

Mécanique : Comment décrire le mouvement d'un objet en rotation

Objectifs :

- Comprendre et déterminer expérimentalement la fréquence de rotation d'un mobile.
- Trouver expérimentalement la relation entre fréquence de rotation et vitesse linéaire.
- Comment utiliser cette relation; $v = 2 \pi R n$.

Situation-problème

Karim et Sophie sont passionnés de Tuning, activité consistant à personnaliser son automobile en termes de performance mécanique ou de style. Karim a remplacé ses pneumatiques de diamètre 0,583 m par des pneumatiques plus grands de diamètre 0,637 m. Une discussion s'engage concernant l'influence d'un changement de pneumatiques sur l'affichage de la vitesse d'un véhicule.



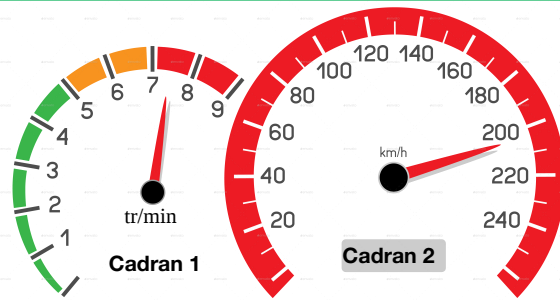
Pourquoi les vitesses mesurées par le GPS et le compteur de vitesse de la voiture sont différentes? Sophie a-t-elle raison ?

Proposer une explication du fonctionnement des deux dispositifs

Activité 1

Comment mesurer la fréquence de rotation d'un mobile

Le compte-tours d'une voiture renseigne le conducteur sur l'allure du moteur. Il permet de choisir le rapport de vitesse le plus opportun pour éviter des dommages au moteur.



S'approprier

- Quel cadran correspond au compte-tours ? ☐ cadran 1 ☐ cadran 2
 ■ En quelle unité le compte-tours est-il gradué ? ☐ km/h ☐ h et min ☐ tr/min

Réaliser

Pour observer l'allure d'un moteur, on mesure sa fréquence de rotation avec un tachymètre.

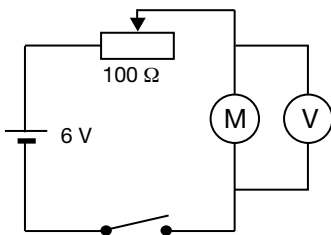
Fonctionnement : le tachymètre envoie une lumière sur un carré réfléchissant collé sur un disque en rotation. Par réflexion de la lumière, le tachymètre mesure le temps mis par le carré réfléchissant pour faire un tour : c'est la période T . Puis, il calcule la fréquence de rotation du disque notée n (nombre de tours effectués par seconde).

INFO

$$n = \frac{1}{T} \text{ ou } T = \frac{1}{n}$$

avec n en tr/s
et T en s.

- **Réaliser** le montage ci-dessous.



>> Schéma du montage

>> Moteur et tachymètre

- **Faire varier** la tension aux bornes du moteur à l'aide du rhéostat.
 ■ **Relever** la fréquence de rotation n à l'aide du tachymètre pour différentes valeurs de la tension.
 ■ **Compléter** le tableau de mesures en faisant les calculs nécessaires.

Tension en V	1	2	3	4
Fréquence de rotation (TPM)				
Fréquence de rotation n en tr/s				
Période T en s ($T = 1/n$)				

INFO

RPM (rounds per minute), équivalent du français « tour par minute ».

Valider

- Comment varie l'allure du moteur en fonction de la tension ?

.....

.....

Communiquer

- Que mesure le compte-tours (ou tachymètre) d'une voiture ?
☐ la vitesse de la voiture ☐ la fréquence de rotation du moteur ☐ la distance parcourue

Activité 2 Quelle est la relation entre fréquence de rotation et vitesse linéaire?

Marie possède un vieux vélo en aluminium équipé de roues de diamètre 700 mm et d'un cyclomètre. Cet instrument permet de connaître sa vitesse instantanée, sa vitesse moyenne et la distance parcourue. Elle vient d'acheter un nouveau vélo plus léger, équipé de roues de diamètre 650 mm. Peut-elle utiliser son cyclomètre sur ce nouveau vélo?



