NOTE AUX ETUDIANTS

Ce feuillet n'a pas la prétention de rappeler toutes les notions de physique et de mathématiques acquises au cours de votre cursus scolaire. Il a seulement l'ambition de rappeler quelques notions élémentaires, tant en mathématiques qu'en physique, censées connues, et qui vous seront indispensables pour la compréhension des différents chapitres que vous étudierez au cours de cette année 2022-2023.

Ce feuillet est un résultat. Il a été en effet constaté au cours des années précédentes, que les étudiants intégraient la Faculté de Médecine avec un certain nombre de lacunes. Celles-ci constituent pour beaucoup des handicaps sérieux. Ceux-ci peuvent alors empêcher l'assimilation de manière correcte des enseignements dispensés dans le cadre des modules de physique et de biophysique.

Par ailleurs, quelques outils utiles ont été rajoutés dans le cadre de manipulation d'équations et de conversions en physique : multiples et sous multiples, système d'unités et dimension de grandeurs physiques, conversions utiles, ... Ceux-là doivent être parfaitement connus.

Vous trouverez également une classification des rayonnements électromagnétiques. Ce tableau sera un instrument nécessaire dans le cadre des enseignements du chapitre « physique des rayonnements », dispensés par les enseignants de notre équipe pédagogique.

Pour finir, et dans le cadre d'une évaluation que nous vous proposons, nous vous invitons à répondre aux questions émises page 10.
A ce titre, et dans le cas d'une éventuelle incapacité à répondre totalement et complétement à ces questions, nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants pour évoquer les difficultés que vous avez rencontrées lors de cet exercice d'autoévaluation.

Pr. M. CHEREF
Responsable des Modules de physique et de biophysique

Systèmes d'Unités et Dimension d'une Grandeur

Il existe différents systèmes d'unités. Cet état de fait est conséquent aux habitudes de chaque corps de métier. Il faut bien prendre garde de ne pas mélanger les unités de ces différents systèmes, sous peine d'obtenir des aberrations. Par souci d'unification, il a été adopté un système d'Unités (le système international d'Unités - SI) dénommé MKSA pour rappeler les unités fondamentales qui le définissent.

Grandeurs fondamentales		Système MKSA (ou SI)	
Longueur	L	mètre	m
Masse	M	kilogramme	kg
Temps	T	seconde	s
Intensité	I	ampère	A

Grandeurs mécaniques, électriques et magnétiques		Unité SI	Symbole
Masse volumique	ML^{-3}	kilogramme/mètre^3	kg m^{-3}
Fréquence	T^{-1}	hertz	Hz
Vitesse	LT^{-1}	mètre/seconde	m s^{-1}
Accélération	LT^{-2}	mètre/seconde^2	m s^{-2}
Force	MLT^{-2}	newton	N
Energie	ML^2T^{-2}	joule	J
Puissance	ML^2T^{-3}	watt	W
Pression	$ML^{-1}T^{-2}$	pascal	Pa
Viscosité	$ML^{-1}T^{-1}$	poiseuille	Pl
Charge d'électricité	IT	coulomb	C
Potentiel	$ML^2T^{-3}I^{-1}$	volt	V
Champ électrique	$MLT^{-3}I^{-1}$	volt/mètre	V m^{-1}
Résistance	$ML^2T^{-3}I^{-2}$	ohm	Ω
Capacité	$M^{-1}L^{-2}T^4I^2$	farad	F
Induction magnétique	$MT^{-2}I^{-1}$	tesla	T
Flux magnétique	$ML^2T^{-2}I^{-1}$	weber	Wb

Multiples et sous multiples de l'Unité

1 pico	10^{-12}	[p]
1 nano	10^{-9}	[n]
1 micro	10^{-6}	[▫]
1 milli	10^{-3}	[m]
1 kilo	10^{3}	[k]
1 méga	10^{6}	[M]
1 giga	10^{9}	[G]
1 tera	10^{12}	[T]

