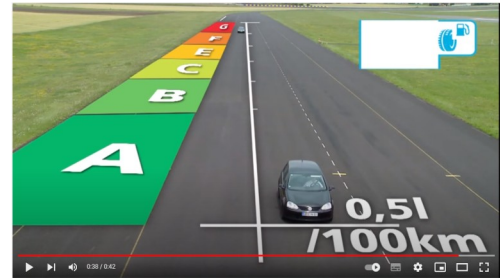


Séquence :  
Comment évoluent les grandeurs efforts et flux en dynamique ?  
**Résistance au roulement**

D'une manière générale, la résistance au roulement traduit une résistance à l'avancement.

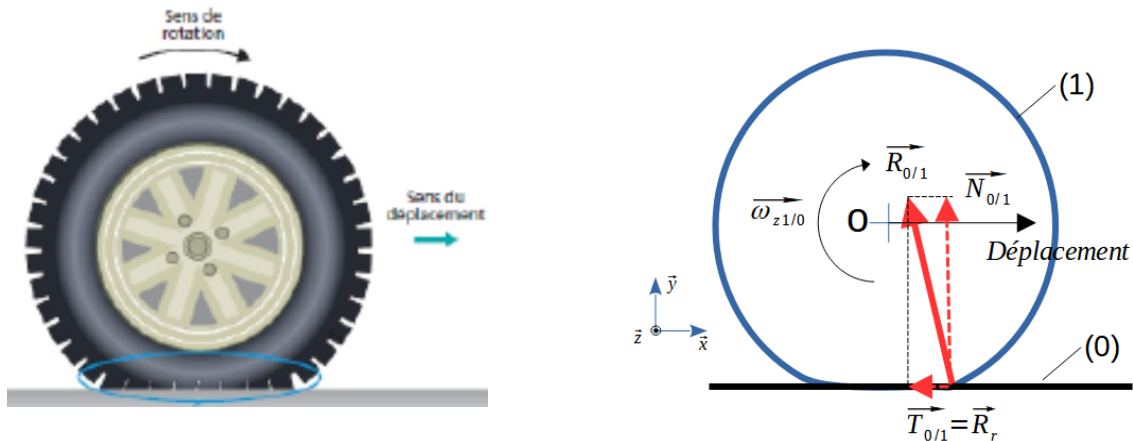
### Mise en situation :

La vidéo ci-contre met en évidence l'utilisation de pneus avec des coefficients de résistance au roulement différents. Les deux voitures sont bien évidemment identiques pour que la traînée aérodynamique soit la même sur les deux véhicules ainsi que le poids.



### Origine de la résistance au roulement

Sous l'effet d'un effort presseur (le poids du véhicule dans le cas des pneus), la partie qui roule sans glisser (le pneu pour les véhicules), se déforme en formant un « plat » avec la partie en contact. Cette déformation crée un couple résistant à vaincre dans le cas de roues motrices ou une force de résistance à l'avancement dans le cas de roues libres.



Le sol (0) crée une réaction  $\vec{R}_{0/1}$  à l'avant du solide (1).

Les conséquences sont les suivantes :

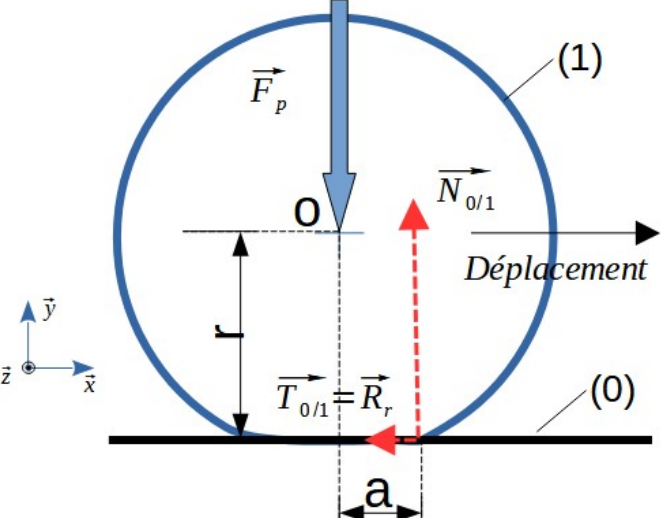
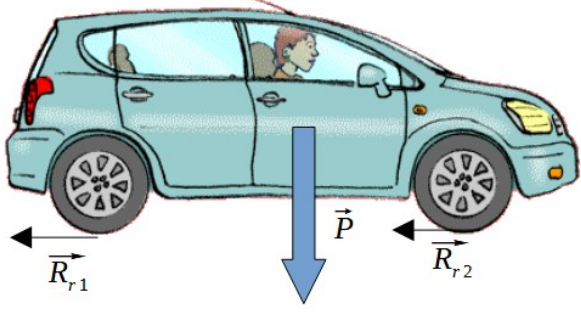
- l'effort tangentiel  $\vec{T}_{0/1}$  crée une résistance à l'avancement que l'on nomme communément résistance au roulement  $\vec{R}_r$

ou

- un couple moteur sur l'axe de rotation placé en « O » est nécessaire pour vaincre le moment résistant créé par  $\vec{N}_{0/1}$  par rapport à l'axe de rotation en « O » dans le cas d'une roue motrice (et oui ! Seul  $\vec{N}_{0/1}$  crée un moment et pas  $\vec{T}_{0/1}$  car il n'existe pas si il n'y a pas de déplacement créé par le couple moteur)

## Détermination de la résistance au roulement

Selon le domaine, Il existe deux manières de l'exprimer mais cela revient au même !

