



Université Djilali Bounaama-Khemis Miliana
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la matière

Cours Physique 1 : Mécanique
Niveau : 1ère année ST
Année Universitaire 2021/2022

Réalisé par : Dr. M. EL BAA

Annexe : Programme des enseignements du socle commun de Licence
Domaine " Sciences et Technologies "

Semestre 1

Unités d'enseignements	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			VHS (15 semaines)	Autre *	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1 Crédits : 18 Coefficients : 9	Mathématiques 1	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	x	x
	Physique 1	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	x	x
	Structure de la matière	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	x	x
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Informatique 1	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	x	x
	TP physique 1	2	1			1h30	22h30	27h30	x	
	TP Chimie 1	2	1			1h30	22h30	27h30	x	
	Méthodologie de la rédaction	1	1	1h00			15h00	10h00		x
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Les métiers en sciences et technologies 1	1	1	1h30			22h30	2h30		x
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Langue étrangère 1 (français et/ou anglais)	2	2	3h00			45h00	5h00		x
Total semestre 1		30	17	16h00	4h30	4h30	375h00	375h00		

* Travail complémentaire en consultation (15 semaines)

* Travail complémentaire en consultation (15 semaines)

PROGRAMME "Physique1 »

Chapitre 0. Rappels mathématiques :

- Les équations aux dimensions.
- Calcul vectoriel

Chapitre I. Cinématique :

- 1- Vecteur position dans les systèmes de coordonnées (cartésiennes, cylindrique...)- loi de mouvement - Trajectoire.
- 2- Vitesse et accélération dans les systèmes de coordonnées.
- 3- Applications : Mouvement du point matériel dans les différents systèmes de coordonnées
- 4- Mouvement relatif.

Chapitre II. Dynamique :

- 1- Généralité : Masse - Force - Moment de force –Référentiel Absolu et Gallilien
- 2- Les lois de Newton
- 3- Principe de la conservation de la quantité de mouvement.
- 4- Equation différentielle du mouvement 5- Moment cinétique
- 6- Applications de la loi fondamentale pour des forces (constante, dépendant du temps, dépendant de la vitesse, force centrale, etc).

Chapitre III. Travail et énergie :

- 1- Travail d'une force 2- Energie Cinétique
- 3- Energie potentiel – Exemples d'énergie potentielle (pesanteur, gravitationnelle, élastique)
- 4- Forces conservatives et non conservatives - Théorème de l'énergie totale

Chapitre 0: Rappels Mathématiques

1.1. Généralité sur les grandeurs Physique (المقادير الفيزيائية)

- Une grandeur physique $[A]$ est une quantité qui peut se mesurer et qui rapporte une propriété physique.
- La grandeur physique est dite mesurable s'il est possible de lui associer une valeur numérique « a ».
- Cette valeur « a » le rapport de la grandeur $[A]$ à une grandeur de même espèce choisie comme unité $\{A\}$:

$$\text{valeur mesurée} \rightarrow a = \frac{[A] \longrightarrow \text{Grandeur Physique}}{\{A\} \longrightarrow \text{Unité}}$$

$$\Rightarrow [A] = a \{A\}$$

Exemple : **La vitesse $V = 10 \text{ m/s}$**



➤ Il existe deux types de grandeurs Physique mesurables

▪ Grandeurs Scalaires :

Longueur, Masse, Temps, Energie

▪ Grandeurs Vectorielles :

Vitesse, Accélération, Champ électrique

Système international d'unité (Appelé Système SI)

- Ce système est composé des unités fondamentales suivantes :

Unité	Grandeur
Mètre (m)	Longueur
Kilogramme (Kg)	Masse
Seconde (S)	Temps
Ampère (A)	Intensité de courant électrique
Kelvin (K)	Température
Candéla (Cd)	Intensité lumineuse
Mole	Quantité de la matière

- Les Quatre premières unités forment le système
MKSA

Grandeurs dérivées (المقادير المشتقة)

➤ Ces grandeurs s'expriment comme une combinaison des grandeurs fondamentales (MKSA).

