathbf{N}$$

Charge dynamique :

$$R = P / \text{cosinus}\ \alpha$$

R : charge dynamique, exprimée en **N**
P : poids, exprimé en **N**
α : angle d'inclinaison par rapport à la verticale, grandeur sans dimension ;
cohérence des unités : $\mathbf{R} = kg.m.s^{-2} = \mathbf{N}$

Exemple : calculons la charge dynamique d'une motocyclette (poids 2 500 N), l'angle d'inclinaison de la machine par rapport à la verticale étant égal à 22° :

$$\mathbf{R} = 2\,500 / \text{cosinus}\ 22° = 2\,500 / 0{,}927 = 2\,700\ \mathbf{N}$$

Coefficient d'adhérence :

$$\mu = \Upsilon / g$$

μ : coefficient d'adhérence, grandeur sans dimension ;
ϒ : accélération transversale, exprimée en $\mathbf{m.s^{-2}}$
g : accélération gravitationnelle terrestre, exprimée en $\mathbf{m.s^{-2}}$
cohérence des unités : $\mathbf{\mu} = m.s^{-2} . (m.s^{-2})^{-1} = m.s^{-2} . m^{-1}.s^{+2}$ = grandeur sans dimension.

Exemple : calculons le coefficient d'adhérence qui autorise une accélération transversale de 4 $m.s^{-2}$ ($g = 10\ m.s^{-2}$) sur une chaussée horizontale et sans dévers :

$$\mathbf{\mu} = 4 / 10 = 0{,}4$$

Coefficient d'adhérence :

$$\mu = V^2 / (R . g)$$

μ : coefficient d'adhérence, grandeur sans dimension ;
V : vitesse, exprimée en $\mathbf{m.s^{-1}}$
R : rayon de trajectoire, exprimé en **m**
g : accélération gravitationnelle terrestre, exprimée en $\mathbf{m.s^{-2}}$
cohérence des unités :
$\mathbf{\mu} = (m^{+1}.s^{-1})^2 . (m^{+1} . m^{+1}.s^{-2})^{-1} = m^{+2}.s^{-2} . m^{-2}.s^{+2}$ = grandeur sans dimension.

Exemple : calculons le coefficient d'adhérence qui permet à une motocyclette de décrire une trajectoire circulaire de 100 m de rayon à la vitesse de 20 $m.s^{-1}$ ($g = 10\ m.s^{-2}$) sur une chaussée horizontale et sans dévers :

$$\mathbf{\mu} = 20^2 / (100 \times 10) = 400 / 1\,000 = 0{,}4$$

Coefficient d'adhérence :

$$\mu = \text{tangente } \alpha$$

μ : coefficient d'adhérence, grandeur sans dimension ;
ϒ : angle d'inclinaison par rapport à la verticale, grandeur sans dimension.

Exemple : calculons le coefficient d'adhérence qui autorise un angle d'inclinaison de 22° par rapport à la verticale sur une chaussée horizontale et sans dévers :

$$\mu = \text{tangente } 22° = 0{,}4$$

Énergie cinétique de translation :

$$E = \tfrac{1}{2}\ M \cdot V^2$$

E : énergie cinétique de translation, exprimée en **J**
M : masse, exprimée en **kg**
V : vitesse, exprimée en **$m.s^{-1}$**
cohérence des unités : $\mathbf{E} = kg \cdot (m.s^{-1})^2 = kg \cdot m^2.s^{-2} = \mathbf{J}$

Exemple : calculons l'énergie cinétique de translation d'une motocyclette de masse 250 kg circulant à la vitesse de 25 $m.s^{-1}$ (90 $km.h^{-1}$) :

$$\mathbf{E} = \tfrac{1}{2} \times 250 \times 25^2 = 125 \times 625 = 78\ \mathbf{kJ}$$

Énergie cinétique de rotation :

$$E = \tfrac{1}{4}\ M \cdot R^2 \cdot \omega^2$$

E : énergie cinétique de rotation d'un disque plein et homogène, exprimée en **J**
M : masse, exprimée en **kg**
R : rayon, exprimé en **m**
ω : vitesse de rotation, exprimée en **$rad.s^{-1}$**
cohérence des unités : $\mathbf{E} = kg \cdot m^2 \cdot (s^{-1})^2 = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} = \mathbf{J}$
(*le radian est une grandeur sans dimension*)

Exemple : calculons l'énergie cinétique de rotation d'une roue assimilée à un disque plein et homogène de rayon 0,30 m et de masse 10 kg tournant à la vitesse de 10 $tr.s^{-1}$ (62,8 $rad.s^{-1}$) :

$$\mathbf{E} = \tfrac{1}{4} \times 10 \times 0{,}30^2 \times 62{,}8^2 = 2{,}5 \times 0{,}09 \times 3\,950 = 890\ \mathbf{J}$$

ASSOCIATION ADILCA www.adilca.com * * *