Année Scolaire
2024-2025

Cours
Physique 1

I1

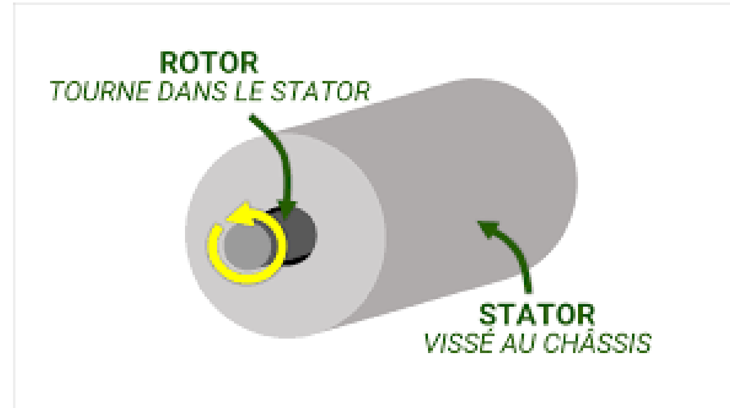
UniLaSalle Amiens
École d'ingénieurs Énergie & Numérique

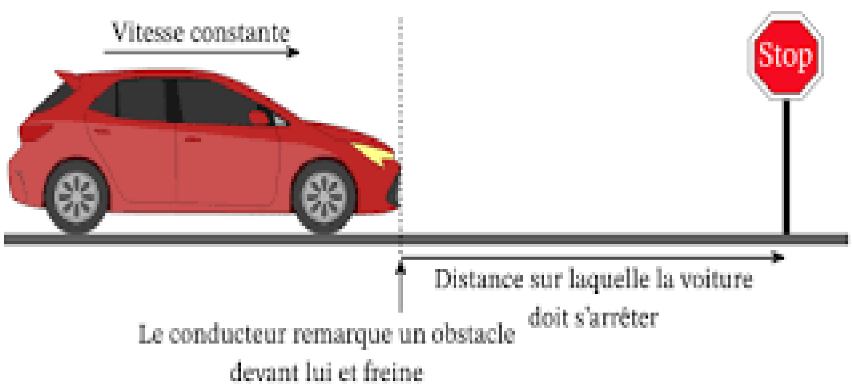
M. NESSER

Définition de la Physique:

La physique est la branche de la science consacrée à l'étude des lois fondamentales qui régissent la nature, cherchant à comprendre, modéliser et expliquer tout phénomène physique qui se produit dans l'univers.


La chute
des corps


ROTOR
TOURNE DANS LE STATOR
STATOR
VISSÉ AU CHÂSSIS


Vitesse constante
Stop
Distance sur laquelle la voiture doit s'arrêter
Le conducteur remarque un obstacle devant lui et freine

Contenu:

Grandeurs – Unités

Mesures et incertitudes

Espace et temps – Référentiels- Repères

Vitesse - Accélération - Mouvements

Changement de Referentiels

Systèmes en équilibre

Chapitre 1 :
Grandeurs Physiques mesurables

1) Grandeurs Physiques Mesurables

On appelle grandeur physique toute propriété de la nature qui peut être quantifiée par la mesure ou le calcul et dont les différentes valeurs possibles s'expriment à l'aide d'un nombre généralement accompagné d'une unité de mesure.

Exemple : la masse, la longueur, le temps, la température, la densité…

Il existe deux types de grandeurs physiques : les grandeurs fondamentales ou de base et les grandeurs dérivées :

Grandeurs fondamentales	**Dérivées de grandeurs fondamentales**
Longueur (m)	Surface (m^2)
Temps (s)	Volume (m^3)
Masse (kg)	Vitesse ($m \cdot s^{-1}$)
Température (K)	
Intensité du Courant électrique (A)	

Pourquoi le mètre vaut cette longueur fixe ??

Informations générales :

CGPM: Conférence générale des poids et mesures est l'organe décisionnel de la Convention du Mètre, chargé de prendre les décisions en matière de métrologie et en particulier en ce qui concerne le Système international d'unités (SI).