Quelques constantes physiques

Masse de l'électron au repos	$m_e = 9{,}1.10^{-31}$ Kg
Masse du neutron au repos	$m_n = 1{,}674.10^{-27}$ Kg
Masse du proton au repos	$m_p = 1{,}672.10^{-27}$ Kg
Charge de l'électron	$e = 1{,}6.10^{-19}$ C
Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 3.10^{8}$ m/s
Nombre d'Avogadro	$N = 6{,}022.10^{23}$
Constante de Planck	$h = 6{,}6.10^{-34}$ J/s
Constante de Boltzmann	$k = 1{,}38.10^{-23}$ J/°K

Conversions utiles

1 Poiseuille = 10 Poises
1 Calorie = 4,1855 Joules
1 Electron Volt = $1{,}6.10^{-19}$ Joules
1 Curie = $3{,}7.10^{10}$ Becquerels
1 Unité de Masse atomique = $1{,}66.10^{-24}$ g = $1{,}66.10^{-27}$ Kg

Quelques expressions surfaciques

Parallélépipède rectangle d'arêtes a, b , et c : S = ab + bc + cd

Cercle de rayon r : $S = \pi . r^2$

Cylindre droit à base circulaire de rayon r, et de hauteur h :

Surface latérale : $S = 2 . \pi . r . h$
Surface totale : $S = 2 . \pi . r . (r + h)$

Quelques expressions volumiques

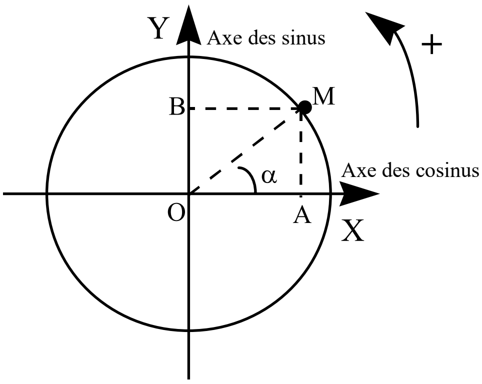
Cube d'arête a : $V = a^3$

Cylindre droit à base circulaire de rayon r, et de hauteur h : $V = \pi r^2 h$

Sphère de rayon r : $V = \frac{4}{3} \pi r^3$

Rappels mathématiques

A - Rappels trigonométriques élémentaires :



OM=R=1

Définitions :

$$\sin(\alpha) = \frac{AM}{OM} \qquad \cos(\alpha) = \frac{OA}{OM} \qquad \tan(\alpha) = \frac{AM}{OA} \qquad \cot an(\alpha) = \frac{OA}{AM}$$

Quelques relations simples :

$$\sin(-\alpha) = -\sin(\alpha) \qquad \cos(-\alpha) = \cos(\alpha) \qquad \tan(-\alpha) = -\tan(\alpha)$$

$$\sin(\pi - \alpha) = \sin(\alpha) \qquad \cos(\pi - \alpha) = -\cos(\alpha) \qquad \tan(\pi - \alpha) = -\tan(\alpha)$$

$$\sin(\pi + \alpha) = -\sin(\alpha) \qquad \cos(\pi + \alpha) = -\cos(\alpha) \qquad \tan(\pi + \alpha) = \tan(\alpha)$$

$$\sin(\frac{\pi}{2} - \alpha) = \cos(\alpha) \qquad \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha) = -\sin(\alpha) \qquad \tan(\frac{\pi}{2} - \alpha) = \cot an(\alpha)$$

$$\sin(\frac{\pi}{2} + \alpha) = \cos(\alpha) \qquad \cos(\frac{\pi}{2} + \alpha) = -\sin(\alpha) \qquad \tan(\frac{\pi}{2} + \alpha) = -\cot an(\alpha)$$

B - Produits scalaires et vectoriels :