Exemple :

Surface : $L \times L$, m^2

Vitesse : X/t , $m.s^{-1}$.

Force : $Kg.m.s^{-2}$ = Newton (N).

Energie : $Kg m^2.s^{-2}$ = Joule (J)

1.2. Equation aux dimensions (معادلة الأبعاد)

➤ Déterminer les unités dérivées en fonction des unités fondamentales

$$[A] = M^{\alpha} L^{\beta} T^{\gamma} I^{\lambda} \quad \alpha, \beta, \gamma, \lambda: \text{ nombres réels}$$

➤ Cette équation consiste l'équation aux dimensions d'une grandeur A, avec :

M : Masse, L : Longueur, T : Temps, I : Intensité de courant

Exemples:

❖ Vitesse : $V = \frac{x}{t} \Rightarrow [V] = L.T^{-1} \text{ (m / s)}$

❖ Accélération : $a = \frac{dV}{dt} \Rightarrow [a] = L.T^{-2} \text{ (m / s}^2\text{)}$

❖ Force : $\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow [F] = ML.T^{-2} \text{ (kg.m.s}^{-2}\text{ = Newton)}$

❖ Travail : $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{l} \Rightarrow [W] = [F][dl] = MLT^{-2}L = ML^2T^{-2} \text{ (Kg.m}^2\text{ / s}^2\text{ = Joule)}$

Remarque :

- L'équation aux dimensions est utilisée pour vérifier l'homogénéité des formules physiques.

Exemple :

La période d'oscillation d'un pendule simple de longueur L est-il donné par :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{g}{L}} \dots\dots\dots (I) \quad \text{Ou par} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \dots\dots\dots (II)$$

- $(I) \Rightarrow T = 2\pi g^{1/2} L^{-1/2} \Rightarrow [T] = \left((LT)^{-2} \right)^{1/2} L^{-1/2} = T^{-1} \Rightarrow [T] = T^{-1} \quad \text{Fausse}$
- $(I) \Rightarrow T = 2\pi L^{1/2} g^{-1/2} \Rightarrow [T] = L^{1/2} \left((LT)^{-2} \right)^{-1/2} = T \Rightarrow [T] = T \quad \text{Juste}$

II. Rappel sur les vecteurs

➤ Un vecteur est une entité mathématique définie par plusieurs valeurs numériques.

➤ Ces valeurs décrivent le module et l'orientation du vecteur.

➤ Un vecteur $\overrightarrow{AB}$ est caractérisé par :

- Son origine ou point d'application
- Sa direction.
- Son sens qui est le sens du mouvement d'un mobile ayant du point **A** vers le point **B**.
- Sa norme (son module) qui présente la longueur AB. On le note $\|\overrightarrow{AB}\|$



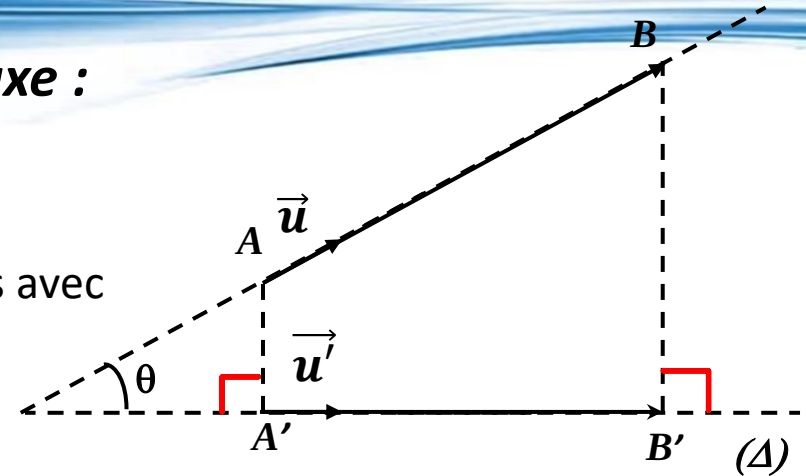
II.1- Projection d'un vecteur sur un axe :

