

Licence 1

Sciences et Technologie

Mention : *Sciences pour l'Ingénieur*

ECO 113

MECANIQUE DU POINT MATERIEL

Session 1 : *OUTILS ET METHODES DE BASE DE LA MECANIQUE*

SESSION N°1 : OUTILS ET MÉTHODES DE BASE DE LA MÉCANIQUE

Notion de point matériel.

Grandeurs scalaires en Mécanique du point matériel.

Grandeurs vectorielles en Mécanique du point (forces, vitesses, accélérations...).

L'analyse dimensionnelle et ses applications.

Notation scientifique des grandeurs.

Démarche générale de résolution d'un problème de Physique.

SESSION N°2 : OPÉRATIONS VECTORIELLES EN MÉCANIQUE DU POINT MATÉRIEL

Conséquences du caractère vectoriel de certaines grandeurs,
opérations sur les vecteurs :

Addition de vecteurs

Produit scalaire de deux vecteurs

Produit vectoriel de deux vecteurs.

Application à la notion de moment d'une force par rapport à un
point.

SESSION N°3 : CINÉMATIQUE ET VITESSES

Notion de mouvement

Equations paramétriques de mouvement

Equation de trajectoire

Loi horaire

Vecteur-position d'un point mobile

Vitesse moyenne

Vitesse instantanée

Vecteur-vitesse d'un point mobile

Vecteur-vitesse de rotation

Composition de mouvements (vitesses absolue, relative et d'entraînement).

SESSION N°4 : CINÉMATIQUE ET ACCÉLÉRATIONS

Vecteur-vitesse d'un point mobile

Vecteur-accélération d'un point mobile

Composantes intrinsèques de l'accélération.

SESSION N°5 : BILAN DE FORCES, APPLICATION À LA STATIQUE

Définition d'actions mécaniques

Schématisation et représentation d'actions mécaniques

Principe des actions mutuelles

Bilan d'actions mécaniques extérieures

Application au principe fondamental de la Statique

Méthodologie de résolution d'un problème de Statique.

SESSION N° 6 : DYNAMIQUE DU POINT MATÉRIEL

Notion de quantité de mouvement

Principe fondamental de la Dynamique

Notion de moment cinétique

Théorème de la dérivée du moment cinétique

Méthodologie de résolution d'un problème de
Dynamique du point.

SESSION N° 7 : QUE RETENIR EN MÉCANIQUE ?

Revue des notions-clés

Revue des différentes méthodes

Revue des pièges à éviter

Point sur quelques unités à maîtriser.

OBLIGATIONS :

Obligations de l'enseignant :

En début de semestre, fournir aux étudiants une liste de références bibliographiques (au moins cinq).

Prévenir l'Administration et les étudiants en cas d'absence prévisible (réunions, missions hors de Guyane...).

En début de semestre, prévenir les étudiants sur les modalités de contrôle de connaissances...

OBLIGATIONS :

Obligations des étudiants :

Résoudre à l'avance les exercices proposés (« Exos Tests »).

Réaliser les QCM proposés dans les délais.

S'entraîner à traiter également d'autres exercices trouvés dans les ouvrages proposés.

Remarque : au cours du semestre, **chaque étudiant doit consacrer au moins 30 heures de travail personnel non encadré** (travail personnel réalisé par l'étudiant en dehors des cours).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMZALLAG, E., CIPRIANI, J, BEN AIM, J. et PICCIOLI., N. (2007). *La Physique en Fac Mécanique 1^{ère} et 2^{ème} année. Cours et exercices corrigés*. Editions Ediscience (**531 AMZ**).

CLERC, P. et CLERC, C. (2003). *Mécanique PCSI*. Editions Bréal (**531. CLE**)

DUPONT, B. et TROTIGNON, J.-P. (2003). *Lexique des unités*. Editions Nathan (**530.8 DUP**).

FANCHON, J.-L. (2008). *Guide de Mécanique Sciences et technologies industrielles - Cours exercices corrigés*. Editions Nathan (**531 FAN**).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES, suite

GIBAUD, A. et HENRY, M. (2007). *Physique - Mécanique du point Cours et exercices corrigés*. Editions Dunod (**531 GIB**).

HALLIDAY, D., RESNICK, R. et WALKER J. (2004). *Physique 1. Mécanique - Cours et exercices corrigés*. Editions Dunod (**531 HAL**).

VANDERWEGEN, P. (1999). *Mécanique du point, Cours et exercices corrigés*. Editions Dunod (**531 VAN**).