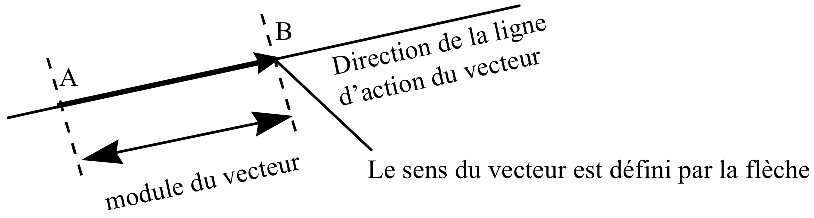


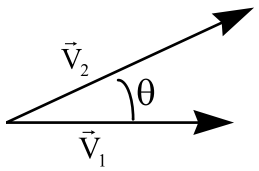
Figure a : Représentation d'un vecteur.

Les grandeurs scalaires sont définies par un nombre, une valeur numérique accompagnée d'une unité. Les grandeurs vectorielles sont définies, par contre, par trois éléments : module (ou norme), direction, et sens (Figure a).

<u>Produit scalaire</u> :

Le produit scalaire de deux vecteurs $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$ faisant un angle θ compris entre 0 et π est la grandeur scalaire P définie par la relation :

$P = \vec{V}_1 . \vec{V}_2 = V_1 \, V_2 \cos\theta$ (V₁ et V₂, normes des vecteurs $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$)

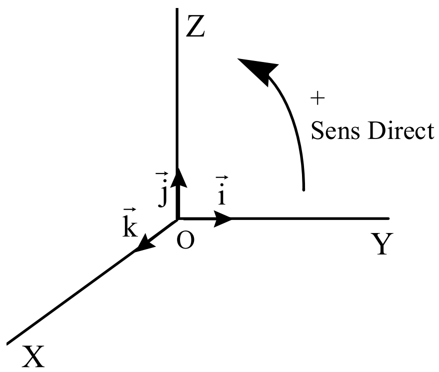


<u>Produit vectoriel</u> :

On appelle produit vectoriel de deux vecteurs $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$ faisant un angle □ compris entre 0 et □ une grandeur $\vec{P}$ définie par la relation :

$$\vec{P} = \vec{V}_1 \wedge \vec{V}_2$$

Le vecteur $\vec{P}$ a pour direction, une direction perpendiculaire au plan défini par $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$. Son sens est tel que le trièdre constitué par les vecteurs $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$ et $\vec{P}$ soit de même sens que le trièdre de référence Ox, Oy, Oz.



La norme (ou module) du vecteur $\vec{P}$ s'écrira alors :

$P = V_1 \, V_2 \sin\theta$ (V_1,V_2 et P : normes des vecteurs $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$ et $\vec{P}$)

Notions de Cinématique

La cinématique : La Cinématique étudie les mouvements des solides sans se préoccuper de leurs causes.

Un référentiel : Un référentiel est un système matériel par rapport auquel un mobile se déplace.

C'est pourquoi, il convient toujours de bien préciser le référentiel par rapport auquel le mouvement est observé.

Lorsqu'un mobile ponctuel est en mouvement par rapport à un référentiel, sa position dans l'espace change quand s'écoule le temps. Pour décrire son mouvement, il est nécessaire :

- De repérer sa position par rapport au temps (en pratique, on mesure le temps après avoir défini une origine des temps et une unité de temps - dans le système MKSA ou SI, la seconde).