$$\overrightarrow{AB} = \|\overrightarrow{AB}\| \vec{u}$$

➤ $\vec{u}$ et $\vec{u}'$ représentent des vecteurs unitaires avec

$$\|\vec{u}\| = \|\vec{u}'\| = 1$$

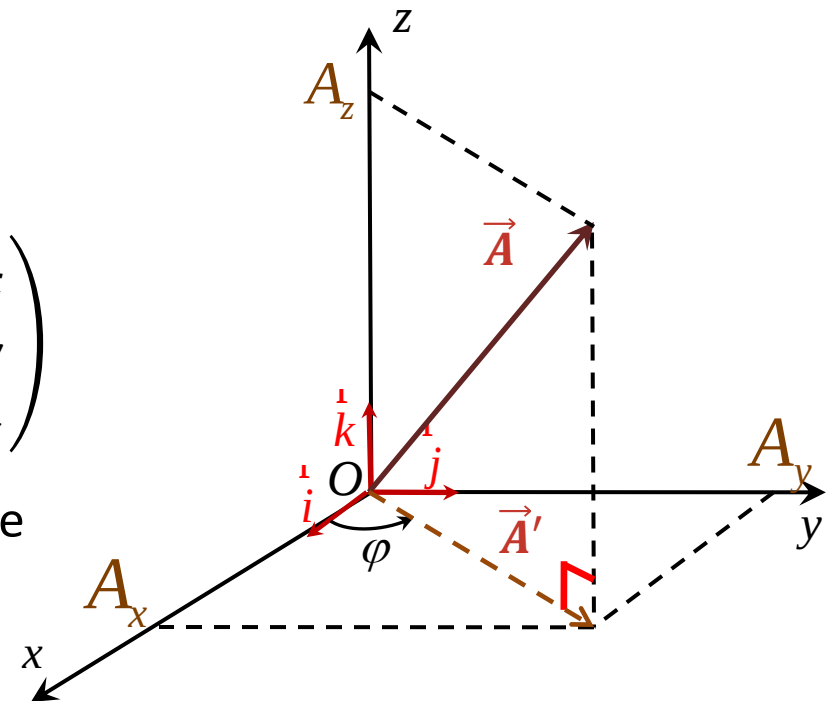
➤ $\|\overrightarrow{A'B'}\| = \|\overrightarrow{AB}\| \cos \theta$



II.2- Les composants d'un vecteur :

$$\vec{A} = A_x \vec{i} + A_y \vec{j} + A_z \vec{k} \quad \text{Ou} \quad \vec{A} \begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix}$$

Tel que $\|\vec{A}\| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$ présente
le module de $\vec{A}$



Opérations sur les vecteurs :

I. Addition

Analytiquement :

$$\text{Si } \vec{A} \begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix} \text{ et } \vec{B} \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} \Rightarrow (\vec{A} \pm \vec{B}) \begin{pmatrix} A_x \pm B_x \\ A_y \pm B_y \\ A_z \pm B_z \end{pmatrix}$$

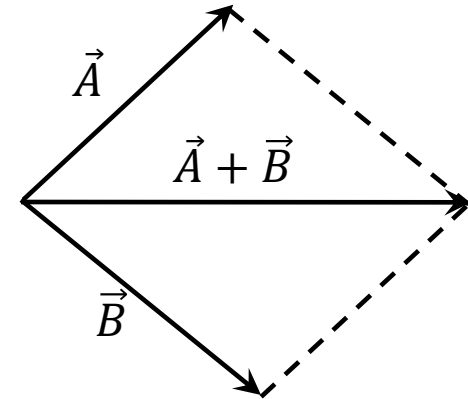
Propriétés :

$$\triangleright \sum_{i=1}^n \vec{A}_i = \sum_{i=1}^n A_{x_i} \vec{i} + \sum_{i=1}^n A_{y_i} \vec{j} + \sum_{i=1}^n A_{z_i} \vec{k}$$