I. DÉFINITIONS

I.1 La Mécanique

Mécanique (science du mouvement) : discipline de la Physique où l'on étudie les **relations** entre un **système matériel** et son **environnement**, en liaison avec des forces.

I. DÉFINITIONS

I.2 Point matériel

On appelle ainsi tout solide dont les **dimensions** sont **petites** par **rapport à l'échelle** de l'étude.

I. DÉFINITIONS

I.2 Point matériel (exemples)

A l'échelle moléculaire, mouvement d'un électron...

Question : quelle est la vitesse de rotation de l'électron dans l'atome de Bohr ?

Réponse : des centaines de milliers de mètres par seconde.

I. DÉFINITIONS

I.2 Point matériel (exemples)

A l'échelle d'un terrain de foot, un ballon frappé par *Kylian MBAPPE*, *Lionel MESSI*, *Cristiano RONALDO* ou *Wendy RENARD*...

Question : *quelle vitesse peut atteindre un ballon de foot avant d'entrer dans les buts ?*

Réponse : record à environ 45 mètres par seconde.

I. DÉFINITIONS

I.2 Point matériel (exemples)

A l'échelle d'un terrain de foot, la course d'un joueur de foot *Kylian MBAPPE*, est assimilable à celle d'un point matériel...

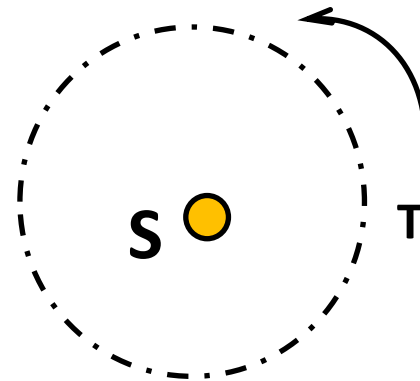
Question : *A quelle vitesse courait Kylian MBAPPE lorsqu'il a été stoppé par un défenseur adverse lors du match France-Argentine de 2018 ?*

Réponse : à fournir avant la fin de la séance.

I. DÉFINITIONS

I.2 Point matériel (exemples)

A l'échelle du système solaire, le mouvement de la Terre est celui d'un point matériel...



Question : *A quelle vitesse tourne la Terre autour du Soleil ?*

Réponse : à fournir .

I. DÉFINITIONS

I.3 Système matériel

Système matériel : tout ensemble de points matériels (tout corps solide, liquide ou gazeux).

- **Système matériel déformable**, si les distances entre les points matériels constituant ce système sont variables (cas des liquides, des gaz et solides doués d'élasticité, ex. ressorts).

- **Système matériel indéformable** si la distance entre deux points matériels quelconques constituant ce système reste invariable (cas des solides en général).

Une fois défini le système matériel, son contour délimite un « extérieur » et un « intérieur ».

I. DÉFINITIONS

Différents domaines de la Mécanique

La Statique est l'étude de l'équilibre (l'état de repos).

Système matériel (ou point matériel) en équilibre → **Toutes les forces extérieures s'équilibrent, se neutralisent.**

Forme simple du Principe fondamental de la Statique :

$$\sum \overrightarrow{\text{Forces extérieures}} = \overrightarrow{0}.$$

I. DÉFINITIONS

Différents domaines de la Mécanique

La **Cinématique** est l'étude des mouvements,
sans se soucier des causes (les forces).

En Cinématique, on étudie des **trajectoires**, on
calcule des **vitesse, des accélérations**.

I. DÉFINITIONS

Différents domaines de la Mécanique

La **Dynamique** est également l'étude des mouvements, mais en liant les **causes (forces)** et les **effets (mouvements)**.

Forme la plus simple du principe fondamental de la Dynamique :

$$\sum \overrightarrow{\text{Forces extérieures}} = \text{masse} \times \overrightarrow{\text{accélération}}.$$

II. GRANDEURS SCALAIRES EN MÉCANIQUE DU POINT

Scalars : nombres **positifs**, **négatifs** ou **nuls** utilisés pour définir différentes grandeurs.