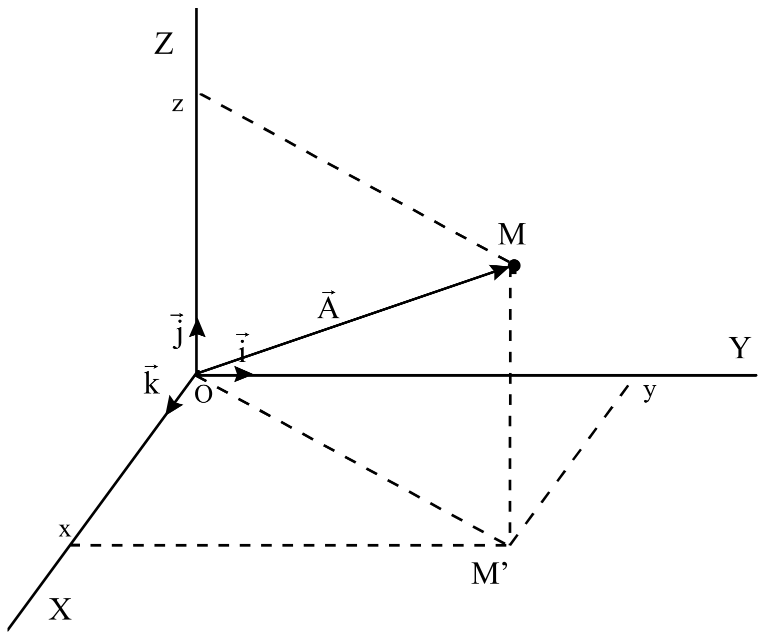
- De repérer sa position (que l'on nommera M) dans l'espace. Pour ce faire, on choisit un repère d'espace.

Si la trajectoire du mobile est dans l'espace, il faut alors trois coordonnées pour caractériser totalement la position du point M.

Il existe plusieurs systèmes de coordonnées permettant de déterminer la position du point M. Le choix du type de repères dépendra de la connaissance que nous avons de la trajectoire de ce point, afin de simplifier d'éventuels calculs (repères cartésien, sphérique, cylindrique,...).

Dans le cadre de ces rappels, nous présentons deux repères dans l'espace : Le repère cartésien et le repère sphérique.

I- Le repère cartésien



Le repère cartésien se définit par un triplet de trois axes non parallèles deux à deux. A chacun de ces axes, on associe un vecteur unitaire. Ceux-ci, pas forcément de longueur identique (de même norme), permettront de caractériser la position d'un point M dans l'espace par un triplet unique.

Lorsque ces axes sont munis de la même unité de longueur, on dira que le repère cartésien est normé. Si les axes sont en outre perpendiculaires deux à deux, on dira que le repère cartésien est orthonormé

La position du point M est définie dans le repère cartésien $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ par son abscisse x, son ordonnée y, et sa côte z, que l'on peut traduire alors comme suit :

$$M = M(x, y, z)$$

On écrit également le vecteur $\vec{A}$ comme suit :

$$\vec{A} = x\,\vec{i} + y\,\vec{j} + z\,\vec{k}$$

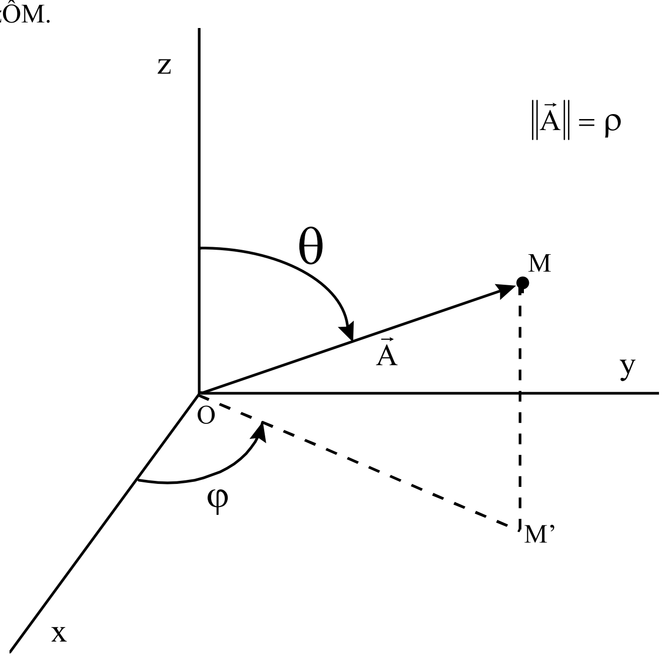
II- Le repère sphérique

La position du point M se définit dans le repère sphérique par rapport :

1- au rayon vecteur □, qui exprime le module du vecteur $\vec{A}$.