Vidéo : Le mètre étalon - Vidéo Maths | Lumni

En1789 s'affirme le désir d'unifier les mesures. Le mètre est adopté et sa définition affinée comme étant la dix-millionième partie de la méridienne passant par Paris et reliant le pôle Nord à l'Équateur.

Définition CGPM (1993) : Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/c de seconde avec c la vitesse de la lumière dans le vide qui vaut 299 792 458 m/s .

2) Unités dans le Système International (SI)

Le Système International d'Unités a pour objet l'uniformité et donc la meilleure compréhension mutuelle dans l'usage général des grandeurs.

Unités de Bases	
Grandeur	**Unité**
Longueur	mètre [m]
Masse	kilogramme [kg]
Temps	seconde [s]
Courant électrique	Ampère [A]
Température thermodynamique	Kelvin [K]
Quantité de matière	mol [mol]
Intensité lumineuse	candela [cd]

Les unités de bases.

Ces unités sont considérées comme indépendantes au point de vue dimensionnel.

Unités dérivées	
Grandeur	Unité
Surface	Mètre carré [m^2]
Masse volumique	Kilogramme par mètre cube [$kg \cdot m^{-3}$]
Accélération	Mètre par seconde carré [$m \cdot s^{-2}$]
Champ magnétique	Ampère par mètre [$A \cdot m^{-1}$]

Exemples d'unités SI exprimées à partir d'unités de base.

3) Analyse Dimensionnels :

Équation aux dimensions : L'équation aux dimensions est définie comme étant l'équation mathématique dans laquelle les grandeurs sont substituées par leur dimension respective.

Les dimensions sont alors mises entre crochet pour signifier qu'il s'agit d'une équation aux dimensions.

Ex: $v = \frac{dl}{dt}$ où *dl* et *dt* réfèrent à des éléments de longueur et de temps respectivement.

L'équation aux dimensions correspondante est : $[v] = \frac{[L]}{[T]}$ ➔ $[v] = \frac{m}{s}$

4) Notation d'une grandeur physique:

Une grandeur physique s'écrit sous la forme :

$$X = \{X\} \cdot [X]$$

Où *X* représente la grandeur physique

[X] représente l'unité — exemple : *m = 50 kg*

{X} la valeur numérique de la grandeur

la valeur numérique dépend de l'unité choisie d'où l'importance de préciser l'unité.

Par exemple : 1 kg = 1000 g = 2,20 lb

5) Instruments de mesure

Les instruments de mesure sont des outils essentiels en physique permettant d'acquérir des données précises sur diverses grandeurs physiques. (ex: voltmètre, balance,…)

Ils consistent à convertir une grandeur physique en une lecture ou une valeur numérique que nous pouvons utiliser dans nos calculs et analyses.

Principes de fonctionnement :

Les instruments de mesure fonctionnent selon divers principes physiques.

Exemple : un thermomètre mesure la température en se basant sur l'expansion d'un fluide (Mercure). Un voltmètre mesure la différence de potentiel électrique en utilisant le principe de la force électromotrice.

Calibration :

La calibration est généralement effectuée en utilisant des étalons de référence dont les valeurs sont bien connues. Elle consiste à ajuster l'instrument pour qu'il donne des mesures précises.

Précision et résolution :

La précision réfère à la capacité de l'instrument à donner des mesures proches de la vraie valeur, tandis que la résolution indique la plus petite différence entre deux valeurs que l'instrument peut détecter.

Sources d'erreur :

Tous les instruments de mesure peuvent introduire des erreurs dans les mesures dues à des dérives, des imperfections de conception, des erreurs de lecture, ou d'autres facteurs.

Étalonnage :

L'étalonnage est le processus par lequel un instrument de mesure est ajusté ou comparé à une référence standard (étalon) afin de garantir sa précision.

6) Mesure direct et indirect:

Une mesure est **direct** lorsque le résultat de la mesure est obtenu par comparaison a un étalon de même nature que la grandeur mesurée (par exemple une longueur en mètre).

Une mesure est **indirect** quand une grandeur Y est liée à des grandeurs X_1, X_2, ..., X_k par une relation du type : $Y = f(X_1, X_2, ..., X_k)$.