Exemples :

Masse de **20** kg ;

Température de **-3°C** ;

Energie de **25** J ;

Temps de **19** s ;

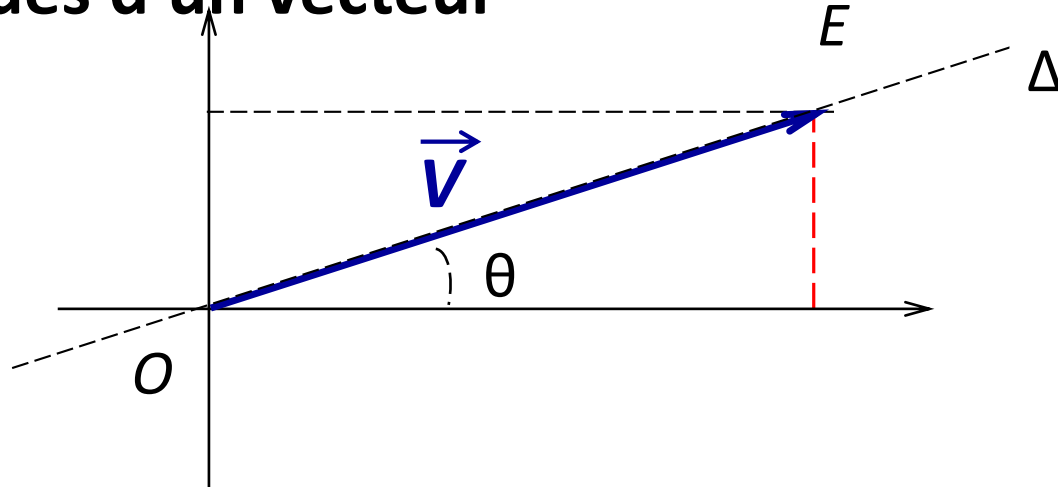
Poids de **28** N ;

Longueur de **18,21** m.

III. GRANDEURS VECTORIELLES EN MÉCANIQUE DU POINT

Forces, vitesses, accélérations : représentées par des vecteurs.

Caractéristiques d'un vecteur



Direction, Sens, Norme (module).

III. GRANDEURS VECTORIELLES EN MÉCANIQUE DU POINT

Direction

Droite d'action ou droite qui porte le vecteur (ici la droite Δ , inclinée d'un angle θ par rapport à l'horizontale).

Sens

Orientation du vecteur, de l'origine O vers l'extrémité E (à éviter, la **confusion entre direction et sens**).

Norme, module

Grandeur toujours positive, proportionnelle à la longueur du vecteur.

IV. DIFFERENCES ENTRE SCALAIRES ET VECTEURS

Scalars : nombres **positifs**, **négatifs** ou **nuls** utilisés pour définir diverses grandeurs (temps, longueur, masse...).

Vectors : définis par une **direction (droite d'action)**, un **sens (orientation)** et une **norme** (ou **module**, qui est un **scalaire positif**).

Dans un système d'axes, un vecteur peut être **décomposé** en composantes scalaires (coordonnées cartésiennes, par exemple V_x et V_y), qui sont des **scalaires positifs** ou négatifs).

Règle n°1 : « *On ne mélange pas des torchons et des serviettes* ».

Addition possible de scalaires entre eux, s'ils sont **de même nature** (exemple : $20 + 30 = 50$, donc une masse de 20 kg et une masse de 30 kg donnent une masse de 50 kg, mais additionner une masse de 20 kg et un temps de 30 s n'a aucun sens !).

Règle n°1 : : « *On ne mélange pas des torchons et des serviettes* ».

Addition possible de vecteurs entre eux, s'ils sont de même nature (**vecteurs-forces avec vecteurs-forces**, **vecteurs-vitesses avec vecteurs-vitesses**, **vecteurs-accélérations avec vecteurs-accélérations**),

MAIS on n'additionne pas **des scalaires avec des vecteurs** et on **n'additionne pas des vecteurs de nature différente**.

Conséquence, la notation suivante est
INCORRECTE :

$$\vec{} \quad F = 30 \, N$$

A la gauche du signe =, on a un vecteur, on doit également avoir un vecteur à sa droite.

Corrections possibles de cette notation :

$$F = 30 \, N$$

ou

$$\vec{F} = 30 \, \vec{i} \quad (\text{en } N)$$

Conséquence, la notation suivante est **INCORRECTE** :

$$\begin{array}{c} \rightarrow \quad \rightarrow \\ V_1 + V_2 = 0 \end{array}$$

On a **deux vecteurs à gauche du signe =**, mais **un scalaire à droite**.