Analyser/Raisonner

- Comment varie la vitesse linéaire v d'un vélo lorsqu'on diminue le diamètre de la roue, la fréquence de rotation n de la roue étant fixée?
 - ☐ v augmente
 - ☐ v ne varie pas
 - ☐ v diminue

Réaliser

Le fichier «roue02» permet d'établir, en fonction du rayon de la roue, le lien entre la vitesse linéaire v en m/s du vélo et la fréquence de rotation n en tr/s de la roue.

- **Ouvrir** le fichier «roue02» modélisant une roue de diamètre donné.
- **Modéliser** une roue de diamètre 700 mm en déplaçant le point A à l'aide de l'outil  et en affinant le réglage avec les touches directionnelles du clavier.
- **Lancer** l'animation en cliquant droit sur le curseur **tour** et en sélectionnant **Animer**.
- **Relever** la distance parcourue d , en m, par le vélo et compléter la 2^e ligne du tableau.
- **Réinitialiser** le curseur en le ramenant à zéro (clic gauche et déplacer le point rouge) afin de renouveler l'expérience avec une roue de vélo de 650 mm de diamètre.
- **Compléter** le tableau de mesures (valeurs arrondies au centième).



lienmini.fr/SP722-roue02

	Distance parcourue d en m	Vitesse en m/s ($v = d/T$)	Calcul du produit $2\pi R \times n$
Vélo 1 ($R =$			
Vélo 2 ($R =$			

INFO

Paramétrages du fichier roue
 $T = 0,5$ s
 $n = 2$ tr/s

Valider

- Quelle est la relation existant entre la vitesse linéaire v d'un véhicule et la fréquence de rotation n de sa roue?
 - ☐ $v = \frac{2\pi}{n}$
 - ☐ $v = 2\pi \times R \times n$
 - ☐ $v = \frac{2\pi R}{n}$
 - ☐ $v = d \times n$
- Votre hypothèse de départ est-elle vérifiée?

Communiquer

- **Indiquer** quel paramètre devra modifier Marie dans son cyclomètre pour l'utiliser sur son nouveau vélo.

Investigation

Je constate des écarts dans les mesures de vitesse. Mon GPS affiche 144 km/h alors que l'aiguille de mon compteur de vitesse indique 130 km/h ! Tu sais à quel instrument je peux me fier ?



Tu dois te fier à ton GPS qui te donne la vitesse réelle !

Pourquoi les vitesses mesurées par le GPS et le compteur de vitesse de la voiture sont différentes ?

Sophie a-t-elle raison ?

Je formule une hypothèse

(je coche la bonne réponse)

Quel paramètre Karim a-t-il modifié sur sa voiture ?

- ☐ le moteur
☐ le diamètre des roues
☐ la boîte de vitesse

Selon vous, pourquoi le GPS indique une vitesse de 144 km/h alors que le compteur de vitesse de la voiture indique 130 km/h ? Émettre une hypothèse en l'explicitant.

.....

.....

Je propose un protocole expérimental

(je propose un protocole et je coche le matériel nécessaire)

.....

.....

.....

.....

.....



MATÉRIEL

- ☐ Un chronomètre
☐ Fichier «Tuning» paramétré pour une fréquence de rotation de la roue de 20 tr/s
☐ Un GPS
☐ Un ordinateur

Je réalise l'expérience

(je note les résultats obtenus avec ma modélisation)

Diamètre en mm	Distance d parcourue en m
583	 tour = 1

>> Modélisation roue $D = 0,583$ m

Diamètre en mm	Distance d parcourue en m
637	 tour = 1

>> Modélisation roue $D = 0,637$ m

Je valide

(j'applique les résultats de ma modélisation au cas présent)

À l'aide de la formule $v = d \times n$, compléter le tableau en arrondissant les vitesses à 0,1.

	Roue: $D = 0,583$ m	Roue: $D = 0,637$ m
Vitesse linéaire v (en m/s)		
Vitesse linéaire v (en km/h)		

×

Je communique

(je réponds à Karim en argumentant et je lui indique à quel appareil se fier)

.....