$$\triangleright (\vec{A} + \vec{B}) = (\vec{B} + \vec{A})$$

$$\triangleright (\vec{A} + \vec{B}) + \vec{C} = \vec{A} + (\vec{B} + \vec{C})$$

Géométriquement



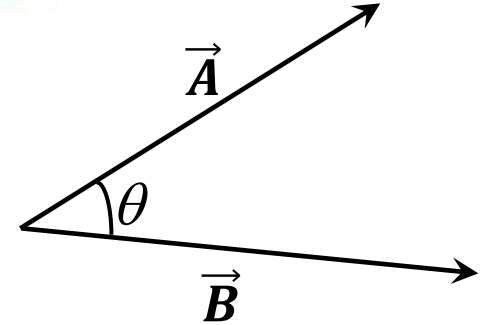
$$\triangleright \|\vec{A} + \vec{B}\| \neq \|\vec{A}\| + \|\vec{B}\|$$

$$\triangleright \vec{A} \begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix} \Rightarrow -\vec{A} \begin{pmatrix} -A_x \\ -A_y \\ -A_z \end{pmatrix}$$

II. Produit de deux vecteurs :

II.1 Produit Scalaire :

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = \|\vec{A}\| \|\vec{B}\| \cos(\widehat{\vec{A}, \vec{B}})$$



□ En coordonnées cartésiennes : $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$

□ L'angle θ entre $\vec{A}$ et $\vec{B}$ est donnée par : $\cos \theta = \frac{A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \cdot \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}}$

□ Propriétés :

1. $\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A}$

4. $\vec{A} \cdot \vec{A} = \|\vec{A}\|^2$

2. $\vec{A} \cdot (\vec{B} + \vec{C}) = \vec{A} \cdot \vec{B} + \vec{A} \cdot \vec{C}$

5. $(\lambda \vec{A}) \cdot \vec{B} = \lambda (\vec{A} \cdot \vec{B}) = \vec{A} \cdot (\lambda \vec{B})$

3. $\vec{A} \cdot (\vec{B} \cdot \vec{C}) = (\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot \vec{C}$

6. $\vec{A} \perp \vec{B} \Rightarrow \vec{A} \cdot \vec{B} = 0$ ($\vec{A}$ et $\vec{B}$ sont orthogonaux)

II.2. Produit Vectoriel :

Le produit vectoriel des vecteurs $\vec{A}$ et $\vec{B}$, noté $\vec{A} \wedge \vec{B}$, est un vecteur $\vec{C}$ avec :

➤ $\vec{C}$ est perpendiculaire au plan formé par les vecteurs $(\vec{A}, \vec{B})$

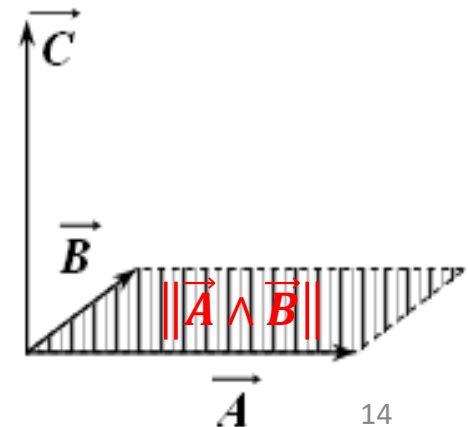
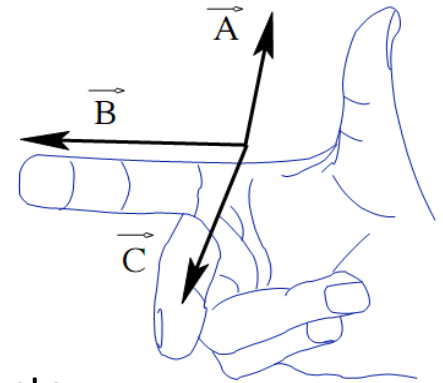
➤ Le sens de $\vec{C}$ est donné par la règle de la main droite .