2- à l'angle φ que forme la projection du rayon vecteur ρ parallèlement au plan (zOM) sur le plan (xOy). C'est la longitude correspondant à l'angle $\varphi = x\hat{O}M$.

3- à l'angle que forme le rayon vecteur ρ avec l'axe OZ. C'est la colatitude correspondant à l'angle $\theta = z\hat{O}M$.



Il est à noter que les expressions vectorielles écrites à partir d'un système de coordonnées peuvent être réécrites à l'aide d'un autre système. Pour ce faire, il suffit de traduire analytiquement un système par rapport à un autre.

A titre d'exemple, pour passer du repère cartésien au repère sphérique, les expressions analytiques de x, y, et z en fonction de ρ, θ, et φ sont :

$$x = \rho\ \sin\theta\ \cos\varphi \qquad y = \rho\ \sin\theta\ \sin\varphi \qquad z = \rho\ \cos\varphi$$

Dynamique d'un point matériel

La Dynamique est l'étude des relations entre les forces et les mouvements qu'elles produisent.

1- Un référentiel galiléen :

Dans un référentiel galiléen, un point matériel soumis à aucune force est soit immobile, soit animé d'un mouvement rectiligne uniforme.
Le référentiel terrestre, dit « du laboratoire », est, rigoureusement, un référentiel non galiléen. On supposera néanmoins que tout référentiel terrestre est galiléen (les mouvements de la Terre sont suffisamment lents pour supposer ce référentiel comme galiléen).

2- Relation fondamentale de la Dynamique :

Dans le cadre de la Mécanique Classique, la somme des forces $\sum \vec{F}$ appliquées au solide est égale au produit de la masse m du solide par l'accélération $\vec{a}$ qu'il subit.

Soit $\sum \vec{F} = m\,\vec{a}$

3- Travail effectué par une force constante $\vec{F}$:

Le travail W d'une force constante $\vec{F}$, dont le point d'application M décrit le vecteur $\vec{u}$ en passant du point A au point B est défini par la relation suivante :

$$W_{\vec{F}} = \vec{F} \cdot \vec{u} = F\,AB\cos\theta$$

avec $\theta = \left(\vec{F}, \vec{u}\right)$ et $AB = \|\vec{u}\|$

Si le travail est positif , il est moteur ; si le travail est négatif, il est résistant. Un travail nul signifie que la force ne travaille pas.

4- Energie cinétique :

Dans le cadre de la Mécanique Classique, l'énergie cinétique E_C d'un solide de masse m, animé d'un mouvement de translation de vitesse $\vec{v}$ et qui ne possède pas d'énergie cinétique de rotation (le solide ne tourne pas sur lui-même), s'exprime comme :

$$E_C = \frac{1}{2} m v^2$$

5- Théorème de l'énergie cinétique :

La variation de l'énergie cinétique $\Delta E_C = \left(E_{C_2} - E_{C_1}\right)$ d'un système physique entre deux instants 1 et 2 est égale à la somme des travaux effectués $\sum W_{\vec{F}}$ par les forces appliquées au système pendant ces deux instants :