Par exemple, une surface S rectangulaire se calcule à partir de la mesure de la longueur L et de la largeur l et en appliquant la relation

$S = L \times l$.

7) Précision des mesures :

Les sciences physiques se caractérisent principalement par leur nature expérimentale. Cette exigence implique que les physiciens doivent mesurer avec précision les grandeurs physiques qu'ils étudient. En conséquence, toute valeur attribuée à une grandeur physique mesurée est sujette à des erreurs et incertitude.

- **Origines des incertitudes :**

Méthode de mesure : La manière dont une mesure est effectuée peut introduire de l'incertitude comme des erreurs de manipulation ou des approximations dans la méthode utilisée.

Conditions environnementales : telles que la température, la pression atmosphérique et l'humidité peuvent affecter les mesures.

Erreurs humaines : Les erreurs humaines, telles que des erreurs de lecture de la valeur mesurée (exemple d'un thermomètre gradué).

- Incertitude :

On appelle **incertitude absolue**, le plus grand écart qui existe entre la valeur mesurée et la valeur la plus probable que l'on considère comme vrai valeur (qui peut être celle d'une référence standard).

Celle-ci a la même unité que la grandeur mesurée. Elle sera déterminée à l'aide des indications fournies par le fournisseur d'un appareil de mesure. elle est notée Δx.

La grandeur physique mesurée X est présenté sous la forme :

X = x ± Δx (unité), Où ***Δx*** est **l'incertitude absolue**.

Exemple : une longueur de 4,2 cm ± 0,1 cm.

L'incertitude relative est égale au pourcentage du rapport entre l'incertitude absolue et la mesurande : **U (en %) =** $\boldsymbol{\frac{\Delta x}{x} \times 100.}$

Exemple: pour une longueur l = 4,2 cm ± 0,1 cm
L'incertitude absolue est Δl = 0,1 cm   L'incertitude relative est 2,4%

Calcul des incertitudes selon le type de mesure

Type de mesure	Incertitude associée
Lecture simple sur une règle graduée ($a = d/2$)	$u = d/\sqrt{12}$
Double lecture sur règle graduée	$u = \sqrt{2}\left(d/\sqrt{12}\right)$
Avec un instrument dont la tolérance ou la précision est donnée par le constructeur	$u =$ *X*(t/100) / racine(3)*
Appareil numérique	$u(x) = (x\% + n\,\mathrm{digit})/\sqrt{3}$

- Chiffres Significatifs:

Le niveau de précision des calculs dépend de la précision des données. Le nombre de Chiffre significatifs indique la précision d'une mesure physique,

Dans une valeur numérique, On appelle chiffres significatifs (CS) tous les chiffres sauf les « 0 » placés à gauche du premier chiffre diffèrent de « 0 »

Ex : 27,048 → 5 CS

0,054 → 2 CS

0,05200→ 4 CS

Opérations mathématiques des résultats avec précisions:

+ ou - : Le résultat final d'une addition ou d'une soustraction de valeurs numériques est donné avec le nombre de "chiffres décimaux« (CD) le plus faible parmi les termes de l'opération.

Exemple: $5,\underbrace{101}_{(3CD)} + 14,\underbrace{28}_{(2CD)} = 19,\underbrace{38}_{(2CD)}$

× ou ÷ : Le résultat final d'une multiplication ou division de valeurs numériques est donné avec le nombre de "chiffres significatifs« (CS) le plus faible parmi les termes de l'opération.

Exemple: $\underbrace{0{,}42}_{(2\ \text{CS})} \times \underbrace{1{,}0239}_{(5\ \text{CS})} = \underbrace{0{,}43}_{(2\ \text{CS})}$

$$\frac{\overbrace{5{,}246}^{(4\ \text{CS})}}{\underbrace{1{,}20}_{(3\ \text{CS})}} = \underbrace{4{,}37}_{(3\ \text{CS})}$$

Chapitre 2 :
Outils Mathématiques

1) Scalaire et Vecteurs:

On a besoin des outils mathématiques pour représenter les grandeurs physiques, soit par des scalaires (réels) (exemple température, masse, puissance,..)