⇒ $(\vec{A}, \vec{B}, \vec{C})$ forment une trièdre directe (ثلاثية مباشرة)

Exemple : les vecteurs unitaires $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ forme une trièdre directe,

➤ Le module de $\vec{C}$ correspond à l'aire du parallélogramme construit sur $\vec{A}$ et $\vec{B}$

$$\|\vec{C}\| = \|\vec{A} \wedge \vec{B}\| = \|\vec{A}\| \cdot \|\vec{B}\| \cdot |\sin(\widehat{\vec{A}, \vec{B}})|$$

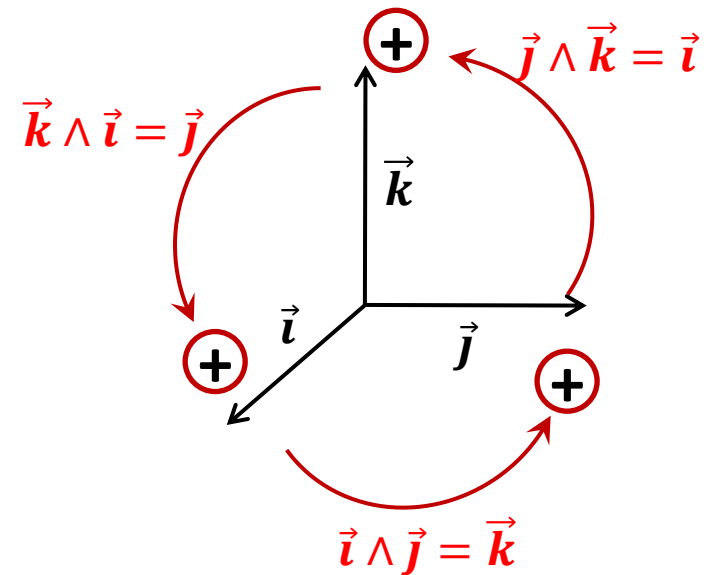


□ Coordonnées cartésiennes de $\vec{C}$:

$$\vec{C} = \vec{A} \wedge \vec{B} = (A_x \vec{i} + A_y \vec{j} + A_z \vec{k}) \wedge (B_x \vec{i} + B_y \vec{j} + B_z \vec{k})$$

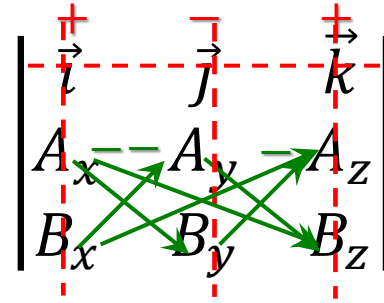
$$\begin{aligned}
 &= A_x B_x \cancel{\vec{i} \wedge \vec{i}}^0 + A_x B_y \overbrace{\vec{i} \wedge \vec{j}}^{\vec{k}} + A_x B_z \overbrace{\vec{i} \wedge \vec{k}}^{\vec{-j}} \\
 &\quad + A_y B_x \overbrace{\vec{j} \wedge \vec{i}}^{\vec{-k}} + A_y B_y \cancel{\vec{j} \wedge \vec{j}}^0 + A_y B_z \overbrace{\vec{j} \wedge \vec{k}}^{\vec{i}} \\
 &\quad + A_z B_x \overbrace{\vec{k} \wedge \vec{i}}^{\vec{j}} + A_z B_y \overbrace{\vec{k} \wedge \vec{j}}^{\vec{-i}} + A_z B_z \cancel{\vec{k} \wedge \vec{k}}^0
 \end{aligned}$$

On a : $\vec{i} \wedge \vec{i} = \vec{j} \wedge \vec{j} = \vec{k} \wedge \vec{k} = \vec{0}$



$$\Rightarrow \vec{A} \wedge \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \vec{i} - (A_x B_z - A_z B_x) \vec{j} - (A_x B_y - A_y B_x) \vec{k}$$

