

La mesure de vitesse

Vandestruck Philippe, Lucchetti Frederico, Lecomte Lucas

Pour introduire le sujet de manière claire et précise, il nous faut commencer par une idée intuitive de la vitesse puis par une définition formelle du concept.

Intuitivement nous avons une notion de la vitesse comme étant la distance parcourue par un mobile pendant un intervalle de temps. Elle décrit comment la position varie dans le temps.

La vitesse moyenne se définit de la façon suivante :

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

où le symbole Δ signifie une variation d'une quantité ici la position et le temps.

On en déduit facilement à la définition de la vitesse instantanée d'un mobile par un passage à la limite:

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)$$

Cette définition permet de tenir compte que la vitesse peut varier au cours du temps.

Lorsqu'on roule en voiture, à vélo, ..., la vitesse s'affiche sur un cadran. Celle-ci est déterminée au départ de la vitesse de rotation de la roue. Les deux vitesses sont reliées par la relation:

$$V = \omega R$$

où ω est la vitesse angulaire et R est le rayon par rapport à l'axe de rotation. On remarque dans cette relation que la vitesse de la roue est liée au rayon.

La période de rotation est donnée par

$$T = \frac{2\pi R}{\omega}$$

Sur base de ces quelques concepts, nous illustrons quelques méthodes de mesure de vitesse.

Mesure de vitesse par induction électromagnétique

Cette expérience va nous permettre d'expliquer le fonctionnement d'un compteur de vitesse (par exemple ceux qu'on utilise sur un vélo). Le principe qu'on utilise ici est celui d'induction électromagnétique. Lorsque l'on fait varier l'intensité d'un champ magnétique à proximité d'un circuit fermé, on observe un courant induit dans le circuit. Par variation du champ magnétique on veut dire que le champ magnétique doit varier au cours du temps en intensité. Et donc au plus vite on approche ou éloigne l'aimant au plus l'intensité (courant électrique) dans le fil est importante. La tension électro-motrice, U_e , qui donne lieu à ce courant est donnée par la loi d'induction de Lenz-Faraday:

$$U_e = -d\Phi/dt$$

où Φ est le flux du champ magnétique.

Lorsqu'un aimant fixé sur une roue en rotation passe au voisinage d'une bobine de fil conducteur la variation du flux magnétique dans la bobine produit un courant dans le fil. Nous mesurons la brutale

variation d'intensité qui s'observe sur un ordinateur. A chaque passage de l'aimant il y aura un saut d'intensité ce qui nous permettra d'obtenir une mesure de la fréquence de passage de l'aimant.

Mesure optique de la vitesse

Un faisceau laser est envoyé sur un miroir fixé sur la roue. A chaque passage, un capteur convertit le signal lumineux en signal électrique. On récupère celui-ci sur un ordinateur. La fréquence de passage est calculée et on en déduit la vitesse.

Mesure de vitesse par courant de Foucault

L'expérience permet de montrer comment on procédait pour déterminer la vitesse avant la mise au point de systèmes électroniques. L'expérience consiste à faire tourner un aimant de forte intensité sur son axe. A quelques centimètres de celui-ci, on place un disque en aluminium qui est relié au un fil de torsion par son axe de rotation. Selon la loi de Faraday, un courant induit est généré dans le métal, qui s'oppose à la variation du flux magnétique. Il s'agit de courant local dans le métal et qui porte le nom de courant de Foucault. Dès-lors que des électrons sont en mouvement, une force de Lorentz apparaît. Le courant de Foucault n'étant pas concentrique à l'axe de rotation du disque d'aluminium, un moment de force apparaît qui va faire induire une rotation au disque. Cette rotation va tordre le fil de torsion. Lorsque les moments de forces du disque et du fil se compensent, on arrive à une situation d'équilibre. L'angle de torsion est proportionnel à la vitesse instantanée. Le moment de force est en effet directement lié à la vitesse de rotation de l'aimant.