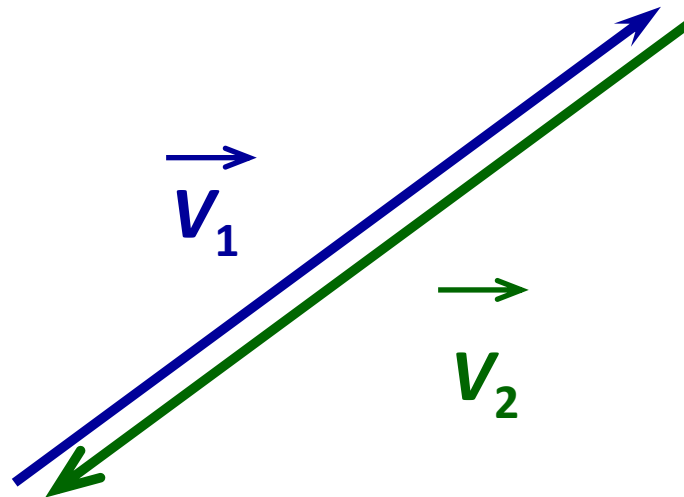
Correction possible de cette notation :

$$\begin{array}{c} \rightarrow \quad \rightarrow \quad \rightarrow \\ V_1 + V_2 = 0 \end{array}$$

Par contre, la notation suivante est **CORRECTE** :

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 = \vec{0} \quad \longrightarrow \quad V_1 = V_2$$

En effet, on voit que ces deux vecteurs ont la même longueur ou la même norme désignée par V_1 et V_2).

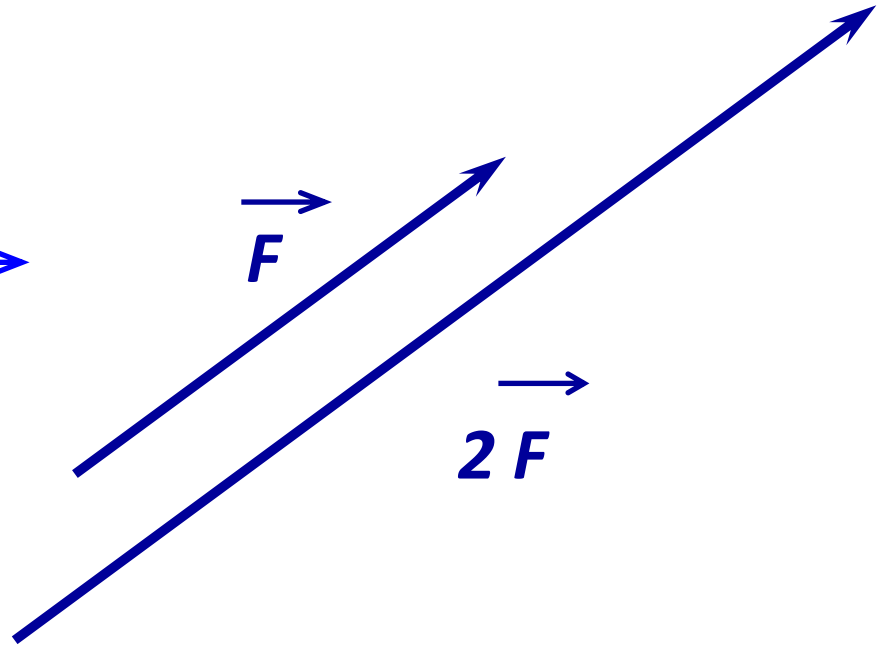


Règle n°2 :

Multiplication possible d'un scalaire par un vecteur.

Exemple :

$$2. \vec{F} = 2 \times \vec{F} = \vec{F} + \vec{F}$$



V . L' ANALYSE DIMENSIONNELLE ET SES APPLICATIONS

V.1 Unités essentielles du système international

	Unités	Dimensions
Distance	m	L
Masse	kg	M
Temps	s	T

L : longueur - M : masse - T : temps

V . ANALYSE DIMENSIONNELLE ET APPLICATIONS

V.2 Autres unités du système international

	Unités	Dimensions
Vitesse	m/s	$L.T^{-1}$
Surface	m^2	L^2
Accélération	m/s^2	$L.T^{-2}$
Volume	m^3	L^3
Masse volumique	kg/m^3	$M.L^{-3}$
Force	N	$M.L.T^{-2}$
Energie	J	$M.L^2.T^{-2}$

V . ANALYSE DIMENSIONNELLE ET APPLICATIONS

V.3 Avantages de l'analyse dimensionnelle

Retrouver la bonne formule (éliminer la mauvaise).

Ex. n°1 : *Rotation de la Terre autour du Soleil en une année, mouvement considéré comme circulaire (rayon du cercle, distance Terre-Soleil r).*

Calcul de la distance L parcourue par la Terre (circonférence du cercle). Entre les deux formules, laquelle utiliser ???

$$L = 2 \pi R$$

$$\text{ou} \quad L = \pi R^2$$

V . ANALYSE DIMENSIONNELLE ET APPLICATIONS

V.3 Avantages de l'analyse dimensionnelle

Retrouver la bonne formule (éliminer la mauvaise).