❖ Méthode de déterminant :

$$\vec{A} \wedge \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} = +\vec{i}(A_y B_z - A_z B_y) - \vec{j}(A_x B_z - A_z B_x) + \vec{k}(A_x B_y - A_y B_x)$$


$$\Rightarrow \vec{A} \wedge \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y)\vec{i} - (A_x B_z - A_z B_x)\vec{j} + (A_x B_y - A_y B_x)\vec{k}$$

□ Propriétés :

$$1. \vec{A} \wedge \vec{B} = -(\vec{B} \wedge \vec{A})$$

$$2. \vec{A} // \vec{B} \Rightarrow \vec{A} \wedge \vec{B} = \vec{0}$$

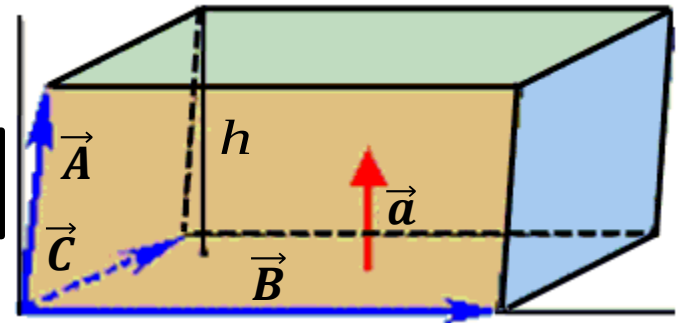
II.3. Double produit vectoriel:

$$\vec{A} \wedge (\vec{B} \wedge \vec{C}) = (\vec{A} \cdot \vec{C})\vec{B} - (\vec{A} \cdot \vec{B})\vec{C}$$

II.4. Produit mixte :

On appelle produit mixte des trois vecteurs $\vec{A}$, $\vec{B}$ et $\vec{C}$ la quantité scalaire m dont la valeur absolue est égale au volume du parallélépipède construit sur les trois vecteurs.

$$m = (\vec{A} \wedge \vec{B}) \cdot \vec{C} = (\vec{B} \wedge \vec{C}) \cdot \vec{A} = (\vec{C} \wedge \vec{A}) \cdot \vec{B}$$



Si les trois vecteurs sont coplanaires, alors $m = 0$.

II.4. Analyse Vectorielle :

□ Opérateur Nabla : $\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}$ Ou $\vec{\nabla} = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} \end{pmatrix}$

□ Gradient d'une fonction scalaire :

Le gradient d'une fonction scalaire $f(x, y, z)$ est un vecteur, noté $\vec{\nabla} f$ ou $\overrightarrow{\text{grad} f}$, dont les composantes dans une base orthonormée sont les dérivées partielles de f par rapport à chaque variable :

$$\vec{\nabla} f = \frac{\partial f}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial f}{\partial z} \vec{k}$$

□ Divergence d'un vecteur :

La divergence d'un vecteur $\vec{A} = A_x \vec{i} + A_y \vec{j} + A_z \vec{k}$ dont les composantes sont fonction de (x, y, z) est un scalaire, noté $\vec{\nabla} \cdot \vec{A}$ ou $\text{div} \vec{A}$, avec :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

□ Rotationnel d'un vecteur :

La rotationnel d'un vecteur $\vec{A} = A_x \vec{i} + A_y \vec{j} + A_z \vec{k}$ dont les composantes sont fonction de (x, y, z) est un vecteur noté $\vec{\nabla} \wedge \vec{A}$ ou $\text{rot} \vec{A}$, avec :

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{A} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ A_x & A_y & A_z \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z} \right) \vec{i} - \left(\frac{\partial A_z}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial z} \right) \vec{j} + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \right) \vec{k}$$

□ Laplacien d'une fonction scalaire :

On appelle Laplacien d'une fonction scalaire $f(x, y, z)$ la divergence de son gradient, on le note $\vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} f)$ ou Δf , avec :

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

□ Propriétés (Exercice) :

Montrer que :

$$1. \overrightarrow{rot}(\overrightarrow{grad} f) = \vec{0}$$

$$2. div(\overrightarrow{rot} \vec{A}) = 0$$