$$\Delta E_C = \left(E_{C_2} - E_{C_1}\right) = \sum W_{\vec{F}}$$

RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE
CLASSIFICATION

Nom	Intervalle en longueur d'onde λ dans le vide (m)	Intervalle en fréquence ν (Hz)	Applications *Exemples à titre indicatif*
Rayons γ	$< 0{,}01.10^{-10}$	$> 3.10^{20}$	Radiothérapie, ...
Rayons X	$[\ 0{,}01.10^{-10}\ ;\ 100.10^{-10}\ ]$	$[\ 3.10^{16}\ ;\ 3.10^{20}\ ]$	Radioscopie, ..
Rayons UV	$[\ 100.10^{-10}\ ;\ 0{,}4.10^{-6}\ ]$	$[\ 7{,}5.10^{14}\ ;\ 3.10^{16}\ ]$	Photographie ultraviolette
Visible	$[\ 0{,}4.10^{-6}\ ;\ 0{,}8.10^{-6}\ ]$	$[\ 3{,}75.10^{14}\ ;\ 7{,}5.10^{14}\ ]$	Photographie
Rayons IR	$[\ 0{,}8.10^{-6}\ ;\ 1.10^{-3}\ ]$	$[\ 3.10^{11}\ ;\ 3{,}75.10^{14}\ ]$	Laser
Micro-Ondes [E.H.F , S.H.F , U.H.F]	$[\ 1.10^{-3}\ ;\ 1\ ]$	$[\ 3.10^{8}\ ;\ 3.10^{11}\ ]$	Maser ou systèmes radar
Ondes métriques [V.H.F]	$[\ 1\ ;\ 10\ ]$	$[\ 3.10^{7}\ ;\ 3.10^{8}\ ]$	Radiodiffusion (Télévision)
Ondes décamétriques [H.F]	$[\ 10\ ;\ 100\ ]$	$[\ 3.10^{6}\ ;\ 3.10^{7}\ ]$	Radiodiffusion (Ondes courtes)
Ondes hectométriques [M.F]	$[\ 100\ ;\ 1.10^{3}\ ]$	$[\ 3.10^{5}\ ;\ 3.10^{6}\ ]$	Radiodiffusion (Ondes moyennes)
Ondes kilométriques [L.F]	$[\ 1.10^{3}\ ;\ 10.10^{3}\ ]$	$[\ 3.10^{4}\ ;\ 3.10^{5}\ ]$	Radiodiffusion (Ondes longues)
Ondes très basses fréquences [V.L.F]	$[\ 10.10^{3}\ ;\ 100.10^{3}\ ]$	$[\ 3.10^{3}\ ;\ 3.10^{4}\ ]$	Radionavigation
Ondes à fréquences acoustiques [Téléphonie]	$> 100.10^{3}$	$< 3.\ 10^{3}$	Transmissions sous-marines

Remarque *: La classification des rayonnements électromagnétiques en fréquence ou en longueur d'onde entraîne la nécessité de présenter des frontières chiffrées, or la réalité est plus complexe car ces frontières sont relativement floues (pour exemple, certains ouvrages caractériseront les IR par des longueurs d'ondes comprises entre 0,8 µm et 0,3 mm, d'autres par des longueurs d'ondes comprises entre 0,8 µm et 1 mm).*

Exercice d'autoévaluation à l'attention des étudiants de 1ère année de médecine dentaire

Rappel I :

- vecteurs : définition et caractérisation
- Explicitez la différence entre un vecteur et un scalaire ;
- Définissez le produit scalaire et le produit vectoriel : exemples

Rappel II :

- Rappels trigonométriques élémentaires : définition et caractérisation - exemples

Rappel III :

- Notions de Cinématique - Notions de repères : définition et caractérisation - exemples
- applications aux repères cartésien et sphérique.
- Explicitez le passage d'un repère à un autre :
    - Exemple du repère cartésien et du repère polaire

Rappel IV :

- Explicitez l'importance de préciser les unités et d'évaluer les ordres de grandeur d'un résultat
- rappelez le Système MKSA
- Précisez et expliquez, par quelques exemples, l'importance de bien évaluer un ordre de grandeur relativement au résultat obtenu.

Rappel V :

- Enoncez la relation fondamentale de la Dynamique
- Enoncez le théorème de l'Energie cinétique