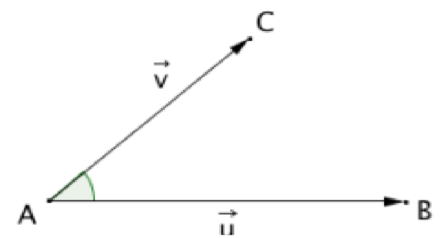
T= 20°C

Soit à l'aide des vecteurs (incluant différentes caractéristiques de la grandeur physique direction sens et module) exemple les vecteurs vitesses, vecteurs forces.

Vecteur vitesse $\vec{\boldsymbol{v}} = 3\overrightarrow{\boldsymbol{e_x}}$ (en m/s)

- Norme d'un vecteur

Définition : Soit un vecteur $\vec{u}$ et deux points A et B tels que $\vec{u} = \overrightarrow{AB}$.
La norme du vecteur $\vec{u}$, notée $\|\vec{u}\|$, est la distance AB.

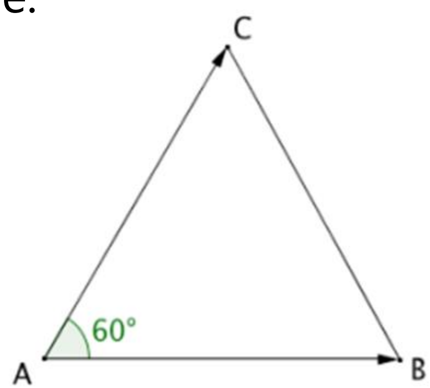


- Produit scalaire

Définition : Soit $\vec{u}$ et $\vec{v}$ deux vecteurs du plan.
On appelle produit scalaire de $\vec{u}$ par $\vec{v}$, noté $\vec{u}.\vec{v}$, le nombre réel définit par :

- $\vec{u}.\vec{v} = \|\vec{u}\| \times \|\vec{v}\| \times \cos(\vec{u} ; \vec{v})$

Exemple:



Soit un triangle équilatéral ABC de côté a.

$$\overrightarrow{AB}.\overrightarrow{AC} = \|\overrightarrow{AB}\| \times \|\overrightarrow{AC}\| \times \cos \widehat{BAC}$$

$$= a \times a \times \cos 60°$$

$$= a^2 \times 0,5$$

$$= \frac{a^2}{2}$$

- Vecteurs Orthogonaux

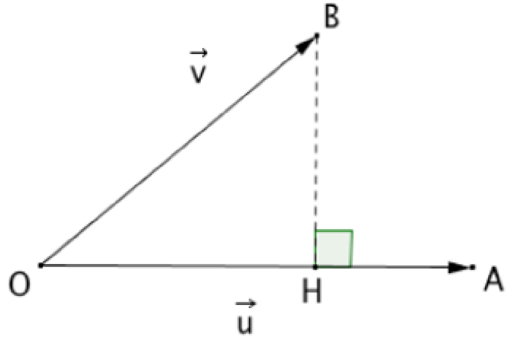
Les vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont orthogonaux si et seulement si $\vec{u}.\vec{v} = 0$.

$$\vec{u}.\vec{v} = 0$$
$$\Leftrightarrow \left\|\vec{u}\right\| \times \left\|\vec{v}\right\| \times \cos\left(\vec{u}\,;\vec{v}\right) = 0$$
$$\Leftrightarrow \cos\left(\vec{u}\,;\vec{v}\right) = 0$$

$\Leftrightarrow$ Les vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont orthogonaux

- Projeté orthogonal

Propriété : Soit $\vec{u}$ et $\vec{v}$ deux vecteurs non nuls du plan tels que $\vec{u} = \overrightarrow{OA}$ et $\vec{v} = \overrightarrow{OB}$.
H est le projeté orthogonal du point B sur la droite (OA).
On a : $\vec{u}.\vec{v} = \overrightarrow{OA}.\overrightarrow{OB} = \overrightarrow{OA}.\overrightarrow{OH} = OA.OH$