Ex. n°2 : *Je sais que l'unité de vitesse est le mètre par seconde. Je veux calculer la vitesse de rotation de la Terre autour du Soleil. Soit d la distance et t le temps.*

Calcul de la vitesse de rotation de la terre autour du Soleil. Entre les deux formules, laquelle utiliser ???

$$v = d/t \quad \text{ou} \quad v = d \cdot t$$

VI. UTILISATION DES PUISSANCES DE 10

Conseil : exprimer toute grandeur (ou tout résultat de Physique), sous la forme :

$$A = B \times 10^m$$

B : nombre compris entre 1 (inclus) et 10

m : nombre entier relatif.

Exemples : 1763 s'écrit : $1,763 \times 10^3$

852 s'écrit : $8,52 \times 10^2$

Tableau 3 : Multiples et sous-multiples des unités

MULTIPLES DE L'UNITE			SOUS-MULTIPLES DE L'UNITE		
PRÉFIXE	SYMBOLE	VALEUR	PRÉFIXE	SYMBOLE	VALEUR
déca	da	10	déci	d	10 ⁻¹
hecto	h	10 ²	centi	c	10 ⁻²
kilo	k	10 ³	milli	m	10 ⁻³
méga	M	10 ⁶	micro	μ	10 ⁻⁶
giga	G	10 ⁹	nano	n	10 ⁻⁹
téra	T	10 ¹²	pico	p	10 ⁻¹²

VII . DEMARCHE DE RESOLUTION D'UN PROBLEME DE PHYSIQUE

- 1°) **Poser le problème** en identifiant les inconnues recherchées.
- 2°) **Reformuler les données** (en écrivant, par exemple, certaines données dans les bonnes unités) et les hypothèses.
- 3°) Chercher les **relations** qui existent entre les grandeurs indiquées et les inconnues.
- 4°) Etablir **l'expression littérale** des inconnues recherchées.
- 5°) Faire **l'application numérique**, en utilisant la notation scientifique conseillée au paragraphe précédent (simplification des puissances de 10).

VII . DEMARCHE DE RESOLUTION D'UN PROBLEME DE PHYSIQUE

Exercice d'application :

Le 12 novembre 2014, la sonde *ROSETTA*, située au voisinage de la comète *Churyumov-Gerasimenko* (à 510 millions de kilomètres de la Terre) a émis un signal lumineux à destination de la Terre (à la vitesse constante de 300 000 km/s). Calculer le temps t mis par le signal pour nous parvenir.

VII . DEMARCHE DE RESOLUTION D'UN PROBLEME DE PHYSIQUE

Résolution

1°) **Problème** : on veut calculer le temps t (inconnue recherchée).

Ce temps sera exprimé de préférence en secondes (unité légale).

2°) **Reformulation des données** (dans les bonnes unités et en notation scientifique) :

$$\text{Distance } d = 5,1 \times 10^8 \text{ km}$$

$$\text{Vitesse } v = 3 \times 10^5 \text{ km/s.}$$

VII . DEMARCHE DE RESOLUTION D'UN PROBLEME DE PHYSIQUE

Résolution

3°) **Relation** entre **grandeurs indiquées** et **l'inconnue du problème** :

La relation entre la distance d , la vitesse v (constante d'après l'énoncé) et le temps t est :

$$d = v \times t.$$

VII . DEMARCHE DE RESOLUTION D'UN PROBLEME DE PHYSIQUE

Résolution

4°) **Expression littérale** de l'inconnue :

De la relation précédente, on déduit l'expression de l'inconnue t :

$$t = d/v.$$

VII . DEMARCHE DE RESOLUTION D'UN PROBLEME DE PHYSIQUE

Résolution

5°) Application numérique :

$$t = d/v = t = (5,1 \times 10^8 \text{ km}) / (3 \times 10^5 \text{ km.s}^{-1}).$$

Passage du s^{-1} au numérateur (devient s) et on élimine les km : .

On simplifie les puissances de 10.

Alors, on trouve : **$t = 1,7 \times 10^3 \text{ s} = 1700 \text{ s}$** .

En minutes et secondes, $t = 28 \text{ minutes et } 20 \text{ secondes}$.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !

- *Thank you for your attention !*
- *Obrigado !*
- *Danke schoen !*
- *Grazie mille !*
- *Gremési !*
- *Arigato !*
- *Xie Xie !*