<i>En mécanique</i>	<i>Pour les véhicules roulants</i>
$R_r = \frac{a}{r} \cdot F_p = \mu_r \cdot F_p$ <p>R<sub>r</sub> : Résistance au roulement (N)  a : Décalage par rapport à l'aplomb de l'axe (mm) également appeler « résistance au roulement » !  r : Rayon du solide en roulement (mm)  F<sub>p</sub> : Effort presseur (N) (= N<sub>0/1</sub>)</p>	$R_r = C_{rr} \cdot P$ <p>R<sub>r</sub> : Résistance au roulement (N)  C<sub>rr</sub> : Coefficient de résistance au roulement  P : Poids du véhicule</p>
	 <p>La formule précitée fournit la résistance au roulement global du véhicule. <math>R_r = \sum R_{ri}</math></p>

## Détermination du couple moteur nécessaire à vaincre la résistance au roulement (cas des roues motrices)

Le couple moteur se calcule de la manière suivante :

avec

- $F_p = N_{0/1}$  (N)
- C<sub>m</sub> : couple moteur (N.mm)
- a : Décalage par rapport à l'aplomb de l'axe (mm) également appeler « résistance au roulement » ! (mm)

$$C_m = a \cdot F_p$$

Ce résultat peut paraître surprenant étant donnée qu'a priori, la composante normale  $\vec{N}_{0/1}$  et la composante tangentielle  $\vec{T}_{0/1}$  créent un moment de force en « O » à vaincre par le couple moteur C<sub>m</sub>.

Cependant, la composante tangentielle n'existe que si C<sub>m</sub>>0.

## Coefficient de résistance au roulement (source [Wikipedia](#))

### ➤ Véhicules roulants

$C_{rr}$	Description
0,000 3 à 0,000 4 <sup>2</sup>	Roue de chemin de fer en acier sur rail en acier (résistance au roulement statique)
0,001 à 0,001 5 <sup>3</sup>	Roulement à billes en acier durci sur acier
0,001 0 à 0,002 4 <sup>4,5</sup>	Roue de chemin de fer en acier sur rail en acier. Wagon de passager environ 0.0020 <sup>6</sup>
0,001 9 à 0,006 5 <sup>7</sup>	Roues en fonte de véhicules miniers sur rails en acier
0,002 2 à 0,005 <sup>8</sup>	Pneus de bicyclette de production pour 8,3 bar et 50 km/h
0,002 5 <sup>9</sup>	Pneus spéciaux éco-marathon
0,005	Rails sales de tramway (standard) avec et sans virages
0,004 5 à 0,008 <sup>10</sup>	Pneus de grands camions
0,005 5 <sup>9</sup>	Pneus BMX de bicyclettes typiques pour voitures solaires
0,006 2 à 0,015 <sup>11</sup>	Mesure de pneus de voiture
0,010 à 0,015 <sup>12</sup>	Pneus de voitures ordinaires sur béton
0,038 5 à 0,073 <sup>13</sup>	Diligence (xix <sup>e</sup> siècle) sur une route sale. Neige molle sur la route dans le pire cas
0,3 <sup>12</sup>	Pneus de voitures ordinaires sur sable

### ➤ En mécanique

#### Coefficients de résistance au roulement (pour une roue de 1 m de rayon)

Matériaux (roue sur plan)	a (mm)
acier sur acier	0,4
fonte sur acier	0,5
caoutchouc plein sur bitume	3 à 15
pneu sur bitume	20 à 30
acier sur béton	10 à 15
acier sur rail (chemin de fer)	0,5 à 1

## Applications

### ➤ **Exercice 1 :**

Un wagon de masse 18 tonnes dont les roues mesurent 1m de diamètre roule à 108 Km/h. la résistance au roulement est de 0,4 mm.

**Déterminer** la valeur de la force de résistance au roulement  $R_r$

**Déterminer** la puissance mécanique nécessaire pour la vaincre. (rappel :  $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$  )

### ➤ **Exercice 2 :**

**Visionner** la vidéo est **expliquer** pourquoi Sabine, l'animatrice de l'émission « C'est pas sorcier », arrive à déplacer le boggie seule !?

**Tenter** de démontrer par un calcul simple que c'est réalisable !



N'y aurait-il pas une bêtise de dite dans l'extrait vidéo ci-contre ?