Démonstration :

$$\overrightarrow{OA}.\overrightarrow{OB} = \overrightarrow{OA}.\left(\overrightarrow{OH} + \overrightarrow{HB}\right)$$
$$= \overrightarrow{OA}.\overrightarrow{OH} + \overrightarrow{OA}.\overrightarrow{HB}$$
$$= \overrightarrow{OA}.\overrightarrow{OH} = OA.OH.cos(0) = OA.OH$$

$\overrightarrow{OA}$ et $\overrightarrow{HB}$ sont orthogonaux donc $\overrightarrow{OA}.\overrightarrow{HB} = 0$

- Produit scalaire dans une base orthonormée

Le plan est muni d'un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$

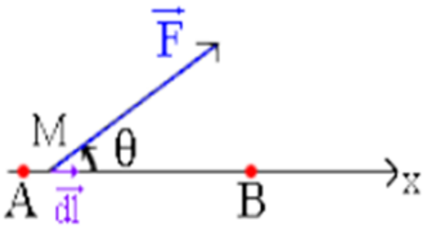
Propriété : Soit $\vec{u}$ et $\vec{v}$ deux vecteurs de coordonnées respectives (x, y, z) et (x, y', z')

On a : $\vec{u}.\vec{v} = xx' + yy' + zz'$

- Module de $\vec{u} = \|\vec{u}\| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

- Exemple d'utilisation du produit scalaire en physique :

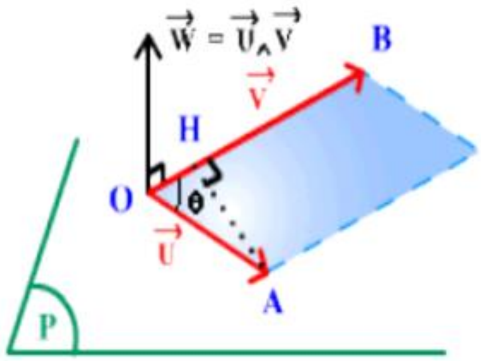
Le travail élémentaire dW d'une force $\vec{F}$ constante dont le point d'application se déplace d'une distance $\overrightarrow{dl}$ est donné par : $dW = \vec{F} \cdot \overrightarrow{dl}$



$$dW = \vec{F} \cdot \overrightarrow{dl} = F \cdot dl \cdot \cos\theta$$

$$W = \int_{AB} dW = F \cdot AB \cdot \cos\theta$$

- Produit vectoriel



Le produit vectoriel de deux vecteurs $\vec{u}$ *et* $\vec{v}$ est le vecteur $\vec{w}$ orthogonal au plan formé par $\vec{u}$ *et* $\vec{v}$.

$$\vec{w} = \vec{u} \wedge \vec{v}$$

$$\vec{w} \begin{cases} direction: \vec{w} \text{ perpendiculaire à } \vec{u} \;\; et\ perpendiculaire\ à\ \vec{v} \\ sens: (\vec{u}, \vec{v}, \vec{w})\ trièdre\ direct \\ Norme : \|\vec{w}\| = \|\vec{u}\| \cdot \|\vec{v}\| \cdot \sin(\vec{u}, \vec{v}) \end{cases}$$

Dans une base orthonormée (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$), $\vec{u} = u_x\,\vec{i} + u_y\,\vec{j} + u_z\,\vec{k}$ et $\vec{v} = v_x\,\vec{i} + v_y\,\vec{j} + v_z\,\vec{k}$

$$\vec{w} = \vec{u} \wedge \vec{v} = \begin{cases} u_y v_z - u_z v_y \\ u_z v_x - u_x v_z \\ u_x v_y - u_y v_x \end{cases}$$

- Exemple d'utilisation du produit vectoriel en physique :

Calcul du moment d'un vecteur $\overrightarrow{AB}$ par rapport à un point O : $\boldsymbol{\vec{m}} = \overrightarrow{OA} \wedge \overrightarrow{AB}$

Ou aussi pour le calcul de la force magnétique : $\vec{F} = q\,\vec{v} \wedge \vec{B}$
(q la charge élémentaire, v sa vitesse et B le champs magnétique)