.....

Bilan

Fréquence de rotation et période

La **fréquence de rotation** n d'un solide correspond au nombre de tours effectués en une seconde. Elle s'exprime en tours par seconde (unité: tr/s).

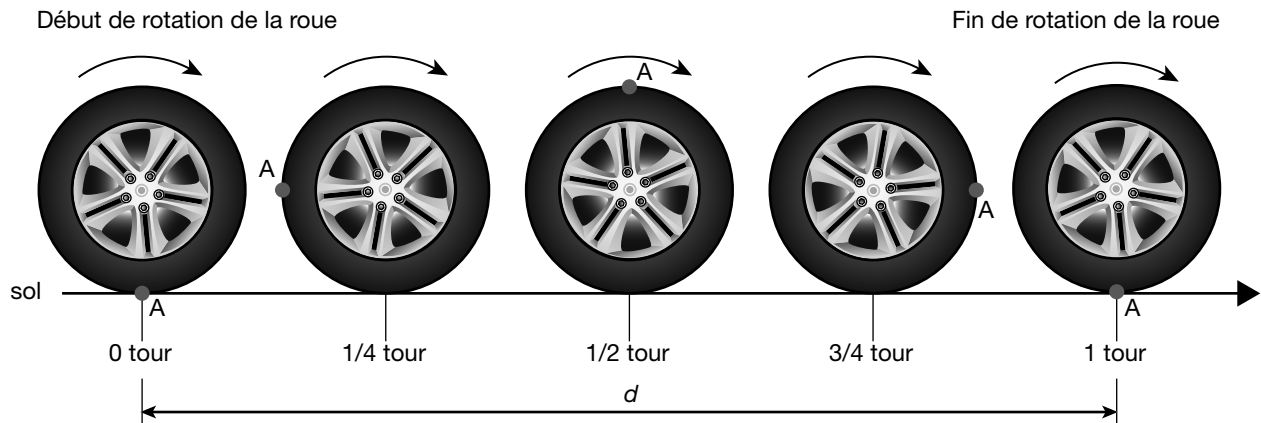
La **période** T , en seconde, correspond à la durée mise par un point du solide pour effectuer un tour.

La fréquence de rotation n et la période T d'un solide sont liées par la relation :

$$\boxed{\text{Fréquence de rotation } n \text{ en tr/s}} \longrightarrow n = \frac{1}{T} \longleftarrow \boxed{\text{Période } T \text{ en s}}$$

Vitesse linéaire

La **vitesse linéaire** v d'un point d'un solide en rotation correspond à la distance qu'il parcourt par unité de temps. Elle s'exprime en mètre par seconde (m/s).



En un tour, la distance d parcourue représente le périmètre de la roue de rayon R et est égale à $2\pi \times R$.

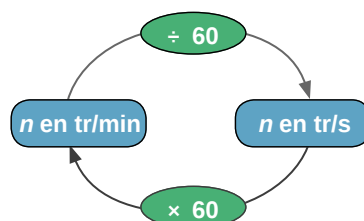
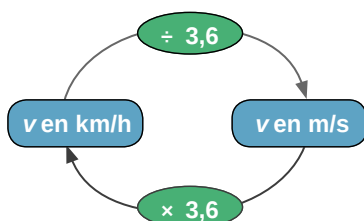
Relation entre vitesse linéaire et fréquence de rotation

Pour un véhicule, on passe de la fréquence de rotation d'une roue n_{roue} , en tr/s, à la vitesse linéaire v , en m/s, du véhicule en appliquant la relation :

$$\boxed{\text{Vitesse linéaire } v \text{ en m/s}} \longrightarrow v = 2\pi \times R \times n \longleftarrow \boxed{\text{Fréquence de rotation } n \text{ en tr/s}}$$

↑
 $\boxed{\text{Rayon de la roue en m}}$

Conversions utiles



Exercices avec solution

QCM

Pour chaque proposition, cocher la (ou les) bonne(s) réponse(s).

- 1 Le référentiel qui permet d'observer le mouvement de rotation de la valve d'une roue de vélo est :
 - a ☒ l'axe du moyeu de la roue
 - b ☐ la valve
 - c ☐ le sol
- 2 Un automobiliste a parcouru 400 km en 4 h. Sa vitesse moyenne est de :
 - a ☒ 100 km/h
 - b ☐ 100 m/s
 - c ☐ 100 tr/min
- 3 Sur le tableau de bord d'une voiture, le tachymètre correspond :
 - a ☐ au compteur de vitesse
 - b ☐ à la jauge de carburant
 - c ☒ au compte-tours
- 4 Un tachymètre mesure :
 - a ☐ la distance parcourue
 - b ☐ la vitesse linéaire
 - c ☒ la fréquence de rotation
- 5 Un compteur de vélo indique :
 - a ☒ la distance parcourue
 - b ☒ la vitesse linéaire
 - c ☐ la fréquence de rotation de la roue
- 6 La fréquence de rotation et la période sont liées par la relation :
 - a ☒ $T = \frac{1}{n}$
 - b ☒ $n = \frac{1}{T}$
 - c ☐ $v = \frac{1}{n}$
- 7 Une nacelle située à 25 m de l'axe d'une grande roue parcourt pendant 1 tour :
 - a ☐ 79 m
 - b ☒ 157 m
 - c ☐ 50 m
- 8 Le compte-tours d'une voiture indique une fréquence de rotation du moteur de 2 400 tr/min. Cette fréquence exprimée en tr/s est :
 - a ☐ 144 000 tr/s
 - b ☐ 667 tr/s
 - c ☒ 40 tr/s
- 9 La relation entre la vitesse linéaire et la fréquence de rotation est :
 - a ☐ $n = 2\pi Rv$
 - b ☒ $v = 2\pi Rn$
 - c ☐ $v = \frac{2\pi R}{n}$
- 10 Un cyclomètre fixé sur le cadre d'un vélo affiche une vitesse linéaire de 20 km/h. Cette vitesse exprimée en m/s correspond à :
 - a ☐ 72 m/s
 - b ☐ 20 m/s
 - c ☒ 5,6 m/s

Exercices d'application

Exercice 1

La lame d'une tondeuse rotative a un diamètre de 530 mm. Elle tourne à une fréquence de rotation de 3 000 tr/min.

- 1 Calculer la fréquence de rotation n de la lame en tr/s.

$$n = \frac{3000}{60} = 50 \text{ tr/s.}$$

- 2 Calculer la vitesse linéaire v , en m/s, d'un point de la périphérie de la lame. Arrondir à l'unité.

$$v = 2\pi \times \frac{0,530}{2} \times 50 \approx 83 \text{ m/s.}$$

Exercice 2

Un bateau est propulsé par un moteur muni d'une hélice de 15 cm de rayon. La fréquence de rotation de l'hélice est $n = 4 200$ tr/min.

- 1 Exprimer la fréquence de rotation n de l'hélice en tr/s.

$$n = \frac{4200}{60} = 70 \text{ tr/s.}$$

- 2 Calculer, en m/s, la vitesse linéaire v d'un point situé à l'extrémité d'une pale de l'hélice. Arrondir le résultat à l'unité.

$$v = 2\pi \times 0,15 \times 70 \approx 66 \text{ m/s.}$$

Exercice 3

La roue d'un train a un diamètre de 1,09 m.



- 1 Calculer en mètre le périmètre P d'une roue. Arrondir le résultat au mm.

$$P = \pi \times D = \pi \times 1,09 = 3,424 \text{ m.}$$

- 2 La vitesse v du train est de 302,4 km/h. Convertir cette vitesse en m/s.

$$v = \frac{302,4}{3,6} = 84 \text{ m/s.}$$

- 3 Calculer, en tours par seconde, la fréquence de rotation n_{roue} de la roue. Arrondir à l'unité.

$$n_{\text{roue}} = \frac{v}{\pi \times D} = \frac{84}{3,424} = 24,5 \approx 25 \text{ tr/s.}$$